



У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>



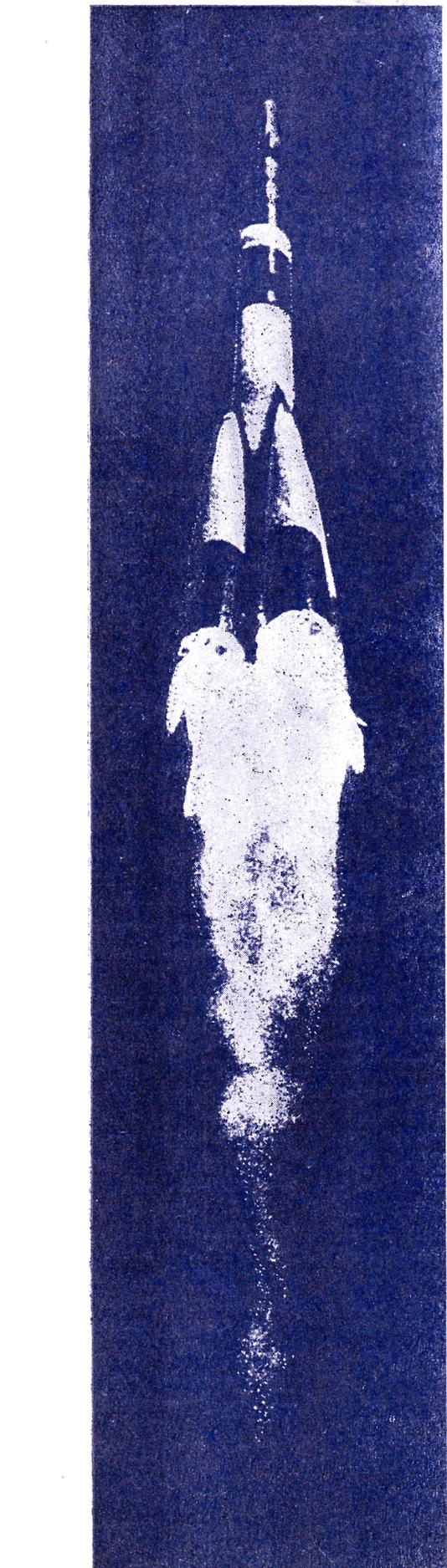
У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>  
 У=УИИИМ<sub>О</sub>М<sub>К</sub>

21973

ЗЕМЛЯ  
И

ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·  
 · ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·



Анхел Аугьер

(Куба)

### Гагарину

Земная ширь тебе казалась малой,  
Отважный покоритель высоты,  
Когда пространством любовался ты  
В своей звезде отлитой из металла.  
Внизу Земля лазурная сияла,  
Над нею купол вечной черноты...  
А твой корабль, послушнее мечты,  
Стремился вдаль подобно вспышке алой.  
При возвращении огнистый след  
Клубился за твоей звездой, чей свет  
Днем завтрашним блеснул нам из эфира.  
И этот свет в небесной вышине  
Слал вызов ненависти и войне,  
Нам возвещая о победе мира.

Научно-популярный журнал

Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год

Издательство «НАУКА»

Москва

**2** МАРТ  
АПРЕЛЬ  
**1973**

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

## В номере:

Е. В. Хрунов, Л. С. Хачатурьянц — От первого полета человека в космос — к профессии «космонавт-исследователь» . . . . .	3
И. Д. Новиков — Законы физики и новые открытия в астрономии . . . . .	7
А. М. Городницкий — Рыбы плавают «по компасу» . . . . .	11
М. С. Зверев — Астрометрия южного неба . . . . .	16
Г. Б. Жданов — Поиски трансуранов во Вселенной . . . . .	26
А. Ф. Титенков, Л. А. Ведешин — Космические лучи высоких энергий . . . . .	31
А. С. Алешин — «Пресс» под землей . . . . .	39
Ю. Н. Ефремов — Самые важные звезды . . . . .	46

## СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Б. И. Колтовой — Фабрики на берегу невесомости . . . . .	52
Л. П. Грищук — Гравитационная конференция в Армении . . . . .	56

## ЭКСПЕДИЦИИ

А. С. Монин — Курс — Мировой океан . . . . .	58
В. П. Николаев — Программа «Черномор-72» завершена . . . . .	64

## НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

Х. Бернхард — Школьная обсерватория в Баутцене . . . . .	67
----------------------------------------------------------	----

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

К. А. Лупой — «Служба Солнца» омских школьников . . . . .	70
-----------------------------------------------------------	----

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ . . . . .	71
---------------------------------------	----

## ФАНТАСТИКА

В. Н. Комаров — Этюдное решение . . . . .	72
-------------------------------------------	----

## КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

А. Л. Куницын — Двенадцать новелл о космосе . . . . .	77
-------------------------------------------------------	----

## КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Орлов — Марки о пилотируемых космических кораблях и орбитальных станциях . . . . .	78
------------------------------------------------------------------------------------------	----

## НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

«Луноход-2»: программа первых лунных дней успешно выполнена [2]; Ископаемый океан Тетис [14]; Самая прозрачная морская вода [14]; Последняя лунная экспедиция по программе «Аполлон» [15]; Разбушевавшееся Солнце [36]; Поиски трансплутонической планеты [37]; Фотографии геокороны [38]; Рекордный сток Амазонки [38]; Гейзеры и земные приливы [38]; Залив Радуги [45]; Периодичность оледенений на земном шаре [51]; Рейс в Океанию [62]; Учителям астрономии [77]; Маятник Фуко во Львове [80].

## «Луноход-2»: программа первых лунных дней успешно выполнена

День первый. Анализ полученных телевизионных панорам района прилунения показал, что станция «Луна-21» совершила посадку на вал кратера диаметром около 30 м, расположенного внутри кратера Лемонье. Здесь были проведены измерения химического состава и механических свойств лунного грунта.

Во время работы «Лунохода-2» неоднократно включался установленный на его борту магнитометр; астрофотометр использовался для измерения светимости лунного неба в видимой и ультрафиолетовой частях спектра.

В течение всего лунного дня работал установленный на борту самоходного аппарата радиометр, включенный еще во время полета станции «Луна-21». Новые измерения характеристик космических лучей солнечного и галактического происхождения продлили непрерывный цикл подобных исследований, начатых самоходным аппаратом «Луноход-1» и продолженных автоматической станцией «Луна-19». Радиометр и специальный детектор рентгеновской спектрометрической аппаратуры «Рифма» отметили возрастание солнечной активности в конце лунного дня.

После завершения изучения района посадки самоходный аппарат удалился от посадочной ступени на 1050 м. При этом испытывались ходовые качества автоматического аппарата в различных режимах движения и маневрирования, впервые выполнялся обход препятствий без остановки лунохода. Автоматический аппарат показал хорошие маневренность и управляемость на сложных участках поверхности.

Перед наступлением лунной ночи самоходный аппарат был установлен в положение, необходимое для проведения экспериментов по лазерной локации. Программа первого лунного дня выполнена полностью. 24 января в районе стоянки лунохода наступила лунная ночь, которая длилась до 7 февраля.

День второй. В соответствии с программой работы в период лунной ночи с автоматической лабораторией проводились сеансы радиосвязи с целью получения сведений о состоянии ее бортовых систем. По данным телеметрической информации, все системы самоходного аппарата хорошо перенесли суровые условия лунной но-

чи. Температура и давление внутри лунохода поддерживались в заданных пределах.

9 февраля «Луноход-2» приступил к обследованию района стоянки, выбранного в качестве второго участка для проведения исследований лунной поверхности.

Основной задачей научных исследований было комплексное изучение лунной поверхности переходной зоны море — материк в южной части кратера Лемонье. Программа работ включала стереоскопическую панорамную телевизионную съемку поверхности, измерение химического состава и физико-механических свойств лунного грунта, проведение магнитных измерений.

Обработка телевизионных панорам дала возможность изучить морфологические особенности участков местности, оценить их топографические характеристики и провести фотометрические исследования лунной поверхности по трассе движения самоходного аппарата. Сопоставление результатов фотометрических исследований с данными химического анализа позволит получить количественные характеристики физико-химических свойств поверхностного слоя лунного грунта в переходной зоне.

Одновременно исследовалось корпускулярное космическое излучение, рентгеновское излучение Солнца, а также измерялась освещенность лунного неба при различных положениях Солнца.

Во время движения самоходного аппарата отрабатывались комплексные методы навигации, основанные на использовании результатов навигационных измерений фотограмметрической обработки телевизионных панорам и снимков местности, а также карт района нахождения лунохода.

Общий путь, пройденный автоматическим аппаратом «Луноход-2» за два лунных дня составляет 11 067 м. При движении по трассе со сложными условиями рельефа и грунта самоходный аппарат показал высокие ходовые качества и маневренность. Вся намеченная программа выполнена успешно. 22 февраля в районе стоянки автоматического аппарата «Луноход-2» наступила ночь, которая длилась до 9 марта.

*(Продолжение в следующих номерах)*

По материалам сообщений из Центра дальней космической связи (ТАСС)



Летчик-космонавт СССР  
кандидат технических наук  
Е. В. ХРУНОВ  
Доктор медицинских наук  
Л. С. ХАЧАТУРЬЯНЦ

## От первого полета человека в космос — к профессии «КОСМОНАВТ-ИССЛЕДОВАТЕЛЬ»

«12 апреля 1961 года в Советском Союзе выведен на орбиту вокруг Земли первый в мире космический корабль-спутник «Восток» с человеком на борту. Пилотом-космонавтом космического корабля-спутника «Восток» является гражданин Союза Советских Социалистических Республик летчик майор Гагарин Юрий Алексеевич...»

Мир ждал этого события, и люди горячо приветствовали первого человека, который разорвал оковы притяжения Земли и вышел в космос.

Минуло лишь 12 лет после знаменитого гагаринского «поехали», а в космосе уже побывало около 50 пилотируемых кораблей с экипажами, составленными из специалистов различных профессий. Космонавты выходили в открытый космос, проводили стыковку кораблей. Для решения научных и практических задач снаряжались одиночные корабли и целые эскадрильи. Человек ступил на поверхность Луны, провел много научных экспериментов. Опыт показал, что в космосе человек может выполнить ответственные задания. Но еще нужно хорошо научиться планировать нагрузку космонавта, нормировать его нелегкий труд, изучить структуру его деятельности, которая проходит в условиях огромного эмоционального напряжения, дефицита информации и времени.

Стремительное развитие космонавтики подчинено строгой логической программе, в основу которой положен принцип обеспечения безопасности для человека, использования всех его возможностей. Изучение космоса и развитие пилотируемых полетов потребовало решения ряда

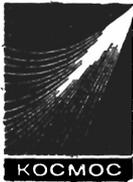
проблем, связанных с включением космонавта в качестве управляющего блока в сложные системы управления. Основные задачи на начальном этапе формулировались так: сможет ли, и как долго жить человек в необычных условиях космического пространства; как долго, и с какой степенью надежности он будет способен воспринимать, анализировать информацию и управлять космическим объектом. В полете Ю. А. Гагарина более 60% времени отводилось исследованию физиологических параметров, то есть выявлению параметров, которые могли бы дать ответ на первый вопрос. Аналогичное можно сказать и об американской космической программе «Меркурий», при осуществлении которой человека рассматривали как объект исследований.

Во время полетов кораблей «Восход» больше внимания уделялось вопросам изучения надежности работы человека в роли оператора. Стали обычными исследования надежности функционирования зрительного канала у членов экипажа, реакций на различные информационные сигналы. Выяснилось, что в космосе функции зрительного аппарата вначале несколько снижаются, уменьшается контрастная чувствительность и оперативная зрительная работоспособность, хотя острота зрения сохраняется. Затем зрительные функции восстанавливаются. На первых витках полета космонавту трудно предугадать, насколько четкими будут его движения, но потом эти явления проходят. Уровень стабильной работоспособности поддерживается до конца полета. В течение первых двух-трех суток полета происходят некоторые

нежелательные явления, например прилив крови к голове. Возникает чувство некоторого дискомфорта. Все это позже полностью исчезает. Сначала невесомость оказывает влияние на структуру движений, но потом, когда период адаптации к невесомости заканчивается, в движениях появляется легкость, плавность, уверенность. Такие исследования выполнялись на различных этапах полета пилотируемых космических кораблей и доказали возможность активного участия человека в решении поставленных задач. После этого научные программы полетов стали усложняться.

Сначала важно было решить проблему жизнедеятельности человека на орбите, обеспечить безопасность полетов, затем определить его работоспособность и, наконец, перейти к удовлетворению нужд науки и практики. Именно этому отвечали научные программы последующих космических полетов: осуществление выхода космонавта в открытое пространство, стыковка кораблей, смена экипажа на орбите, исследование природной среды нашей планеты и другое.

Прошло несколько лет после старта Юрия Гагарина и радио поведало всему свету, что «18 марта 1965 года, в 11 часов 30 минут по московскому времени при полете космического корабля «Восход-2» впервые осуществлен выход человека из корабля в космическое пространство...». Алексей Архипович Леонов выполнил порученное ему задание. Точность движений космонавта, как показал специальный биомеханический контроль после полета, лишь на 30—35% отличалась от точности движений в условиях самолетной невесомости. Ака-



демик М. В. Келдыш на пресс-конференции, посвященной полету «Восхода-2», говорил: «Осуществление проведенного эксперимента по выходу человека в космос — одно из самых замечательных свершений на пути освоения космоса. Это событие знаменует собой начало качественно нового этапа в исследованиях Вселенной». И, как известно, качественно новый этап не заставил себя долго ждать. Полный героизма испытательный полет В. М. Комарова на принципиально новом и совершенном корабле «Союз-1» проложил космическую трассу другим кораблям.

В октябре 1968 года мощной ракетой на орбиту искусственного спутника Земли был выведен космический корабль «Союз-3», пилотируемый летчиком-космонавтом Г. Т. Береговым. «Союз-3» стал важным этапом на пути совершенствования пилотируемых маневрирующих кораблей и создания орбитальных станций.

Прошло еще три месяца и в космосе — два советских корабля. Экипажам поставлена сложная задача: стыковать корабли, создать первую экспериментальную орбитальную пилотируемую станцию, экипажу корабля «Союз-5» (за исключением командира) перейти в корабль «Союз-4».

Успешное выполнение сложной операции вызвало у космонавтов сильные положительные эмоции. Последующая четкая работа командиров кораблей и членов экипажей позволила полностью осуществить научную программу полета первой орбитальной экспериментальной пилотируемой станции. А программа была обширной: проверка способов космической навигации, наблюдение геолого-гео-

графических образований земной поверхности, облачного и снежного покровов Земли, изучение яркости Земли и звезд, выявление циклонов и тайфунов.

Научные программы полетов пилотируемых космических кораблей постоянно расширяются и углубляются. Возрастает роль экспериментов, раскрывающих возможности пилота во время космического полета. Человек способен не только собирать и обрабатывать информацию, но и принимать решения при недостаточности информации или ее искажении. И человек должен иметь возможность управлять космическим кораблем, корректировать работу аппаратуры в зависимости от сложившейся обстановки. Но если конструкторы пренебрегут законами психологии и логики мышления оператора, характеристиками его каналов связи, надежность всей системы управления кораблем значительно снизится. В программе пилотируемых полетов этим вопросам уделялось большое внимание. На «Восток-2» было опробовано ручное управление. В совместном полете кораблей «Восток-3 и -4», «Восток-5 и -6» космонавты неоднократно применяли ручное управление, ориентировали корабли на звезды, на объекты земной поверхности. Во время полета «Восхода» В. М. Комаров впервые ориентировал корабль на теневой стороне земного шара.

Для посадки космических кораблей серии «Восток» и «Восход» предусматривался автоматический цикл спуска с использованием дублирующих систем ориентации. Космонавты «Восхода-2», подготавливаясь к спуску, заметили некоторые ненормаль-

ности в работе системы солнечной ориентации. Экипаж выполнил ручную посадку. Это убедительно доказало надежность человека в управлении космическим кораблем.

Однако не следует забывать, что особенности продолжительного полета в условиях невесомости изменяют быстроту и точность движений космонавта. Затрудняется реакция слезения за сигналом, особенно на частотах выше 0,5 гц, происходят и некоторые другие отступления от нормы, например, нарушается точность координированных движений. Все это, безусловно, должно сказаться на ручном управлении. Впрочем, опыт показал, что космонавты могли надежно управлять кораблем и его системами даже в длительных полетах.

Развитие современной космонавтики приводит к созданию тяжелых орбитальных станций длительного функционирования со сменными экипажами. Научная программа орбитальной лаборатории предусматривает разнообразные оперативные наблюдения — синоптические, океанографические, астрономические...

По существу, космическая орбитальная станция — это научно-исследовательская лаборатория, сотрудники которой решают проблемные вопросы, ставят эксперименты, разрабатывают новые методы исследований. Вероятно, в научную программу войдут большие разделы: физико-технический, промышленно-прикладной и медико-биологический. Ученые наметят необходимые эксперименты, которые выполнит экипаж. Одну из задач космонавтов составит также первичный оперативный анализ полученных



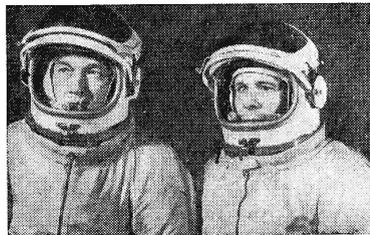
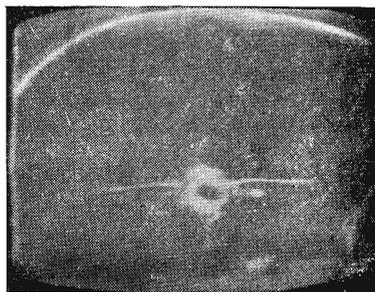
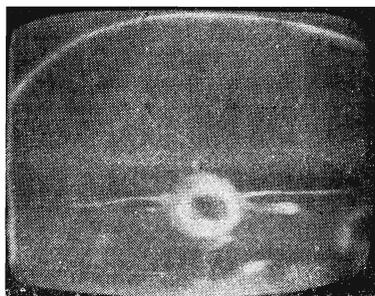
данных, оценка их статистической достоверности и многое другое.

Конечно, лучше всего, если автор метода сам ставит эксперимент. Но подчас это практически невозможно. Так, американские исследователи в научную программу «Джеминай» ввели около 60 различных по своей профессиональной структуре экспериментов, которые выполнялись в десяти полетах лишь пятнадцатью космонавтами. Но даже учитывая быстрый рост технического уровня космической техники, трудно представить, что экипаж орбитальной станции образуют сразу 15 человек. По всей видимости, космонавтам экипажа будущей научной орбитальной лаборатории придется овладеть несколькими специальностями.

Кто же войдет в состав экипажа орбитальной лаборатории? Прежде всего, командир корабля — начальник космической экспедиции (станции). Он управляет кораблем, его ориентацией, стабилизацией, маневрированием. Командир контролирует и несет ответственность за выполнение программы полета.

Бортовой инженер следит за работой всех систем корабля, устраняет неисправности, заменяя отдельные блоки или включая дублирующие агрегаты и системы, наблюдает за работой систем жизнеобеспечения.

Навигация корабля и радиосвязь — это обязанности штурмана-навигатора. Научные работники представляют на борту станции различные отрасли науки — астрономию, астрофизику, геофизику, геодезию, океанологию, биологию, медицину и некоторые другие. Но едва ли на борту будет столько ученых. Каждому космонавту



придется работать за нескольких специалистов.

В длительных полетах станции необходим врач, который выполняет не только функции исследователя и специалиста для оказания первой медицинской помощи. Он должен уметь связаться по радио с Землей и заменить штурмана-навигатора. Врачу, вероятно, можно и нужно поручить систему жизнеобеспечения, контроль за ее функционированием и поддержанием оптимального состава атмосферы станции.

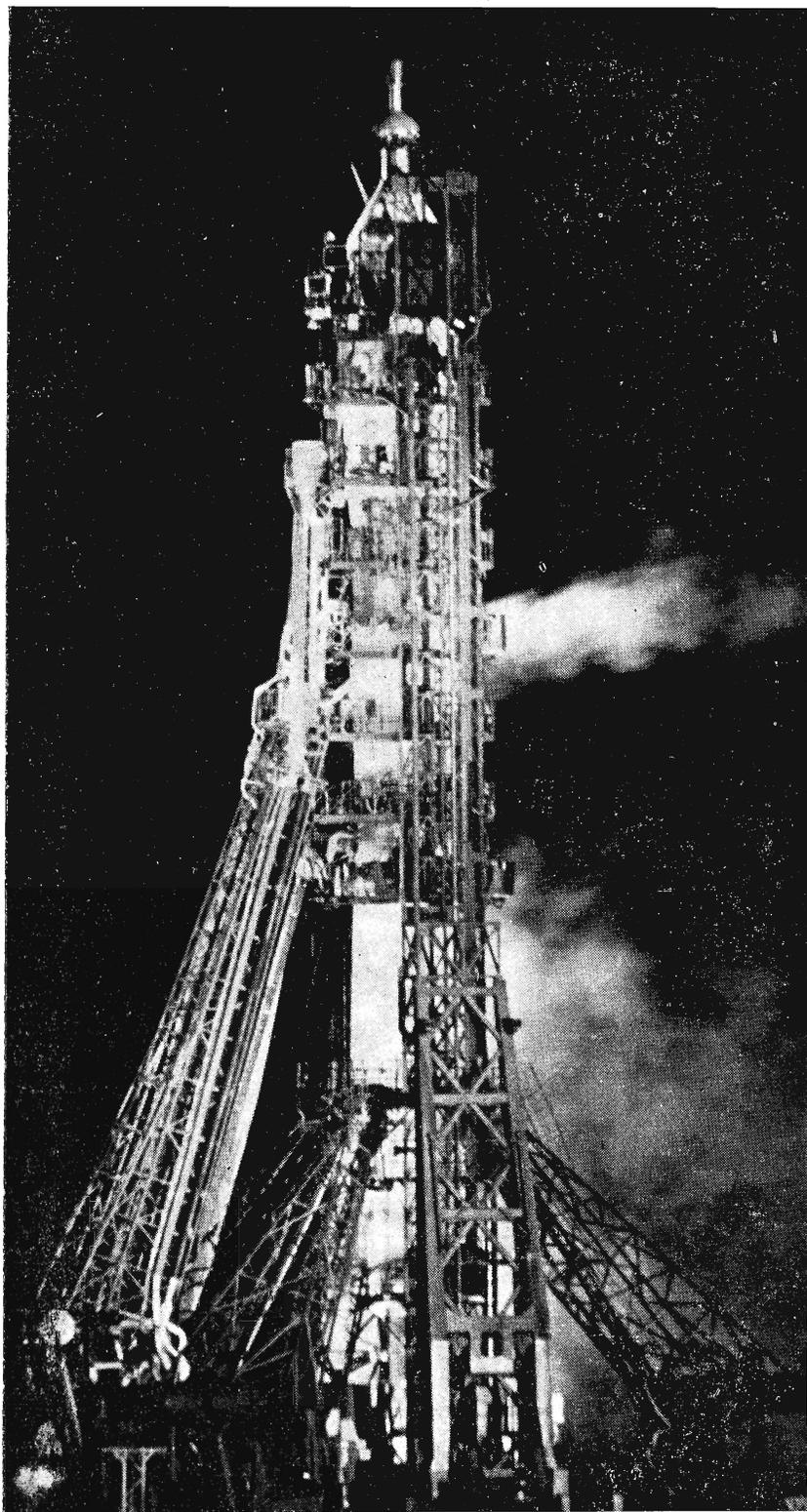
Итак, два-три человека в экипаже управляют полетом станции и обслуживают все ее системы. Один-два человека ведут исследовательские работы, столько же людей решают задачи практического характера.

В составе экипажа орбитальной станции можно выделить две группы космонавтов. Первая, во главе с командиром, обеспечивает безопасность полета, управление кораблем и возвращение на Землю. Первая груп-

■  
 Экипаж космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5»: Е. В. Хрунов, А. С. Елисеев, В. А. Шаталов и Б. В. Вольнов. Эти корабли на орбите произвели сближение, стыковку и расстыковку

■ ■  
 На экранах телевизора — расстыковка кораблей

■  
 После стыковки А. С. Елисеев и Е. В. Хрунов в скафандрах вышли в космическое пространство и перешли с корабль «Союз-4»



па обязательна для станций всех видов. Любой космонавт должен уметь заменить другого.

Профессиональный состав второй группы подбирается с учетом научных и народнохозяйственных задач, предусмотренных программой полета. Один-два человека — специалисты определенного профиля (например, метеоролог, океанолог, астрофизик), но им придется выполнять конкретные задания практического значения. Один из членов экипажа должен осуществить целый комплекс научных экспериментов.

Такая организация работ на станции, по нашему мнению, поможет наиболее эффективно решить задачи полета и успешно осуществить программу исследований.

Двенадцатый год мы отмечаем День космонавтики. Совсем недавно человек впервые вывел свой корабль на орбиту вокруг Земли, но и за этот короткий срок свершилось многое из того, что ранее считали фантастическим. А сколько еще неизведанного! И человек не остановится на своем многотрудном пути познания окружающего мира, потому что люди стремятся все глубже познать Вселенную и научиться успешно использовать законы природы.

■  
*Ракета-носитель с космическим кораблем «Союз-10» на стартовой площадке*

Фотохроника ТАСС



Доктор физико-математических наук  
И. Д. НОВИКОВ

## Законы физики и новые открытия в астрономии

Для современной астрофизики характерна острая борьба двух разных подходов к объяснению новых открытий. Сторонники одного утверждают, что все многообразие открытий можно объяснить универсальными законами физики. Законы, открытые в земных лабораториях и проверенные в ближайших окрестностях Солнца, они применяют к далеким небесным объектам. Сторонники другого подхода считают, что объяснение природы таких необычных объектов и явлений, как квазары или взрывы галактик, невозможно без нарушения фундаментальных законов физики.

Одно объединяет сторонников двух разных подходов — это идея эволюции окружающего нас мира. Вселенная — не застывшая, не повторяющаяся, а вечно развивающаяся. Бурное развитие наблюдается во всех масштабах Вселенной — от самых маленьких элементарных частиц до галактик. Эволюционная идея — важнейшая в астрономии XX века.

Корифеи науки всегда верили в действенность универсальных законов физики в необычных условиях Вселенной. Релятивистскую теорию тяготения Эйнштейн открыл, используя лишь несколько гениально отобранных опытных фактов. И только одно следствие теории — движение перигелия Меркурия — он проверил. Однако Эйнштейн никогда не сомневался в применимости своей теории к другим явлениям. Он даже не прервал лекции, когда студент принес ему сообщение, что подтвердилось еще одно следствие теории: экспедиция Эддингтона наблюдала отклонение световых лучей вблизи Солнца

**Применимы ли законы физики, открытые в земных лабораториях, к тем грандиозным явлениям, которые происходят в окружающем нас мире: к активным ядрам галактик и чудовищным по светимости квазарам, к сверхплотным нейтронным звездам и совершенно необычным объектам Вселенной — черным дырам?**

во время полного солнечного затмения. Такое глубокое убеждение в применимости законов физики, убеждение в материальном единстве мира — залог успешного изучения Вселенной.

Конечно, в необычных условиях Вселенной, например, в условиях сверхвысоких температур и огромных плотностей может проявиться действие новых, еще неизвестных закономерностей. Возможно, действие таких неизвестных пока закономерностей проявлялось около 10 млрд. лет назад, в начале расширения окружающего нас мира, когда плотность вещества и температуры были огромны. Однако в астрофизике мы встречаемся, главным образом, с физическими условиями, где применимость надежно установленных законов природы не вызывает сомнений. Астрофизика сталкивается лишь с необычной комбинацией этих условий. Обычные комбинации ведут к явлениям, на первый взгляд кажущимся загадочными, однако они полностью объясняются в рамках известных физических теорий.

Итак, всеобщая применимость фундаментальных законов физики и теории к явлениям во Вселенной, приме-

нимость, подтвержденная историей естествознания, — одно из важнейших завоеваний науки нашего времени.

Какие же блестящие предсказания, сделанные на основе фундаментальных физических законов, подтвердились в последнее время?

### МЕЖДУ ПРЕДСКАЗАНИЕМ И ОТКРЫТИЕМ — 33 ГОДА

В 1932 году Л. Д. Ландау из фундаментальных законов физики предсказал существование нейтронных звезд. Было предсказано совершенно необычное для вещества состояние.

Напомним в общих чертах, как протекает эволюция нормальных звезд. На газовый шар звезды действуют две противоположно направленные силы — тяготения и газового давления. Их равенство обеспечивает устойчивое состояние звезды. Но такое состояние не вечно. В центре звезды происходят ядерные реакции: выгорает водород, гелий, а затем и более тяжелые элементы — углерод, кислород и так далее. Постепенно исчерпывается весь запас ядерного горючего. Продолжая терять энергию на излучение, звезда постепенно сжимается. Если масса ее меньше солнечной, то сжатие закончится, когда поперечник звезды будет несколько тысяч километров... Звезда становится белым карликом. Если же масса звезды больше солнечной, то в ходе медленного сжатия плотность ее вещества может достигнуть  $10^9$  г/см<sup>3</sup>. При такой плотности начинаются ядерные реакции, поглощающие много энергии. Равенство сил тяготения и давления наруша-



ется и звезда стремительно сжимается.

В процессе сжатия может произойти ядерный взрыв, который мы наблюдаем как вспышку Сверхновой. Звезда сбрасывает оболочку и после нескольких превращений становится нейтронной. Силы тяготения настолько ее сожмут, что в центре плотность сравняется с ядерной,  $10^{14}$ — $10^{15}$  г/см<sup>3</sup>. Если бы наше Солнце сжалось до такой плотности, то его радиус не превысил бы десятка километров.

Нейтронная звезда — это своеобразное атомное ядро поперечником в десяток километров. В такой звезде ядерные частицы — нуклоны тесно прижаты друг к другу. Если ее масса не превосходит двух солнечных, то вырожденный нуклонный газ препятствует дальнейшему сжатию. Таково конечное состояние остывшей нейтронной звезды. Правда, понятие «холода» нейтронных звезд совершенно непривычно для земных лабораторий. Ведь в столь плотном газе тепло никак не сказывается на величине давления, даже если температура газа — сотни миллионов градусов. Поэтому-то астрофизики называют нейтронную звезду «холодной», хотя в ее центре температура достигает сотен миллионов градусов, а на поверхности — миллиона.

О теоретическом предсказании, сделанном Л. Д. Ландау, астрономы узнали не сразу. 1934-й год считается в астрономии годом предсказания нейтронных звезд.

Долго искали астрономы нейтронные звезды, но безуспешно. И это вполне закономерно. Звезду с радиусом 10 км и температурой 1 млн

градусов можно увидеть только в самые крупные телескопы. Мала излучающая поверхность нейтронных звезд, поэтому они, как правило, испускают видимого света в миллион раз меньше нашего Солнца. А как отличить нейтронную звезду от обычных слабых звезд?

Нейтронные звезды пытались обнаружить по влиянию их тяготения на близлежащие звезды. В тесной двойной системе заметить слабую нейтронную звезду невозможно — она «тонет» в ярком свете другой компоненты. Но нейтронные звезды имеют такую же массу, как обычные. И вот в двойных системах астрономы искали звезды с нормальной массой, но очень низкой светимостью. Однако и эти попытки успехом не увенчались.

Открыли нейтронные звезды совершенно случайно в 1967 году, спустя 33 года после их предсказания. Оказалось, что вблизи поверхности нейтронных звезд, которые обладают сильным магнитным полем, есть активные области. Они излучают направленные потоки радиоволн. Активная область вращается вместе со звездой, и пучок направленных радиоволн, как луч вращающегося прожектора, бежит по небу. А когда в этот луч попадает Земля, наблюдаются вспышки радиоизлучения, которые происходят через равные промежутки времени, соответствующие периоду вращения звезды. Эти вспышки и зарегистрировали английские радиоастрономы.

Вспышки радиоизлучения «пульсаров» — так назвали новые космические объекты — следовали с очень коротким периодом, около одной секунды и меньше. Такой период вра-

щения может быть лишь у звезды, поперечник которой не больше нескольких десятков километров. Действительно, столь же быстро вращающаяся звезда с диаметром тысяча километров (например, белый карлик) будет просто разорвана центробежными силами. Вспышки радиоизлучения могли бы породить и радиальные пульсации белых карликов, но период этих пульсаций тоже не может быть столь малым.

Так было доказано, что пульсары — это нейтронные звезды. С момента их предсказания до открытия прошло больше трех десятков лет. И все эти годы никто из специалистов-теоретиков не сомневался, что нейтронные звезды существуют. Изучение их позволяет исследовать вещество в совершенно необычных условиях, которые пока не удастся создать в земных лабораториях. Например, в лабораториях при очень низкой температуре получают вещество в сверхпроводящем и сверхтекучем состоянии. Возможно, что вся центральная часть нейтронных звезд — это сверхтекучая и сверхпроводящая жидкость, но при очень высоких (сотни миллионов градусов!) температурах. Лишь тонкий поверхностный слой звезды — ее кора — твердый, кристаллический. В принципе, астрономические наблюдения могут подтвердить или опровергнуть эту гипотезу и помочь в изучении столь необычных явлений.

У нейтронной звезды огромное магнитное поле. В самом деле, когда звезда сжимается, поле, «вмороженное» в звезду, тоже сжимается и напряженность его возрастает пропорционально квадрату радиуса звезды.

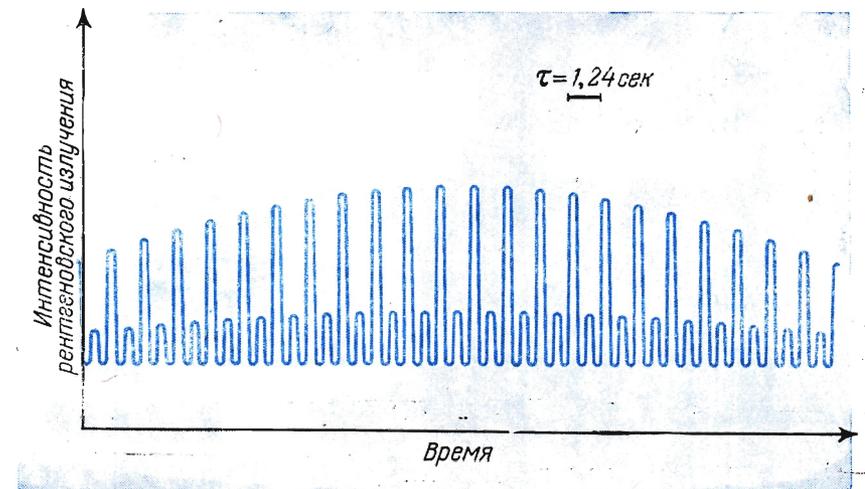
И если на поверхности Солнца напряженность магнитного поля равна 1 гс, у звезды спектрального класса В —  $10^4$  гс, то у нейтронных звезд она достигает  $10^{12}$  гс. Заметим, что плотность энергии такого поля составляет  $10^{23}$  эрг/см<sup>3</sup>, а эквивалентная этой магнитной энергии масса имеет плотность более 50 г/см<sup>3</sup> — плотнее, чем любое вещество на Земле!

Магнитное поле нейтронной звезды связано с окружающей плазмой. Вращающаяся звезда излучает энергию, вращение ее тормозится. Но если изменился период вращения, должна измениться форма звезды, ее сплюснутость. Однако твердая кора звезды не может мягко деформироваться. Когда натяжения в коре становятся большими, происходят «звездотрясения». Резко, скачкообразно меняется сплюснутость звезды, правда, на ничтожную величину — доли миллиметра. А это приводит к быстрому изменению периода вращения примерно на  $10^{-8}$  секунд. И самое удивительное, что такие ничтожные изменения фиксируются наблюдателями!

Итак, Вселенная стала большой лабораторией физиков. На Земле слишком узки рамки, чтобы воспроизвести все необычные условия, которые существуют в Космосе.

#### ЧЕРНАЯ ДЫРА ОБНАРУЖЕНА?

Пульсар — конечный этап активной жизни звезды не слишком большой массы. Эта стадия продолжается 1—10 млн. лет. Постепенно все процессы в нейтронной звезде затухают и она остывает. Предоставленная самой себе, звезда может охладиться до  $3^\circ\text{K}$  — до температуры реликтового излучения, которое пронизывает всю Вселенную. В таком состоянии звезда может находиться неограниченно долгое время.



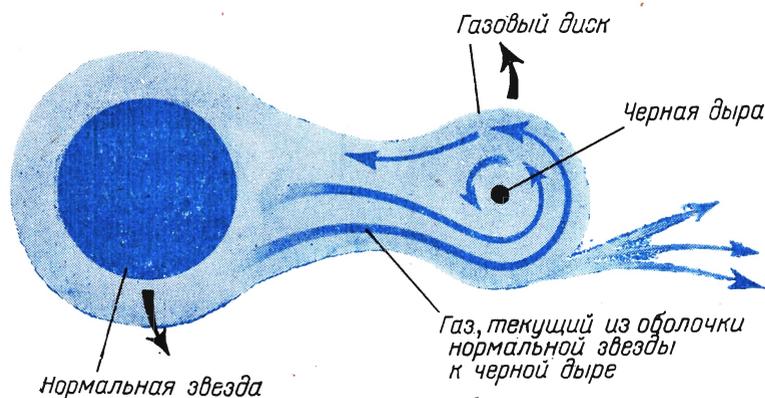
Но в реальной Вселенной звезду окружает газ. Он падает на звезду, разогревается при ударе о ее поверхность и испускает рентгеновские лучи. Если нейтронная звезда входит в двойную звездную систему и из атмосферы второй «нормальной» звезды истекает газ, то он может попадать в поле тяготения нейтронной звезды. В этом случае поток газа и интенсивность рентгеновского свечения особенно велики.

Такой рентгеновский пульсар уже открыт в двойной системе. Это — рентгеновский источник Геркулес XR-1. Сбылось еще одно предсказание теоретической астрофизики, сделанное на основе фундаментальных физических законов, которые были применены в необычных условиях Вселенной.

Предсказание Ландау о существовании нейтронных звезд было одним из важнейших в астрофизике. Другое важное предсказание сделали в 1939 году Р. Оппенгеймер и Х. Снайдер. Используя законы общей теории относительности, они показали, что, если масса звезды существенно превосходит 1—2 солнечных, то ее сжатие в конце эволюции не может быть остановлено упругостью ядерной жидкости. За десятки секунд огромная звезда сожмется до размеров Земли. Она вспыхнет как Сверхновая и сбросит оболочку. Если оставшаяся масса звезды окажется больше двух солнечных, наступает катастрофическое сжатие — гравитационный коллапс. Едва радиус звезды достигнет гравитационного, который вычисляется по формуле  $r = 2GM/c^2$  и для Солнца равен 3 км, силы тяготения не выпустят из этой области никакое излучение, никакие частицы. На коллапсирующую звезду падает все, но ничто оттуда не выходит, ничто не излучается. Так во Вселенной появляется «черная дыра». Это образное название принадлежит американскому физiku Дж. Уилеру.

Нейтронные звезды существуют в привычной нам физике, черные дыры — лишь в общей теории относительности. Для нас это не только новое явление во Вселенной, это — своеобразная дверь в новую область познания мира.

Периодические изменения интенсивности рентгеновского источника Геркулес XR-1, зарегистрированные со спутника «Uhuru». Эти колебания рентгеновского излучения с периодом 1,24 секунды связывают с вращением нейтронной звезды, входящей в состав двойной звездной системы



Теоретики предложили и методы поиска черных дыр. Академик Я. Б. Зельдович и его ученики, применив в необычной ситуации фундаментальные законы физики, предсказали, что должно происходить в окрестности черных дыр.

Черная дыра с массой в две солнечных имеет радиус 6 км. Вблизи нее гравитационное поле очень сильное, вдали — как у обычной звезды той же массы. Окружающий газ падает на черную дыру. За все время существования Галактики на одиночную черную дыру может упасть  $10^{-4}$  солнечных масс газа. По мере приближения к черной дыре газ разогревается, усиливаются имеющиеся в нем магнитные поля, в которых высвечивается энергия быстрых заряженных частиц. Прежде чем газ достигнет критической области с радиусом, равным гравитационному, он должен излучить. В оптическом диапазоне светимость черной дыры около  $10^{32}$  эрг/сек. Это — лишь ма-

лая доля солнечного излучения ( $4 \cdot 10^{33}$  эрг/сек), поэтому одиночную черную дыру так трудно обнаружить в море звезд, которое мы наблюдаем.

Если черная дыра входит в двойную систему звезд, то все процессы идут гораздо интенсивнее. Поток газа к такой черной дыре из оболочки нормальной звезды на 5 порядков больше, чем к одиночной черной дыре. Поскольку компоненты двойной системы вращаются вокруг общего центра масс, газ, истекающий с нормальной звезды, закручивается, образуя диск возле черной дыры. Частицы газа движутся по круговым орбитам, переходя с одной орбиты на другую, все ближе и ближе к черной дыре, пока не упадут в нее. При этом выделяется энергия. Так как температура газового диска составляет 1—10 млн. градусов, газ мощно светит в рентгеновском диапазоне. Именно как рентгеновские источники и следует искать черные дыры.

Уже несколько лет летает вокруг Земли искусственный спутник «Uhuru». С его помощью открыто 120 рентгеновских источников. Несколько источников обладают свойствами, которые теоретики предсказали для черных дыр. Между прочим, Уилер шутливо предрекал, что черные дыры, как и нейтронные звезды, будут открыты через 33 года после их предсказания, то есть в 1972 году. Прогноз Уилера, будто бы, сбывается. Большинство специалистов придерживается мнения, что первая черная дыра обнаружена.

Рентгеновский источник, имеющий характерные для черной дыры свойства, обозначается как Лебедь XR-1. Поток рентгеновского излучения от него равен  $10^{37}$  эрг/сек, что на 4 порядка превосходит все солнечное излучение.

Лебедь XR-1 — двойная звездная система. Видимая нормальная звезда относится к спектральному классу В. В спектре двойной системы обнаружены линии высокоионизованного гелия, которые могут возникать лишь в газовом диске вокруг черной дыры, где температура очень высокая. Поскольку компоненты двойной системы вращаются вокруг общего центра тяжести, спектральные линии звезды и линии гелия смещаются, согласно эффекту Доплера. Это позволяет по законам небесной механики вычислить массы нормальной звезды и невидимой компоненты, тяготение которой заставляет газ падать и светиться. Нормальная звезда оказалась в 20 раз массивнее Солнца, а невидимая — в 10 раз. Так как масса белых карликов не может превышать 1,5 солнечных, нейтронных звезд — двух солнечных, то невидимая компонента в двойной системе Лебедь XR-1 не может быть ни тем, ни другим. И уж, конечно, не может она быть нормальной звездой, ибо, как показало исследование рентгеновского излучения, ее радиус не более тысячи километров.

Вероятно, невидимая компонента системы Лебедь XR-1 — черная дыра. И если дальнейшие наблюдения подтвердят сделанные предположения, то это будет замечательным открытием астрономии и новым триумфом теоретической астрофизики.

Нормальная звезда и черная дыра обращаются вокруг общего центра масс, составляя двойную звездную систему. Газ из оболочки звезды течет к черной дыре, закручивается вокруг нее, образуя диск. Постепенно частицы газа теряют угловой момент и по спирали приближаются к черной дыре. Но прежде чем упасть в черную дыру, газ разогревается до  $10^6$ — $10^7$  °К и испускает рентгеновское излучение



## Рыбы плавают «по компасу»

Наиболее сложные и далекие путешествия в морях и океанах совершают низшие группы рыб (многочисленные акулы, сельдевые, лососевые, корюшковые). Как же они ориентируются в безбрежных морских просторах? Современные исследователи пришли к выводу, что морским организмам для столь сложной навигации необходимо обладать «биологическим компасом» и «биологическими часами». Механизмы этих биологических «приборов» должны основываться на взаимодействии каких-то внутренних систем организма с тем или иным фактором внешней среды. В процессе эволюции организмы на Земле постепенно освобождались из-под власти случайных влияний, вырабатывая определенную защитную реакцию против них и «учась» использовать только тех внешних факторов, которые были постоянными или носили периодический характер. Естественно предположить, что постоянные внешние факторы помогли формированию механизма «компас», а периодические — механизма «часов».

Какие же именно внутренние системы морских «путешественников» и какие внешние факторы среды, взаимодействуя, осуществляют навигацию? Некоторые ученые считают, что постоянным внешним фактором является магнитное поле Земли. Но как это доказать?

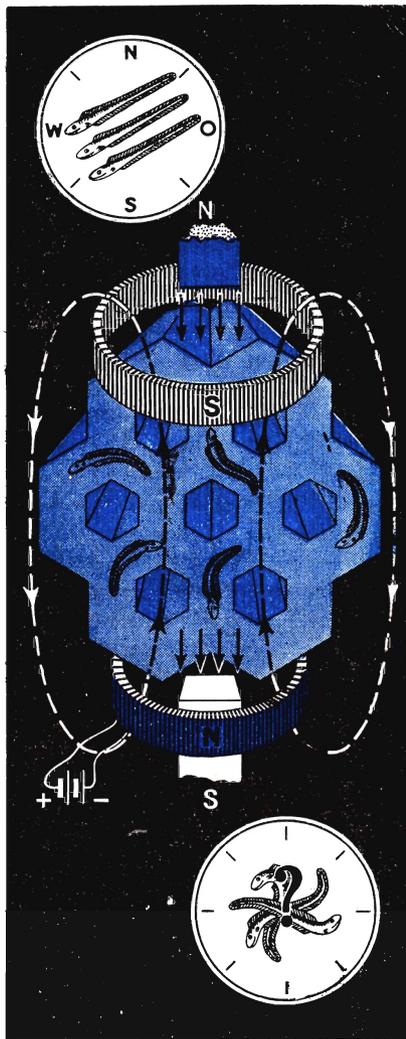
В 1969 году биологи из Атлантического института рыбного хозяйства и океанографии В. А. Ходоровский, С. И. Глейзер вместе с геофизиками Научно-исследовательского института геологии Арктики А. М. Городницким и Н. Н. Трубятчинским постави-

**Навигационные способности птиц, морских животных и рыб — это еще не разгаданная до конца тайна природы.**

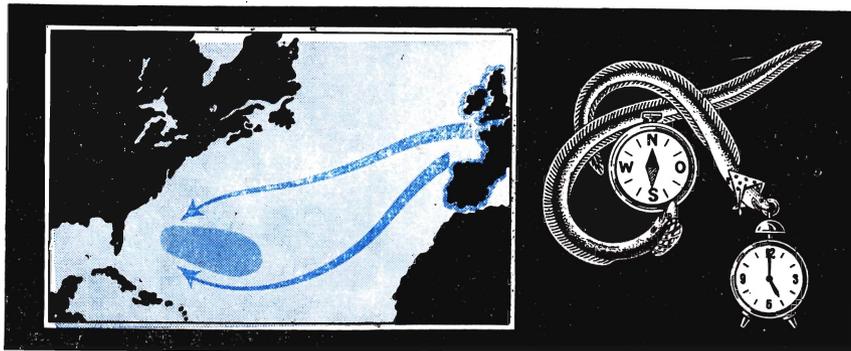
ли эксперимент. Инициаторами работ были заместитель директора Атлантического института В. Н. Яковлев и начальник отдела геофизики Института геологии Арктики профессор Р. М. Деменицкая.

Испытуемыми в эксперименте были особи европейского угря. Европейский угорь распространен в прибрежных водах Европы от Скандинавии до Гибралтара, он населяет мелкие и крупные реки. Угорь живет обычно в пресной речной воде от 6 до 19 лет, а затем половозрелые особи отправляются на нерест в далекое Саргассово море, пересекая весь Атлантический океан по неизменному пути с северо-востока на юго-запад. Что помогает им строго «держать курс», не зависит ли миграция рыб от геомагнитного поля, и если зависит, то как? Другими словами: могут ли рыбы ориентироваться по магнитному полю Земли?

Для опытов отобрали мальков — особой длиной около 10 см. Исследователи должны были оценить влияние магнитного поля Земли на ориентацию угря в пространстве, а также выяснить, есть ли суточные ритмы в



*Ориентация угря. В естественных условиях — в присутствии магнитного поля Земли (вверху) — угорь выбирает лишь одно направление по оси северо-восток — юго-запад. При компенсации поля искусственным магнитом (внизу) силовые магнитные линии исчезают и угорь теряет ориентацию — ему все равно куда плыть. В средней части рисунка показана схема компенсации магнитного поля Земли кольцами Гельмгольца*



поведении рыбы, в ее двигательной активности. Другими словами, обладает ли угорь «биологическим компасом» и «биологическими часами»? Опыты проводились в специальном аквариуме-лабиринте, который сверху напоминает пчелиные соты. Лабиринт состоит из семи шестигранных секций, стенки которых образуют каналы, сходящиеся по три в один узел. Таким образом, двигаясь по любому из каналов, рыба непременно окажется в узле и ей придется выбрать один из двух других каналов, расположенных под одинаковыми углами к первоначальному пути. Повернуть рыбе направо или налево — зависит от какого-то внешнего фактора, а если таковой отсутствует, то рыбе безразлично: выбор пути окажется абсолютно случайным. Стало быть, испытываемому объекту примерно одинаково понравится и правое и левое направление. А это значит, что рыба пройдет все каналы лабиринта

■  
*От берегов Европы к далекому Саргассову морю пролегает миграционный путь европейского угря. В тихом море без берегов плавает около десяти миллионов тонн водорослей. Здесь расселяется сложное сообщество животных — позвоночных и беспозвоночных, травоядных и хищников. Саргассы служат для них источником пищи, убежищем от нападения или средством передвижения. Вот сюда и стремятся на нерест европейские угри уже многие миллионы лет*

одинаковое число раз. Конструктивная особенность лабиринта такова, что все 24 канала, распределенные равномерно по площади лабиринта, параллельны трем осям, лежащим в плоскости под углами  $120^\circ$  друг к другу.

Задача сводилась к тому, чтобы зафиксировать, сколько раз за определенный промежуток времени в каждый из трех каналов (а в узле их только три) заплывет рыба. Все случаи заплыва суммировались, и полученные величины сравнивались между собой. Если никаких внешних воздействий на рыбу нет (ее не отвлекают ни запахи, ни тепло, ни звук и так далее), то в каждом канале она побывает примерно одинаковое число раз. Лабиринт именно так и задуман: ни свет, ни звук, ни тепло в него не проникают. И если в этих условиях между частотой появления угря на каждой из осей-каналов есть различие, то причину его нужно искать в действии какого-то постоянного фактора. Таким единственным постоянным фактором является магнитное поле Земли, которое должно быть однородным. Если же действие магнитного поля меняется вдоль каждой оси, то все равно соотношение числа «заплывов» угря в каждый из трех каналов не изменится. Это характерное свойство лабиринта дает своеобразный внутренний контроль для всех экспериментов. Таким образом, лабиринт позволяет определять дей-

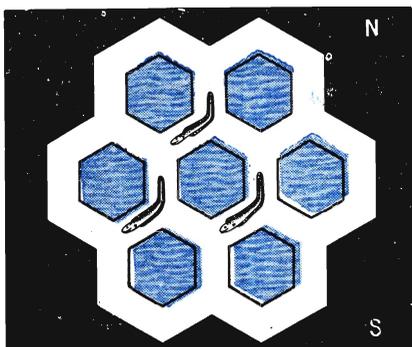
ствие на угря лишь однородных силовых полей. Планируя эксперимент, нужно было заранее предвидеть, сколько времени должен находиться угорь в лабиринте, чтобы запись его пути была наиболее достоверной. Сразу фиксировать выбор направления или дать угрю освоиться в новой обстановке? В какой момент или отрезок времени испытываемый навигатор проявит самую уверенную ориентацию? Для ответа на эти вопросы провели несколько опытов.

С момента запуска угря в лабиринт счетчик регистрировал частоту его появления на каждой из трех осей и через каждые 5 минут делалась отметка времени. Угорь в лабиринте двигался непрерывно до «ночной» остановки, на полчаса, наступающей у разных угрей в разное время. Десятки тысяч опытов помогли установить, что уже за первые пять минут пребывания в лабиринте угорь четко ориентируется по оси запад — восток. Затем это преимущественное направление сглаживается, теряется. Вероятно, угорь сначала «определяется» по магнитному полю Земли, а потом ведет себя сообразно новой обстановке: что-то напоминает и к чему-то привыкает. Если действительно магнитное поле Земли влияет на поведение угря в лабиринте (и в природе), то что же происходит с ним в отсутствии магнитного поля?

Для компенсации геомагнитного поля лабиринт-аквариум с испытываемыми рыбами ставили в деревянный каркас, обмотанный медным проводом (кольца Гельмгольца). Проходя через обмотку такой «катушки», электрический ток создавал индуцированное магнитное поле. Причем

электрический ток пропускали таким образом, чтобы индуцированное магнитное поле было обратным магнитному полю Земли. Так достигалась компенсация. Кроме того, условия эксперимента позволяли создавать отдельно горизонтальную и вертикальную составляющие геомагнитного поля. В обоих вариантах опыта — под действием магнитного поля Земли, то есть в естественных условиях, и без него — манипуляции с рыбами были одни и те же. Как только угорь появлялся в лабиринте, в течение первых пяти минут фиксировались его заплывы во все каналы. Для этого применяли специально разработанные приемы подсчета, использующие современные методы биномиального распределения случайных величин. Каждый цикл измерений проводился с 24 различными особями.

Результаты экспериментов показали, что без магнитного поля Земли вероятность появления угрей на всех осях примерно одинакова, в то время как в магнитном поле Земли, несмотря на симметричность лабиринта по отношению к осям, число перемещений угрей в направлении северо-восток — юго-запад значительно превышает среднюю вероятность их перемещений в других направлениях. Достоверность такого превышения равняется 95%. Одновременно можно заметить, что частота появления угрей в направлении северо-запад и юго-восток также значительно отклоняется от вероятности, на этот раз уже в сторону уменьшения. Эти факты свидетельствуют о некоторой неравноценности для угрей направлений северо-восток — юго-запад и се-



веро-запад — юго-восток. Можно сказать, что с достоверностью 95% угри выбирают в симметричном лабиринте направление северо-восток — юго-запад и избегают направления юго-восток — северо-запад. О том, что неравноценность направлений обусловлена магнитным полем Земли, свидетельствует полное отсутствие направленного движения угря в условиях компенсации магнитного поля: все направления относительно стран света в этом случае для угрей становятся безразличными. Следовательно, магнитное поле Земли играет важную роль в ориентации европейского угря в океане. Это, будто бы, достаточно интересное утверждение ставит, однако, в свою очередь множество других вопросов. Например, если рыба чувствует магнитное поле, то какие два близких значения напряженности и направления силового поля она способна воспринимать как разные? Другими словами, различает ли европейский угорь географические широты по их геомагнитным характеристикам?

Одинаковые опыты, проведенные в Калининграде и Ленинграде, показали, что рыба способна вести «правку на широту местности». В Калининграде угри предпочитали путь с северо-востока на юго-запад, а в Ле-

*Аквариум-лабиринт, в котором изучались навигационные способности европейского угря*

нинграде упорно ориентировались в направлении северо-северо-восток — юго-юго-запад. Почему удается рыбе сохранить столь сложный стереотип поведения? По-видимому, угорь как опытный навигатор обладает специфической компасной системой. И совершенно естественным выглядит стремление выбрать преимущественное направление с северо-востока на юго-запад, совпадающее с направлением миграции в сторону Саргассова моря.

Удивительно, что эта способность угрей четко выражается в том возрасте, когда никаких миграций в Саргассово море они еще не совершают. Вероятно, здесь можно говорить о врожденной и генетически закрепленной способности к ориентации в магнитном поле Земли, передающейся от одного поколения угрей к другому.

На широте Калининграда были поставлены два эксперимента, которые должны хотя бы приблизительно ответить на такие вопросы: как влияет на ориентацию угря в магнитном поле время года, время суток, температура воды и растворенные в воде вещества, одинаково ли точно «определяются» голодные и сытые особи?

Опыты проводились в естественной среде (Куршская коса) и в лаборатории. Казалось, что разные условия должны повлиять на ориентирование угрей в магнитном поле Земли, но наблюдения этого не подтвердили: ничто не мешает компасному чутью упрямого путешественника. Но если у животного, рыбы или птицы есть компасное чутье, то должно быть, несомненно, и ощущение времени, ведь



## ИСКОПАЕМЫЙ ОКЕАН ТЕТИС

оба фактора (ориентация во времени и пространстве) неразрывно связаны. Возникает вопрос: не связана ли двигательная активность угря и ее цикличность с суточными вариациями геомагнитного поля?

Для того, чтобы ответить на этот вопрос, в опытах была сделана попытка выявить ритмы двигательной активности. В течение суток отмечались периоды бодрствования, сна, активного движения. Угрей запускали в лабиринт первые пять минут каждого часа и регистрировали все движения за эти пять минут. Спустя 3 дня такой опыт повторили и по результатам визуальных наблюдений построили график двигательной активности. Сравнивая поведение рыбы за несколько суток, можно заметить определенные ритмы с периодом в одни сутки. Существование суточного цикла — это прямое свидетельство того, что природа снабдила угря каким-то пока неизвестным «часовым механизмом». Вместе с тем никакой зависимости между суточными вариациями земного магнитного поля и двигательной активностью угря обнаружено не было. Таким образом, складывается впечатление, что угри имеют все, что необходимо моряку в океане, — магнитный компас и часы.

Как видит читатель, проблема навигации животных не очень балует исследователей уверенными критериями, но от этого она не становится менее привлекательной. И попытка решить эту проблему на основе изучения геофизических полей может дать совершенно неожиданные результаты.

Участники XXIV Международного геологического конгресса, состоявшегося в Монреале (Канада) в августе 1972 года с интересом выслушали доклад советских ученых И. А. Гаркаленко, В. П. Гончарова, Я. П. Маловицкого, А. П. Милашина, Ю. П. Непрочнова, С. А. Ушакова, В. В. Федынского, К. Е. Фоменко, Б. А. Хрычева о выполненных ими исследованиях земной коры, проливающих свет на происхождение ряда внутренних морей и других изолированных и полуизолированных бассейнов и низменностей.

Сопоставление результатов геофизических исследований последних лет показывает большое сходство между строением коры таких районов, как Средиземное, Черное и Каспийское моря, а также Ломбардской (Северная Италия), Паннонской (Венгрия) и Северо-Каспийской низменностей. Под бассейнами кора обычно бывает тоньше, «гранитный» слой утончается к центру бассейна и может совсем исчезнуть. В то же время «базальтовый» слой коры к центру слегка утолщается.

Сейсмическое зондирование показывает, что утончение коры сопровождается появлением выступов в подстилающей ее мантии. Погруженные срединные части бассейнов обычно ограничены активными разломами в земной коре.

По мнению советских исследователей, все изученные районы имеют сходное происхождение и образуют единую систему. Они видят в этом доказательство факта, что именно здесь располагается древний «ископаемый» океан Тетис, причем Средиземное, Черное и Каспийское моря являются его «рудиментами», а Северо-Каспийская, Ломбардская и Паннонская низменности — бывшими участками этого океана, впослед-

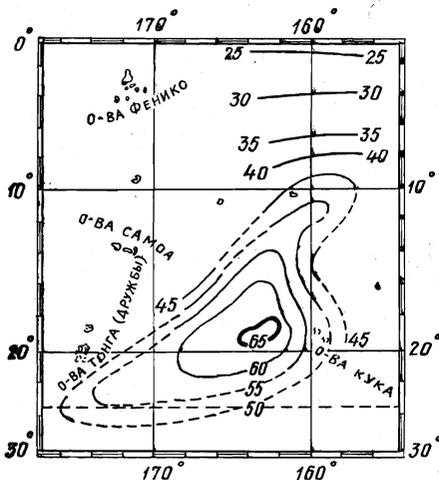
ствии заполнившимися осадочными породами.

Сборник докладов к XXIV Международному геологическому конгрессу. «Наука», 1972.

## САМАЯ ПРОЗРАЧНАЯ МОРСКАЯ ВОДА

Еще в 1965 году с борта «Витязя» в центральной части Тихого океана, северо-западнее острова Раротонга, была измерена относительная прозрачность, равная 60 м при сине-фиолетовом цвете моря (1 по шкале цветности). Эта оценка была максимальной для всего Тихого океана. Поэтому в 1971 году, когда в этих местах работала специальная гидрооптическая экспедиция на исследовательском судне «Дмитрий Менделеев», ученые не упустили возможности для самых тщательных измерений оптических свойств воды. Чтобы убедиться, что воды, омывающие остров Раротонга, действительно аномально прозрачны, в точке с координатами  $19^{\circ}04' \text{ ю. ш.}, 162^{\circ}36,5' \text{ з. д.}$  провели серию измерений стандартным (30 см в диаметре) белым диском. И опять рекорд — 67 м. Учитывая необычность результата, неподалеку от места измерения была выполнена суточная станция, на которой провели разнообразные гидрооптические исследования. Снова дважды определяли диском Секки относительную прозрачность воды — получили 60 и 63 м.

До сих пор наиболее прозрачным районом Мирового океана считалось Саргассово море (66,5 м). Однако эта величина — результат наблюдений с большим диском, диаметр которого равнялся двум метрам. Максимальное же значение относительной прозрачности, когда-либо измерен-



## ПОСЛЕДНЯЯ ЛУННАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ПРОГРАММЕ «АПОЛЛОН»

Полет «Аполлона-17» проходил с 7 по 19 декабря 1972 года. Командир корабля Юджин Сернан — космонавт-ветеран. Остальные члены экипажа — Рональд Эванс и Харрисон Шмитт — летели в космос впервые. Шмитт — геолог, первый профессиональный ученый на борту кораблей «Аполлон». Его участие придало полету совершенно новую окраску. Еще на околоземной орбите он сообщил очень интересную метеорологическую информацию, а в дальнейшем дал квалифицированное описание Луны (с селеноцентрической орбиты и с ее поверхности).

Старт корабля «Аполлон-17» задержался более чем на два часа из-за неисправности наземного оборудования. Однако при переходе на траекторию полета к Луне кораблю была придана несколько большая скорость, и он на трассе Земля — Луна наверстал опоздание.

Корабль «Аполлон-17» опустился в чрезвычайно интересном районе Тавр — Литтров. Здесь, по ранее полученным фотоснимкам с окололунной орбиты, ожидали найти признаки вулканизма и надеялись обнаружить породы, более молодые и более древние, чем те, которые доставлены на Землю предыдущими пятью лунными экспедициями на кораблях «Аполлон», а также советскими лунными станциями «Луна-16» и «Луна-20».

Район Тавр—Литтров находится близ лунной горной цепи Тавр и кратера Литтров в северо-восточной части видимой стороны Луны. Лунная кабина корабля «Аполлон-17» совершила посадку в 100 м от расчетной точки, в долине между горами высотой до 2,5 км. «Здесь рай для геолога!» — воскликнул Шмитт. Космонавты пробыли на Луне 75 часов, из них 22 часа работали на ее поверхности. Они обнаружили ряд признаков, которые, как будто, свидетельствуют о вулканических процессах, и самый сенсационный из этих признаков — грунт ржаво-оранжевого цвета у небольшого кратера Шорти. Шмитт считает, что порода окислилась под действием паров воды, со-

державшихся в вулканических газах. Но, конечно, нужны строгие доказательства, которые могут дать тщательные лабораторные анализы на Земле. Если это предположение подтвердится, то, наконец, появятся убедительные доказательства сравнительно недавней вулканической активности на Луне. И тогда придется отказаться от гипотезы, допускающей, что Луна «мертва», по крайней мере, последние 3 млрд. лет.

С селеноцентрической орбиты заметили и еще несколько участков ржаво-оранжевого грунта, в частности, около кратера Сульпиций Галли.

По научной значимости лунная экспедиция «Аполлона-17», по-видимому, превзойдет все предыдущие. На Землю доставлено 113 кг лунных образцов, включая поверхностные и глубинные образцы ржаво-оранжевого грунта из района кратера Шорти. Получены очень интересные показания приборов, которые ранее не устанавливались на кораблях «Аполлон». Инфракрасный радиометр, имеющий точность 1° С, с селеноцентрической орбиты определял температуру поверхности Луны, выявляя «горячие точки». Ультрафиолетовый спектрометр регистрировал с орбиты состав газов в лунной «атмосфере». Содержание водорода, например, оказалось на два порядка меньше, чем ожидали. Лазерный высотомер бесперебойно измерял профиль лунной поверхности. К сожалению, не включился гравиметр, а высокочастотный зонд, который должен был искать лед в недрах Луны, перегрелся и вышел из строя.

Экипаж «Аполлона-17» поставил несколько своеобразных рекордов: наибольшая продолжительность пребывания на селеноцентрической орбите и на Луне, максимальная продолжительность полета (12 суток 14 часов), наибольшая длительность выходов на поверхность Луны, максимальная протяженность маршрутных поездок на луноходе (36 км) и, как уже говорилось, наибольший вес геологических образцов.

Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ

ное в Саргассовом море стандартным диском, было 62 м. Оценку 67 м можно считать пока максимальной для всего Мирового океана. Можно также полагать, что обнаруженная область аномально прозрачных вод весьма стабильна во времени.

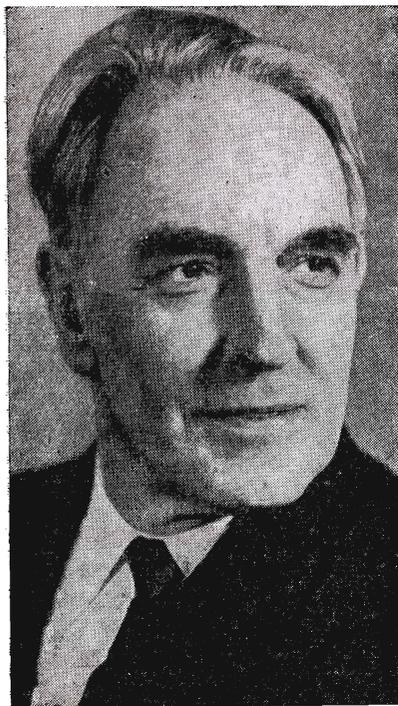
Какие процессы формируют устойчивое прозрачное «пятно» в Тихом океане? Во-первых, этот район расположен в зоне южной тропической конвергенции, где почти нет планктона: питательные вещества с глубин не могут подняться на поверхность и биологические циклы протекают очень вяло. Во-вторых, минеральные взвеси тоже сюда не попадают, так как слабые и неустойчивые течения не доносят взвешенный материал с далеких берегов.

К сожалению, после 1971 года исследовательские суда не заходили в этот интересный район, чтобы подтвердить измерения, выполненные в пятом рейсе научно-исследовательского судна «Дмитрий Менделеев», или побить этот рекорд.

Кандидат географических наук  
В. М. ПАВЛОВ

Карта относительной прозрачности вод у острова Паратонга. Используются данные измерений, выполненных экспедициями на «Витязе» и «Дмитрии Менделееве». Область поверхностных вод, характеризующихся экстремально высокой относительной прозрачностью, ограниченной изолинией 60 м, представляет собой замкнутый район 300 миль в диаметре. В пределах «эллипса» располагается ядро с максимальными значениями относительной прозрачности — 67 м.

Член-корреспондент АН СССР  
М. С. ЗВЕРЕВ



## Астрометрия южного неба

**Астрометристы разных стран объединили свои усилия в изучении южного неба. Это необходимо для создания единой системы небесных координат.**

### ЗАДАЧИ АСТРОМЕТРИИ

Десять лет находится в Чили астрометрическая экспедиция Пулковской обсерватории. Экспедиция работает в тесной научной кооперации с чилийскими астрономами на обсерватории Серро-Калан в Сантьяго (Национальная обсерватория университета Чили), а также в ее филиале на горе Робле (90 км от Сантьяго), где установлен замечательный советский телескоп — двухменисковый астрограф Максудова.

В Южной Америке работают и астрометристы США. В 1965 году в Аргентине около города Сан-Хуан была организована астрометрическая обсерватория Леонито — южный филиал Морской обсерватории США; туда перенесен из Вашингтона один из меридианных кругов. А в 1967 году отправилась в Западную Австралию экспедиция ФРГ с меридианным кругом Гамбургской обсерватории. Астрометристы Европы и Северной Америки устремились в южное полушарие!

Объясняется это тем, что с началом космической эры стала неотложно необходимой новая информация о точных положениях и движении небесных светил, особенно в южном полушарии, поскольку южное небо изучено гораздо хуже северного. Сейчас от астрометристов, в первую очередь, требуются точные координаты большого числа ярких и слабых опор-

ных звезд, по отношению к которым можно определять положение любых небесных объектов. Например, наиболее точные координаты искусственных спутников или космических ракет получают, фотографируя их вместе с окружающими звездами. Нужно минимум три, а лучше шесть — десять опорных звезд с известными координатами, чтобы надежно измерить на фотографии положение объекта. Если фотография охватывает площадку неба  $3^\circ \times 3^\circ$ , или около 10 квадратных градусов, и на ней должно быть десять опорных звезд, то для всего неба это составит около 40 000 звезд (поверхность сферы равна  $4\pi R^2 \approx 4\pi (57^\circ, 2958)^\circ = 41\,253$  квадратных градусов). Именно такое число опорных звезд (в среднем одна на квадратный градус) принято сейчас в качестве международного стандарта. Актуальная задача астрометристов — как можно точнее определить координаты этих звезд, а также их собственные движения посредством сравнения результатов наблюдений, выполненных в течение десятилетий. Опыт показывает, что в таких наблюдениях необходимо участие нескольких обсерваторий, поскольку результаты отягощены трудно учитываемыми систематическими ошибками: рефракционными, личными и особенно инструментальными, вызванными, например, прогибами или термическими деформациями меридианных инструментов. Лишь после тщательного сравнения наблюдений, проведенных на многих обсерваториях, и получения из них среднего можно определить координаты с погрешностью не более  $\pm 0'',1$ .

Однако от астрометристов требуют-

В апреле исполнилось 70 лет крупнейшему советскому астрометристу, члену-корреспонденту АН СССР Митрофану Степановичу Звереву. М. С. Зверев — автор 130 научных работ, организатор астрометрических наблюдений по программе «Каталога слабых звезд», инициатор и первый руководитель астрометрической экспедиции в Чили, страстный популяризатор достижений советской астрономии.

Читатели и редакционная коллегия «Земли и Вселенной» сердечно поздравляют Митрофана Степановича с днем рождения и желают ему доброго здоровья и новых творческих успехов.



ся не только точные координаты и собственные движения небесных светил. Важнейшая задача астрометрии — построение на небе геометрически правильной **системы координат**, к которой должны быть отнесены астрометрические наблюдения небесных объектов. Такая координатная система реализуется в виде **фундаментального звездного каталога**, содержащего точнейшие положения и собственные движения избранных 1500—2000 звезд. Их получают в результате критической обработки наблюдений, выполненных на различных обсерваториях в течение многих десятилетий.

При построении системы координат основная роль принадлежит **абсолютным** определениям положения светил. В этом случае все инструментальные параметры и редуцированные величины получаются из собственных измерений, без использования результатов прежних наблюдений (фотографические определения координат с привязкой к опорным звездам как раз являются неабсолютными, а относительными, или дифференциальными). Абсолютные определения координат светил требуют сложной организации наблюдений. Они регулярно ведутся лишь на нескольких обсерваториях: в Пулковке, Николаеве, Вашингтоне, Гриниче, Кейптауне. Широкою известностью Пулковская обсерватория приобрела главным образом благодаря высокой точности абсолютных каталогов ярких звезд (каталоги 1845, 1865, 1885, 1905, 1930, 1960 годов), составленных по строгим пулковским методам, разработанным основателем обсерватории В. Я. Струве.

Влияние пулковской астрометрической школы сказалось на принципах и

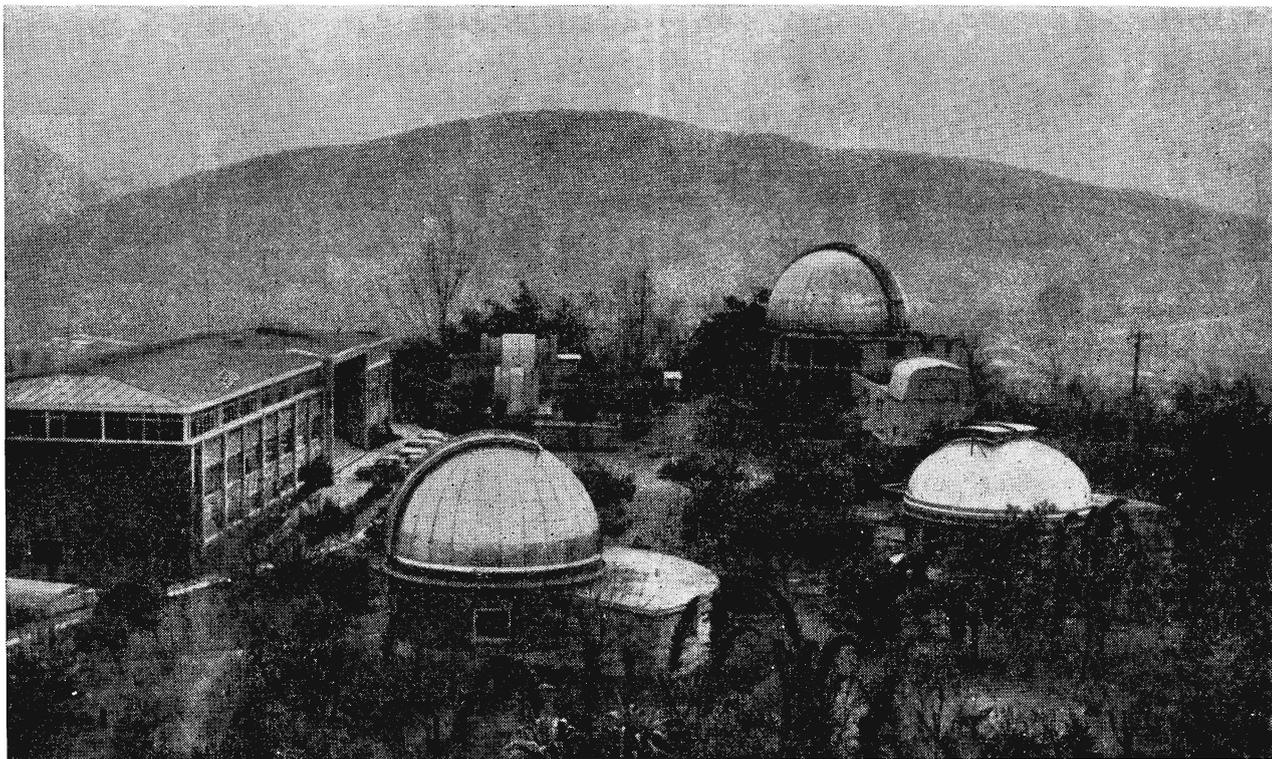
методах, которые использовались в США и Германии при составлении фундаментальных каталогов звезд. Еще в прошлом столетии германское астрономическое общество «Astronomische Gesellschaft» организовало большое международное предприятие по меридианным определениям координат всех звезд северного неба до 9-й величины. В результате громадной наблюдательной работы многих обсерваторий, в том числе Казанской и Николаевской, была издана первая серия зонных каталогов, содержащих достаточно точные по тому времени положения около 200 000 звезд северного неба. Первые фундаментальные каталоги обеспечили зонные единой системой координат.

В 30-е годы, в связи с развитием небесной механики и звездной астрономии, перед астрометрией возникла новая проблема. Система координат, закрепленная на небе фундаментальным каталогом звезд, должна быть не только геометрически правильной, но и **инерциальной**. В этой системе должны соблюдаться законы ньютоновой механики, то есть по отношению к «абсолютному пространству» она должна находиться в покое или обладать только прямолинейным равномерным движением (без вращения и ускорений). Построить такую систему координат, связав ее с земным шаром, невозможно, поскольку Земля обращается вокруг Солнца и вдобавок имеет сложное вращение вокруг оси (с прецессией и нутацией). Поэтому, вводя в результаты наблюдений соответствующие поправки (за прецессию, нутацию, параллакс и абберацию), астрометристы редуцировали свои наблюдения к центру

Солнца и получали гелиоцентрическую инерциальную систему координат, вполне пригодную для решения задач в пределах Солнечной системы и в ближайших частях Галактики.

Однако в 20-е годы было доказано, что наша Галактика вместе с Солнцем вращается вокруг своего центра. Следовательно, систему координат, связанную с Солнцем, нельзя считать строго инерциальной. В 1932 году пулковские астрономы Б. П. Герасимович и Н. И. Днепровский предложили использовать фотографические наблюдения далеких галактик, которые вследствие громадных расстояний можно считать практически неподвижными объектами на небе в течение нескольких столетий. Астрометрическая привязка слабых звезд к галактикам позволит получить абсолютные собственные движения звезд и создать почти идеальную инерциальную систему координат, не зависящую от движений в нашей Галактике. В соответствии с этой идеей в Москве в 30-е годы был разработан план **«Каталога слабых звезд»**. Он включал построение новой системы координат посредством абсолютных наблюдений около 1000 фундаментальных слабых звезд и дифференциальных меридианных наблюдений многих тысяч опорных звезд, а также фотографические наблюдения 10 малых планет и около 300 площадок неба с далекими галактиками. (Наблюдения планет необходимы для привязки системы координат к Солнцу, чтобы связать новый каталог с существующими каталогами ярких звезд.)

В послевоенные годы к наблюдениям по программе «Каталога слабых



звезд» присоединились обсерватории разных стран. А в 50-е годы подготовленный для «Каталога слабых звезд» список звезд был объединен со списком Вашингтонской обсерватории. Так появилась новая международная программа наблюдений около 20 000 опорных звезд северного неба. Их точные координаты были определены на меридианных кругах одиннадцати обсерваторий разных стран, в том числе Пулковской и Николаевской.

Что касается фотографирования галактик по плану «Каталога слабых звезд», то окончательная программа наблюдений была разработана в

*Обсерватория Серро-Калан. Она расположена в 12 км от центра столицы Чили Сантьяго. Высота над уровнем моря 800 м. Вот уже десять лет в обсерватории работает экспедиция пулковских астрометристов*

Фото С. Васкеса

Пулковской обсерватории под руководством профессора А. Н. Дейча. Программа предусматривает фотографирование галактик 14—15-й звездной величины в специальных площадках северного и южного неба. В наблюдениях, начатых еще в 1939 году, теперь участвуют двенадцать обсерваторий разных стран, обладающих длиннофокусными широкоугольными астрографами. Следует отметить, что аналогичная работа с 1952 года ведется в Ликской обсерватории (США) на 50-сантиметровом широкоугольном астрографе. План Ликской обсерватории состоит в фотографировании всего неба с двухчасовыми экспозициями. На снимках пригодны для измерений звезды и галактики до 16—17-й величины. Этот план теперь продолжен на южное полушарие обсерваторией в Леонсито, где установлен такой же 50-сантиметровый астрограф, как и в Ликской

обсерватории. Таким образом, фотографирование галактик в астрометрических целях ведется по двум независимым планам, что конечно интересно и целесообразно.

К 1960 году определилась реальная перспектива достаточно скорого решения основных астрометрических проблем для северного полушария. В Гамбурге — Бергедорфе полным ходом развернулись наблюдения и измерения для нового обширного фотографического каталога звезд. Одиннадцать обсерваторий Европы и Америки завершили меридианные наблюдения 20 000 опорных звезд северного неба, в Гейдельберге заканчивалось создание четвертого фундаментального каталога и на многих обсерваториях были получены первые эпохи фотографий с галактиками. Естественно, что стало весьма актуальным распространение всех этих работ на южное полушарие.

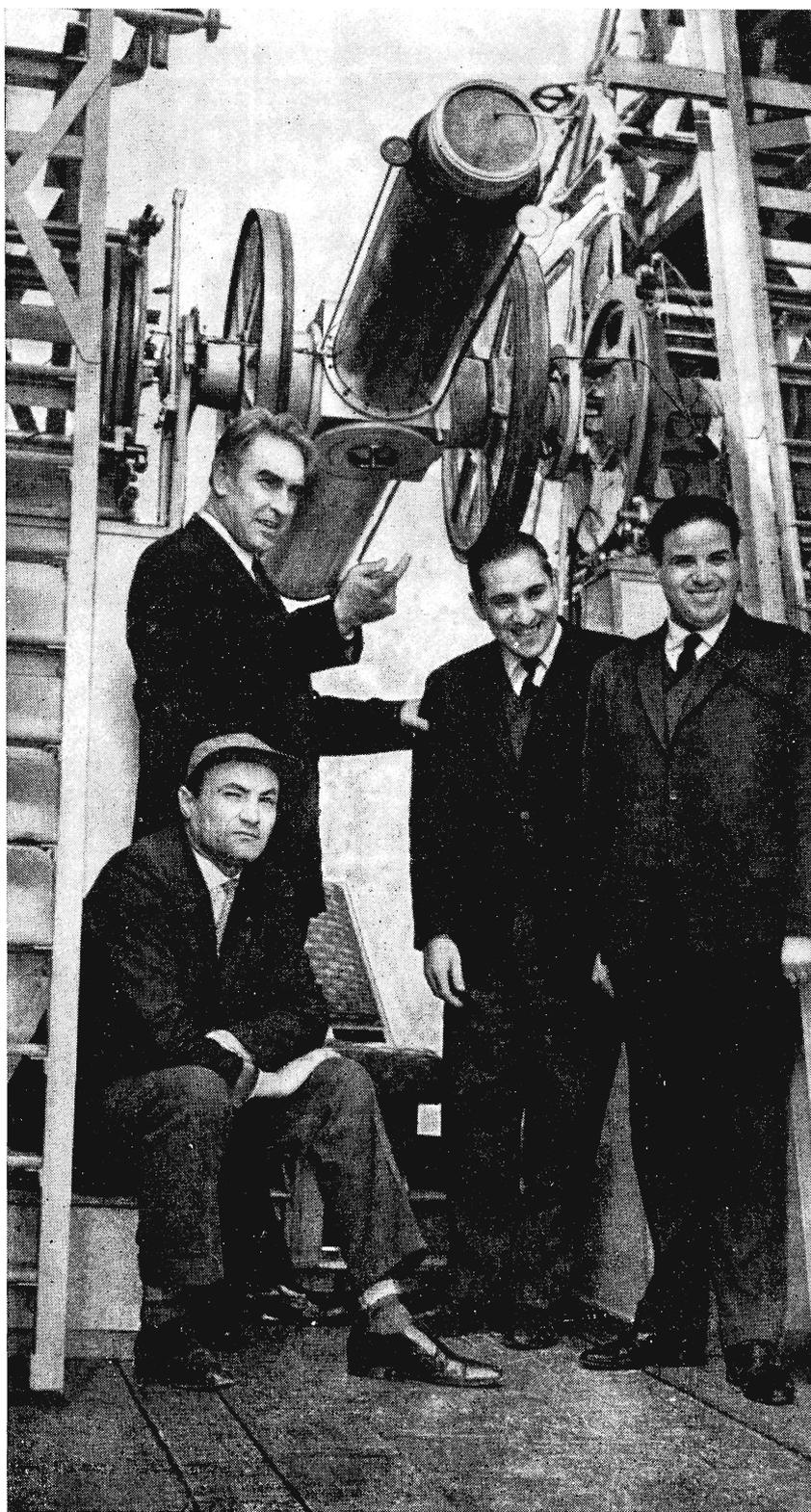
## СОВЕТСКИЕ АСТРОМЕТРИСТЫ В ЧИЛИ

В середине текущего столетия положение с астрометрическими наблюдениями в южном полушарии оказалось критическим. Ведь за предшествовавшие 30—40 лет меридианные наблюдения светил южного неба регулярно велись только в Капской обсерватории (Южная Африка). В XX столетии фундаментальные системы южнее склонения  $-30^\circ$  основывались, по-существу, на наблюдениях с единственным инструментом — капским меридианным кругом, качество которого, как теперь установлено, далеко не безупречно. Да и методы абсолютных определений координат, применяемые Капской обсерваторией, не отличаются достаточной строгостью. Эта ситуация и явилась непосредственной причиной организации южных экспедиций СССР, США и ФРГ, поскольку стало очевидным, что без участия астрометристов северного полушария проблема вряд ли может быть решена.

В первую очередь была разработана международная программа меридианных наблюдений опорных слабых звезд южного неба. В ней согласилось участвовать двенадцать обсерваторий, в том числе и Николаевская. Список около 20 000 южных опорных

*Первые наблюдатели, работавшие на меридианном круге Репольда (слева направо): В. С. Бедин, М. С. Зеврев, К. Ангита и Г. Карраско. С этим инструментом советские и чилийские астрометристы выполнили свыше 100 000 наблюдений опорных слабых звезд*

Фото Б. К. Багильдинского



звезд, включающий все звезды, ранее отобранные для «Каталога слабых звезд», был составлен в Вашингтонской и Капской обсерваториях.

Решение Академии наук СССР об организации южной астрометрической экспедиции было принято в 1958 году. В результате переписки с несколькими обсерваториями выбрали место работы экспедиции — обсерваторию Серро-Калан университета Чили. На обсерватории имелось несколько астрометрических инструментов, и ее администрация и астрономы благожелательно и с большим интересом отнеслись к предложению о сотрудничестве. 12 октября 1962 года в Чили прибыла первая группа пулковских астрометристов, которых радушно встретили чилийские коллеги.

Задача экспедиции состояла в организации на обсерватории Серро-Калан коллективных наблюдений по всем главным проблемам фундаментальной астрометрии: абсолютных определений координат ярких и слабых фундаментальных звезд строгими пулковскими методами, относительных меридианных наблюдений опорных звезд южного неба и фотографирования малых планет и удаленных галактик\*. Инструменты для абсолютных наблюдений были доставлены из Пулковской обсерватории — сначала небольшой пассажный инструмент фирмы Цейсса и фотографический вертикальный круг, а затем большой пассажный инструмент (последние два инструмента изготовлены в мастерских Пулковской обсерватории при участии Ленин-

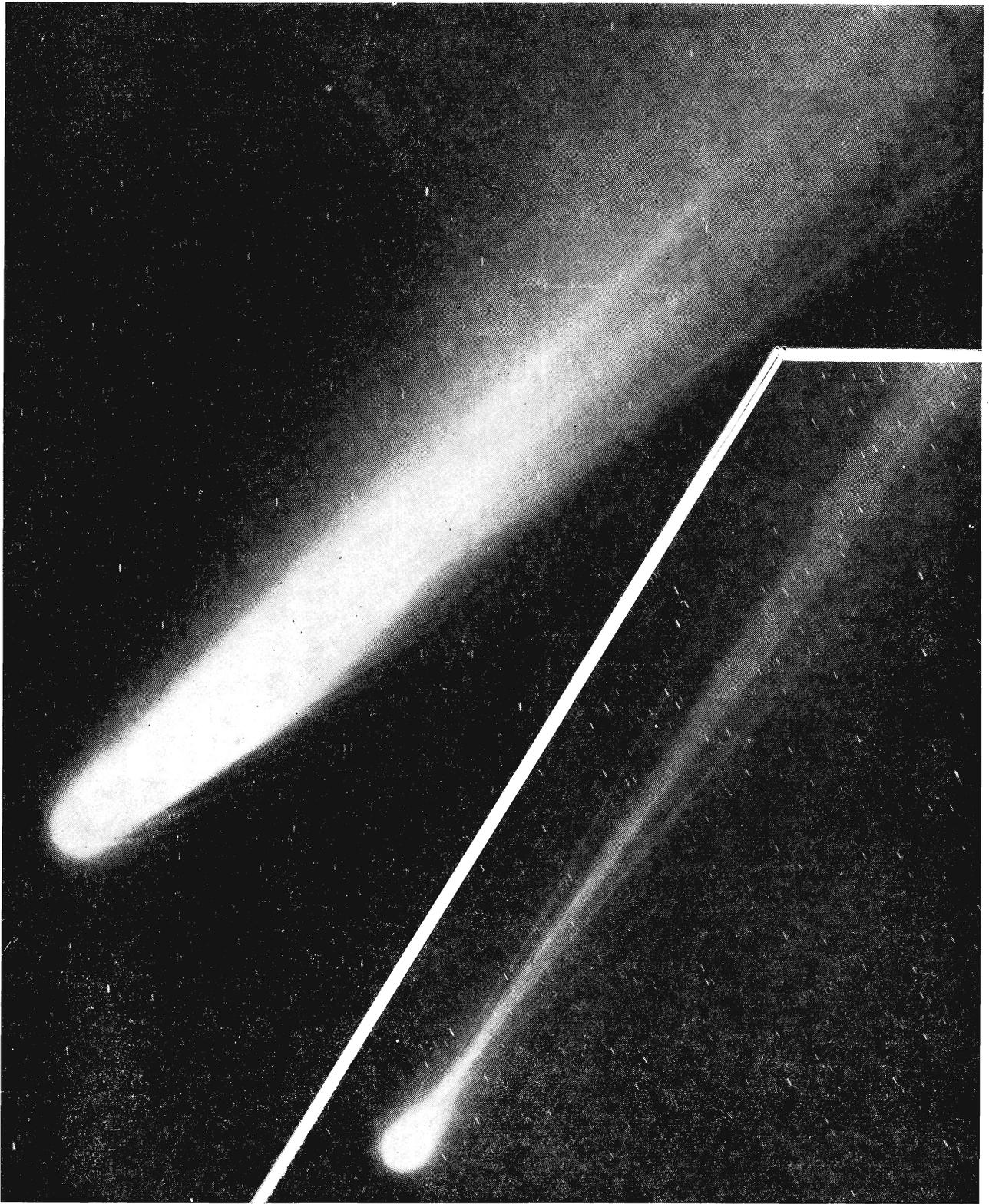
\* М. С. Зверев. Пулковские астрометристы в Чили. «Земля и Вселенная», № 1, 1965 г.

градского оптико-механического объединения). Для наблюдений опорных слабых звезд был использован чилийский меридианный круг Репсольда, который обстоятельно исследовали и модернизировали. Фотографирование галактик по пулковскому плану началось с чилийским нормальным астрографом фирмы Готье, а с 1968 года продолжается на двухмемисковом астрографе МаксUTOва, установленном на горе Робле. Этот превосходный советский телескоп славится высоким качеством оптической системы: на поле в 25 квадратных градусов астрограф дает круг-

■ *Большой пассажный инструмент, изготовленный в Пулковской обсерватории. Инструмент предназначен для абсолютных определений координат ярких и слабых звезд. 60 000 наблюдений провели на нем советские и чилийские астрометристы*

Фото С. Васкеса

■ *Кометы Беннета и Таго-Саго-Косако. Эти яркие кометы можно было наблюдать в конце 1969 — начале 1970 годов. Сфотографировал их пулковский астроном Х. И. Поттер на двухмемисковом астрографе системы МаксUTOва*

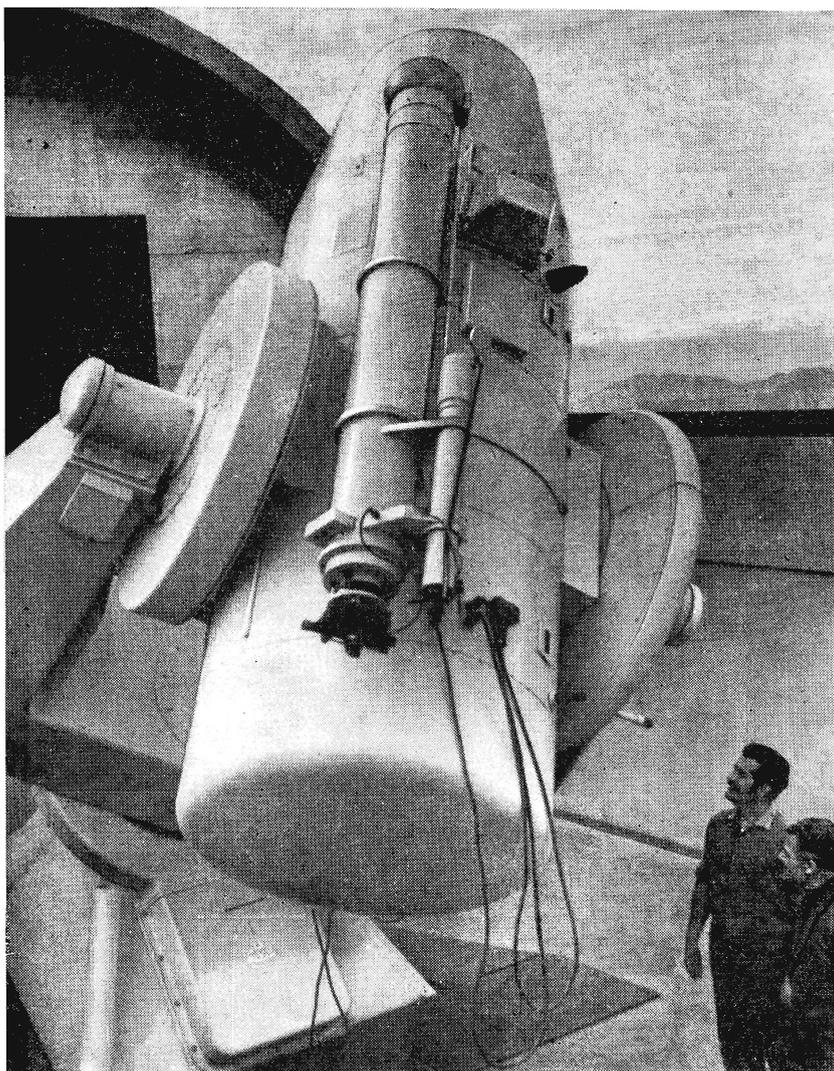


лые, без искажений изображения звезд. При экспозиции 10 минут на пластинках высшей чувствительности получают звезды до 19 величины. Диаметр их изображения равен 0,02 мм в середине поля и лишь немного больше на краях.

За истекшие 10 лет пулковские и чилийские астрономы провели свыше 100 000 наблюдений звезд с меридианным кругом, 60 000 — с большим пассажным инструментом, а всего они выполнили около 200 000 меридианных наблюдений. Их трудоемкая обработка осуществляется в Сантьяго и в Пулкове, при этом огромный эффект дает использование ЭВМ «Минск-22».

С двухмиссовым астрографом Максудова получено уже свыше 5000 фотографий. На них запечатлены галактики южного неба, квазары, малые планеты и кометы. Закончено фотографирование первых эпох площадок с галактиками пулковского плана (для 160 площадок сделано 600 снимков). Начато составление фотографического атласа всего южного неба, куда войдут звезды и галактики до 20-й величины. Снимки делаются «в двух цветах» — без фильтра и через желтый фильтр для исследования цветовых характеристик. Сотрудники чилийской экспедиции не пропускают интересные небесные объекты, появляющиеся вблизи Земли. В 1968 году они первыми сфотографировали астероид Икар, а в 1969 году получили снимки астероида Географ.

Работы пулковских и чилийских астрономов уже дали первые важные научные результаты. Как известно, составленный в Гейдельберге (ФРГ) четвертый фундаментальный



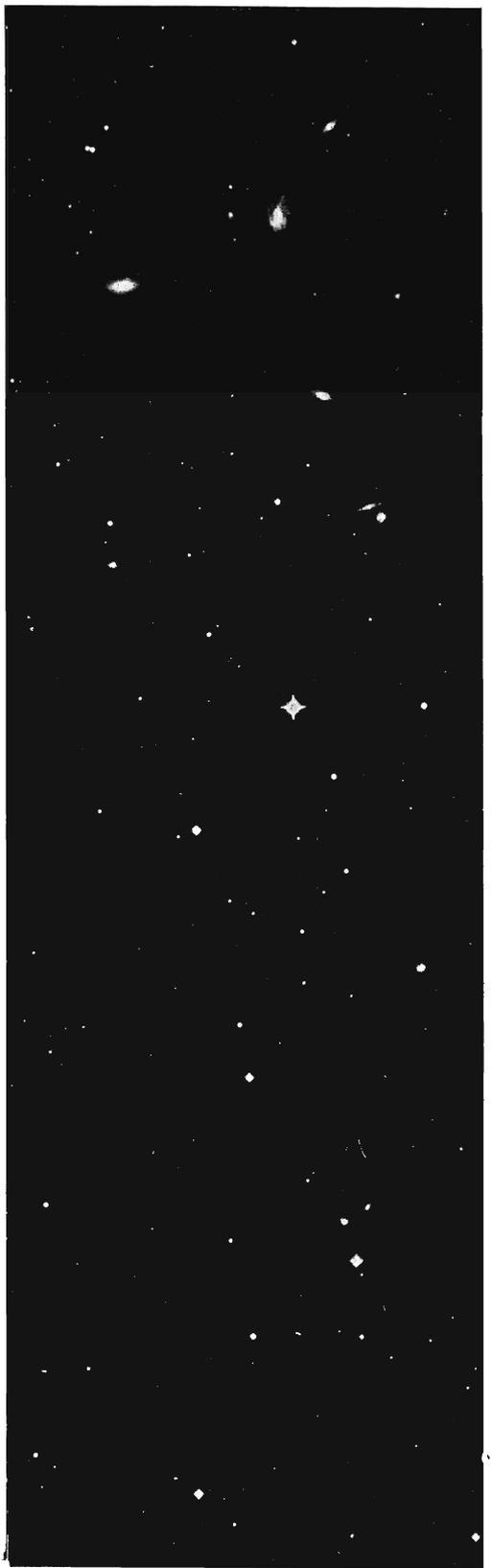
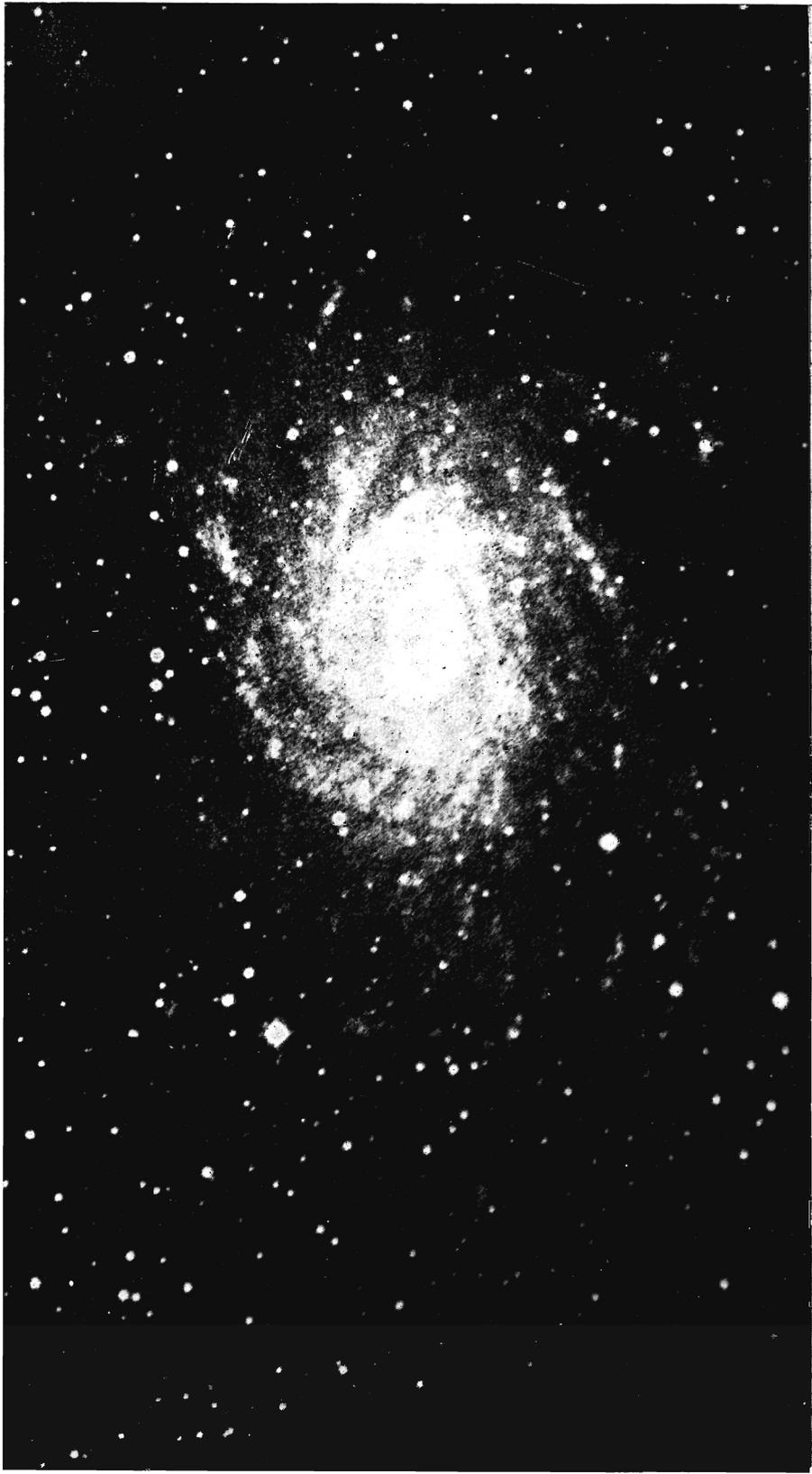
каталог закрепил на небе систему координат, которой пользуются во всем мире. Наблюдая южные звезды

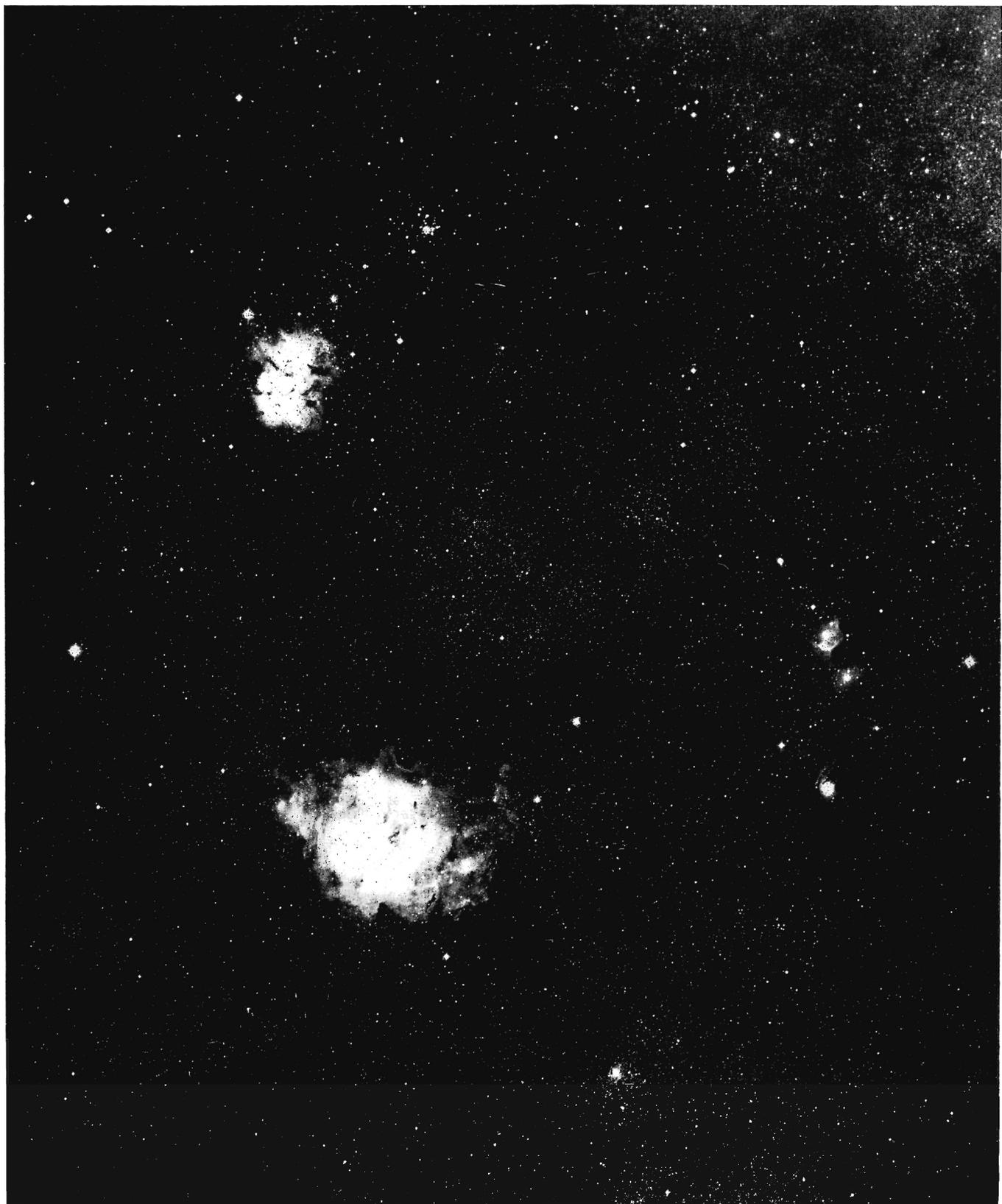
этого каталога, советские и чилийские астрономы обнаружили, что координаты звезд систематически

■  
*К. Торрес и Л. А. Панаиотов у двухмиссового астрографа системы Максудова. Этот замечательный советский инструмент установлен на горе Робле (высота 2200 м) в 90 км от Сантьяго. На телескопе ведутся точнейшие астрометрические наблюдения в южном полушарии. Высокое качество оптики астрографа наглядно демонстрируют превосходные фотографии южного неба, помещенные на нашей вклейке*

Фото С. Альсага

■  
*Спиральная галактика в созвездии Павлина и скопление галактик в созвездии Девы (север — вверху). Советские и чилийские астрономы фотографируют галактики по программе «Каталога слабых звезд». Внегалактические туманности станут теми «неподвижными» реперами, относительно которых будут определяться абсолютные движения звезд, Солнца и самой Земли.*







расходятся с координатами, приведенными в каталоге. Расхождение небольшое, оно не превышает полсекунды дуги. Но такие ошибки недопустимы для фундаментальной системы координат. Они могут вызвать погрешности при расчетах орбит ракет, космических аппаратов и других небесных объектов. Ошибки фундаментального каталога, выявленные чилийской экспедицией, теперь подтверждены наблюдениями других обсерваторий.

#### ПЕРСПЕКТИВЫ АСТРОМЕТРИИ

За последние годы установлено, что система четвертого фундаментального каталога требует небольших поправок и для северного неба. Поэтому стало актуальным построение нового фундаментального каталога. Эта работа уже начата Астрономическим вычислительным институтом в Гейдельберге.

С проблемой улучшения фундаментальной системы координат связан и вопрос о сводной обработке всех наблюдений опорных слабых звезд южного неба. Большинство обсерваторий эти наблюдения уже закончили. Составление сводного каталога поручено Пулковской и Вашингтонской обсерваториям. Для советской астрономии этот каталог опорных слабых звезд южного неба вместе с аналогичным каталогом северного неба будет первым вариан-

том «Каталога слабых звезд». Конечно, потребуется еще вывести собственные движения звезд, сравнив новые данные с результатами наблюдений за прошлые десятилетия. Завершится создание «Каталога слабых звезд» объединением результатов меридианных наблюдений звезд и фотографирования площадок с галактиками и построением принципиально новой инерциальной системы координат, не связанной с нашей Галактикой. Но это можно сделать лишь через несколько десятилетий!

Сотрудничество советских и чилийских астрономистов рассчитано на длительный срок. Кроме основной проблемы — построения системы небесных координат и наблюдений опорных слабых звезд — в фундаментальной астрометрии имеются и другие актуальные задачи. Для их решения требуется участие обсерваторий обоих полушарий Земли. В обсерватории Серро-Калан уже ведутся меридианные наблюдения всех ярких звезд неба, а также двойных звезд, фотографические наблюдения которых затруднительны из-за слияния изображений компонент на снимках. Планируются еще специальные ряды наблюдений фундаментальных слабых звезд вместе с яркими для более тесной связи будущего «Каталога слабых звезд» и системы ярких звезд.

Немало интересных исследований по фотографической астрометрии намечается провести на чилийском нормальном астрографе и, особенно, на светосильном телескопе Максудова. Предполагается изучение движений различных уникальных объектов в Солнечной системе, в нашей

Галактике и за ее пределами. Уже начаты фотографические наблюдения квазаров — мощных источников радиоизлучения весьма малых угловых размеров. За последние годы разработан и успешно применен метод абсолютного определения экваториальных координат точечных радиоисточников посредством их наблюдения с глобальными радиointерферометрами, имеющими базы от сотен до нескольких тысяч километров. Теоретическая точность этих наблюдений на 3—4 порядка превышает точность оптических угловых измерений. Систематические измерения положения многих квазаров дадут возможность в будущем построить независимую систему небесных координат, которая должна быть в высокой степени инерциальной, поскольку квазары, — вероятно, далекие внегалактические объекты. А фотографические наблюдения квазаров позволят связать эту систему координат с фундаментальным звездным каталогом и с системой, опирающейся на положения галактик. Большинство квазаров — слабее 16-й звездной величины, поэтому их фотографирование возможно лишь с мощным телескопом — таким, как астрограф Максудова.

Лет через пятнадцать, к 25-летию коллективных работ пулковских и чилийских астрономов, подойдет время для повторения всех основных рядов меридианных и фотографических наблюдений, чтобы уточнить систему координат и исследовать собственные движения звезд. Это уже будет задачей следующего поколения астрономистов!

■  
*«Тройная» туманность в созвездии Стрельца (север — вверху). Она удалена от нас на 670 пс. В этой же области неба находится и центр нашей звездной системы*





Сергей Смирнов

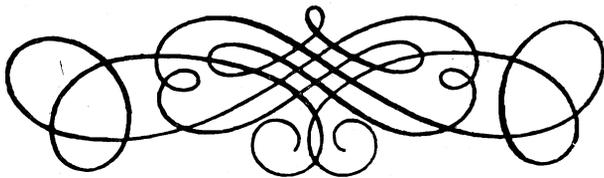
## В САМОЙ ДАЛЕКОЙ СТРАНЕ

Я думал, что темная тишина ночных обсерваторий, космический покой черного неба с сонно мерцающими звездами должны вырабатывать в астрономах характер глубоко философский, несколько меланхоличный, что они, по большей части, люди немногословные, молчаливые и величественно спокойные. Большой, высокий, с густой седеющей шевелюрой Зверев, наоборот, производил впечатление человека радостно-шумного, он словно непрерывно излучал мощные потоки веселой энергии, и глаза его светились жадным интересом ко всему, что его окружало.

Когда мы как-то вечером приехали в гости к астрономам на высокий холм у окраины Сантьяго, где стоят несколько куполообразных зданий обсерватории, Зверев с одинаковым энтузиазмом показывал нам через телескоп двойную звезду Альфа в созвездии Центавра, заставлял любоваться красивой панорамой светящегося города, раскинувшегося внизу, и демонстрировал какие-то удивительных форм водоросли, собранные им на океанском берегу. А когда его попросили сыграть, он сразу, не заставляя упрашивать себя, с готовностью сел за пианино, и мы в удивлении раскрыли глаза — так исполнил он своего любимого Скрябина.

Дело в том, что Зверев не только известный астроном, но и блестящий пианист. В свое время окончил консерваторию, но, видимо, астрономия оказалась сильнее музыки и перетянула его к себе. Однако, оставшись в музыке лишь любителем, он вполне сохранил профессиональное мастерство...

Должен признаться, что буду в затруднении, если меня спросят, каким я больше запомнил Митрофана Степановича Зверева: в полутемной обсерватории у телескопа, где он увлеченно рассказывал биографии звезд, или в ярко освещенной комнате около пианино? Казалось, одно нерасторжимо связано с другим не только личностью этого человека, но и чем-то еще, словно сказочное ощущение иных миров и величия Вселенной, которое мы только что испытывали, глядя на звезды, теперь возвращалось к нам в ином качестве, выраженное в созвучиях скрябинских этюдов.



Михаил Дудин

## НА КРАЮ СВЕТА

### Астроном Зверев играет в обсерватории Сантьяго Скрябина...

Далековато  
До Пулковских звезд.  
Срезает экватор  
Медведицы хвост,  
Над кроною лавра  
Квохтанье дрозда.  
И альфа Центавра —  
Двойная звезда.  
Луч света, как шпага,  
Сквозь линзу — в глаз.  
А снизу Сантьяго  
В огнях напоказ.  
И сумрак — золою.  
И в сумраке гром.  
Меж звезд и землею  
Живет астроном.  
Еще не открыты  
Моря и миры,  
Пути и орбиты  
Вселенской игры.  
Разумная мера,  
Безмерная даль.  
Небесная сфера  
И черный роуаль.  
Чем душу одаришь,  
Восторгом дыша?  
И — Скрябина с клавиш  
Слетает душа.  
В гармонию бездны  
И хаоса спор.  
Планет и созвездий  
Идет разговор.  
Где лед и горенье  
Грозят тупиком,  
Где в каждом мгновении  
Свой рубикон,  
Где мысли означен  
Свой путь и разбег,  
Ликует и плачет  
Меж звезд человек.  
Усталые руки  
И прорванный круг,  
И в радугу звуки  
Сливаются вдруг.



Доктор физико-математических наук  
Г. Б. ЖДАНОВ

## Поиски трансуранов во Вселенной

### ОБОЛОЧКИ В АТОМАХ И ЯДРАХ

Известно, что число протонов в атомных ядрах равно числу электронов в атомных оболочках. Поэтому атом в целом нейтрален.

Самые инертные атомы — это атомы, у которых заполнены все оболочки, содержащие 2, 8, 18 и 32 электронов. Ядро атома характеризуется не только своим электрическим полем, но также очень глубокой и резко ограниченной потенциальной «ямой» поля ядерных сил. Устойчивые состояния протонов и нейтронов в этой «яме» могут быть подразделены на группы с близкими энергиями — на оболочки, подобные электронным оболочкам атома. У наиболее устойчивых ядер протонные и нейтронные оболочки заполнены 2, 6, 12, 32 и 44 частицами.

Количественной мерой устойчивости ядра служит средняя энергия связи, отнесенная к одному его нуклону. Для расчета этой энергии можно представить себе, что нуклон заперт в «ловушке» или «яме» силового поля остальных частиц. Методами квантовой механики удастся рассчитать группы энергетических уровней нуклонов в такой «яме», называемые  $s$ -,  $p$ -,  $d$ -,  $f$ -... оболочками.

Суммарные числа протонов и нейтронов во всех оболочках, равные 2, 8, 20, 50, 82 и 126, получили название «магических чисел», и именно с этими числами связана, например, особая устойчивая структура сферического ядра основного изотопа свинца, содержащего 82 протона и 126 нейтронов.

Существовавшая ранее капельно-жидкая модель ядра, не учитываю-

**Далеко за ураном могут существовать «острова» почти стабильных ядер химических элементов. Проверить эту гипотезу помогают астрофизика и космические исследования**

щая оболочечных эффектов, оказалась слишком плохим приближением к действительности. Первые попытки строго учесть оболочечные эффекты в тяжелых ядрах, сделанные в 1967—1968 годах советским теоретиком В. М. Струтинским, получили дальнейшее развитие в трудах С. Нильссона (Швеция), Ю. А. Муzychки (СССР) и других. В этих работах были получены неожиданные прогнозы устойчивости трансурановых ядер. Не следует переоценивать точность расчетов — в абсолютных оценках могут быть ошибки до 5—6 порядков величины. Однако качественный итог весьма оптимистичен и дает основания полагать, что начиная с элемента № 105 или 106 общий спад продолжительности жизни, характерный для капельного жидкого ядра, может смениться столь же уверенным ростом (и даже весьма сильным), а в районе элемента № 114 при 184 «магических» нейтронах можно ожидать появления «острова стабильности», то есть астрономических масштабов «долголетия» элементов, исчисляемого миллионами лет.

Второй гипотетический «островок» стабильности ожидается при числе протонов и заряде ядра  $Z = 126$ , но в этом случае можно рассчитывать на продолжительность жизни, исчисляемую минутами, в лучшем случае — часами.

### КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ПОИСК ТРАНСУРАНОВ

Наше Солнце (к счастью для человеческой цивилизации) — уравновешенная и спокойная звезда обширного галактического семейства. Правда, источник огромной мощности его излучения (порядка 100 000 квт с каждого квадратного метра поверхности) — это бушующие в недрах Солнца термоядерные процессы синтеза легких элементов, но температура в этом «котле», по звездным масштабам, весьма умеренна — «всего лишь» около 15 000 000°. Хорошо известно, что в Галактике существуют и гораздо более «экстравагантные» звезды — Сверхновые, которые на определенной стадии своего развития испытывают чудовищный взрыв. Огромная плотность нейтронного облучения, возникающая при таком взрыве, создает уникальные возможности для синтеза самых тяжелых элементов в процессе почти непрерывного нейтронного захвата. Специфичность этого процесса (он получил у астрофизиков специальное название « $r$ -процесс» от английского слова rapid — быстрый) состоит в том, что средний промежуток времени между двумя последовательными нейтронными захватами мал. Он исчисляется немногими секундами. За это время ядра, последовательно захватывающие все больше и больше нейтронов, не успевают подвергнуться  $\beta$ -распаду.

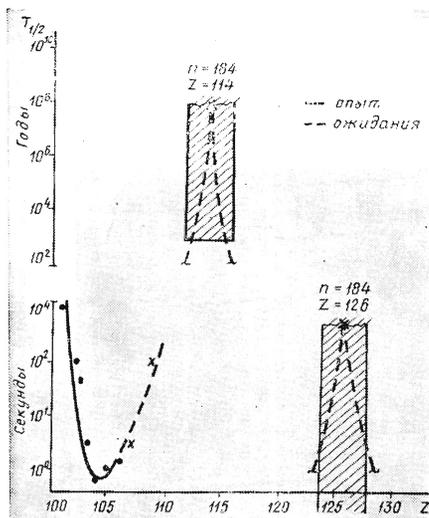
Взрывы Сверхновых звезд в нашей Галактике интересны еще и тем, что они могут как бы «подкачать» общий поток космических лучей — частиц со средними энергиями порядка нескольких миллиардов электрон-

вольт. Все это позволяет объяснить значение тех опытов, которые были начаты в 1966 году известным английским физиком П. Фаулером. Большие количества ядерной эмульсии поднимали в стратосферу на баллонах огромных объемов (до сотен тысяч кубических метров) и экспонировали там около двух суток. Кропотливая обработка данных второго полета привела к уникальному наблюдению следа самого тяжелого в природе атомного ядра. По первой оценке Фаулера, заряд ядра составлял около 110, по дальнейшим, более осторожным подсчетам, он равнялся  $104 \pm 3$ . Правда, с некоторой, не столь уже малой вероятностью заряд мог оказаться равным 96 и даже 90...

Наиболее вероятная оценка заряда исходит из того, что магнитное поле Земли на широте наблюдений (около  $43^\circ$  с. ш.), как правило, не пропускает космические частицы со скоростью ниже  $0,92$  с (с — скорость света). Однако при некоторых направлениях прихода возможен «проскок» и бо-

**График экспериментальных и расчетных данных о времени полураспада трансурановых элементов. Кривые показывают прогнозируемую устойчивость трансурановых ядер. Заштрихованные прямоугольники — нижняя часть области возможных ошибок расчета;  $n$  — число нейтронов,  $Z$  — число протонов**

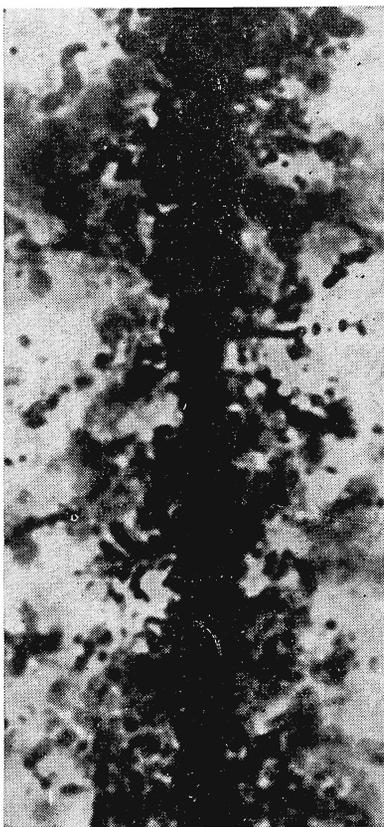
**Микрофотография типичного следа тяжелого ядра в ядерной фотоэмульсии. С некоторым допущением можно считать, что средняя ширина следа прямо пропорциональна заряду ядра и обратно пропорциональна его скорости**



лее медленных частиц. Так возникает конечная вероятность завышения заряда на 10 и даже 15%.

Фаулер и его сотрудники в дальнейшем еще раз наблюдали ядро с зарядом около 105. В то же время работы на ускорителях показали с очевидностью, что вблизи номера 105 мало-мальски устойчивых элементов нет. Возраст же космических лучей никак нельзя считать менее 1 млн. лет. Поэтому исследователи должны были либо признать, что оба раза им очень не повезло — попалось медленное ядро урана (а может быть, плутония или кюрия), — либо согласиться с тем, что они нащупали заветный «остров стабильности» с зарядом около 110.

Уже после первых запусков аппаратуры на стратостатах стало ясно, что нельзя полагаться только на показания фотоэмульсий в таком ответственном эксперименте. Исследователи привлекли дополнительный метод, основанный на применении диэлектрических трековых детекторов. Общий принцип действия таких детекторов состоит в том, что прохождение тяжелого и достаточно быстрого ядра часто вызывает необратимые микроскопические изменения физико-химических свойств детектора. Изменения связаны либо со смещением атомов из узлов кристаллической решетки, либо с разрушением связей полимерных молекул. Эти дефекты можно увидеть в микроскоп, если поверхность детектора в течение многих часов протравливать раствором подогретой щелочи. Хорошей количественной мерой заряда ядра может явиться продольная скорость травления канала или полная длина

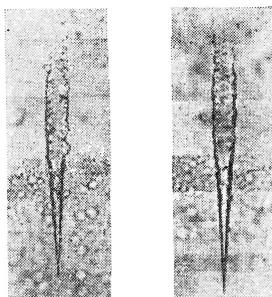
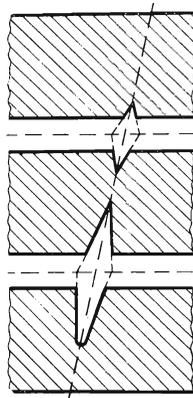


того участка следа, на котором радиационный эффект ядра оказывается выше порога необратимого изменения структуры вещества.

В настоящее время физики испробовали уже много разных детекторов ядер, начиная с самых чувствительных — в виде нитрата целлюлозы — и кончая малочувствительными — типа слюды (мусковита), а также пироксена, оливина и прочих, входящих в состав метеоритного вещества. Все детекторы можно расположить в некоторый ряд с постепенно повышающимся порогом для регистрации все более тяжелых или все более медленных ядер.

Основные результаты исследований, проведенных в последние годы Фаулером и американскими физиками (П. Прайс, Р. Уолкер, Р. Флайшер и другие), показывают, что состав тяжелой компоненты космических лучей повторяет состав вещества в пределах периодической таблицы Менделеева. И лишь за пределами стабильных (или почти стабильных) элементов космические лучи выявляют пока еще не вполне надежные следы сверхтяжелых элементов, которых ранее почти не обнаруживали исследования земного или метеоритного вещества и астрофизические наблюдения.

Последнее обстоятельство позволяет сделать по крайней мере один очень важный для дальнейших исследований вывод. Экспериментаторам нужны детекторы большой площади (около  $10 \text{ м}^2$ ), большого веса (приблизительно  $100 \text{ кг}$ ) и с большой экспозицией (порядка месяца). Детекторы следует располагать у границы земной атмосферы, а еще лучше —



за ее пределами. Большие экспозиции влекут за собой и возрастание роли диэлектрических детекторов, поскольку именно они нечувствительны к тому фону, который создают все ядра космического излучения с зарядами ниже заданного.

Особый интерес представляет изучение детального состава наиболее тяжелых ядер, начиная примерно с элемента № 65 или даже с № 70. Работы П. Фаулера и других исследователей позволяют предположить, что элементы с атомными номерами 76—78 (осмий, иридий, платина) появились на свет в качестве осколков при делении каких-то сверхтяжелых ядер, имеющих атомный вес до 350 и возникших в результате  $r$ -процесса. Сначала, вероятно, происходили серии нейтронных захватов, а за-

*Схема травления и микрофотография протравленного канала в прозрачном диэлектрическом детекторе тяжелых ядер*

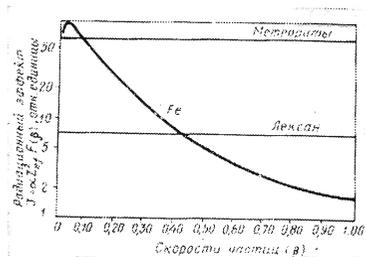
тем — серии  $\beta$ -распадов и, наконец, — завершающий процесс деления. Важным аргументом в пользу того, что синтез самых тяжелых элементов в источниках космических лучей протекал как быстрый, а не как медленный нейтронный захват, служит относительно низкая распространенность свинца ( $Z = 82$ ).

Исключительная разреженность потока самых тяжелых ядер в космических лучах крайне затрудняет исследование. Однако именно опыты с космическим излучением оказались хронологически первыми во все нарастающем каскаде экспериментального «штурма» проблемы квазистабильных трансурановых элементов. Это и не удивительно, ведь космические лучи — один из наиболее прямых «мостиков» к самым «горячим цехам» синтеза элементов во Вселенной, протекавшего к тому же «всего» несколько миллионов лет назад, то есть, по астрономическим масштабам, совсем недавно.

#### ТРУДНЫЕ ПУТИ К ОТКРЫТИЮ

Итак, теоретические расчеты дают основание предполагать, что существуют «острова» стабильности сверхтяжелых элементов в области атомных номеров 114—120. Элементы с периодом полураспада порядка сотни миллионов лет и более могли сохраниться на Земле с момента ее образования как небесного тела. Спрашивается, где следует искать эти «реликтовые» трансураны?

В 1968 году группа американских физиков из Радиационной лаборатории имени Лоуренса (Калифорния) предположила, что неизвестный эле-



мент имеет номер 110 и поэтому должен быть химическим аналогом платины. Из платины они изготовили тонкую фольгу, проложили ее между двумя полупроводниковыми счетчиками тяжелых частиц и такой «сэндвич» поместили в ядерный реактор. Реактор обеспечивал нейтронное облучение интенсивностью  $10^{11}$  нейтронов на  $1 \text{ см}^2$  в секунду. Полупроводниковые счетчики были включены так, что они не просто регистрировали осколки делящихся ядер, но измеряли энергии этих осколков. Опыт показал, что осколки действительно появляются, но их энергия в подавляющем большинстве ниже 215 Мэв.

Согласно расчетам, ожидаемый элемент в 50% случаев должен делиться, выбрасывая осколки с энергией более 215 Мэв. В контрольных опытах удалось выяснить, что наблюдаемый эффект обусловлен в основном ничтожной примесью (около 1 мкг) урана-235 на тонну платины, а также слабым загрязнением самих счетчиков калифорнием-252. Окончательная оценка верхнего предела содержания эка-платины (элемент № 110), то есть элемента, по своим химическим свойствам похожего на платину, привела к величине 6 мкг на тонну платиновой руды.

Возникает вопрос, почему этот поиск надо производить именно в платиновых рудах, а не в свинцовых? Ведь искомый элемент, по оценкам теоретиков, скорее имеет номер 114, а следовательно, должен быть эка-свинцом (в таблице Менделеева свинец находится на четыре клетки выше платины), эка-ртуть (с номером 112) тоже исключить нельзя. Такие соображения привели группу совет-

ских физиков в Дубне, возглавляемую академиком Г. Н. Флеровым, к началу трехлетней «охоты» за эка-свинцом.

Первый опыт был крайне прост. Большой кусок свинцовой фольги (общей площадью несколько квадратных метров) был обернут двумя тонкими слоями лавсана и положен на три месяца глубоко под землю, чтобы исключить вынужденное деление ядер свинца нейтронами космического излучения. К радости ученых, эффект оказался положительным, он составлял приблизительно одно деление на грамм свинца в год (примерно в 10 раз меньше того, что вызывают космические лучи на уровне моря). Это лишь с большим трудом можно было объяснить «паразитным» эффектом, который связан с трехступенчатой сборкой и транспортировкой аппаратуры из лабораторного здания в подземное помещение.

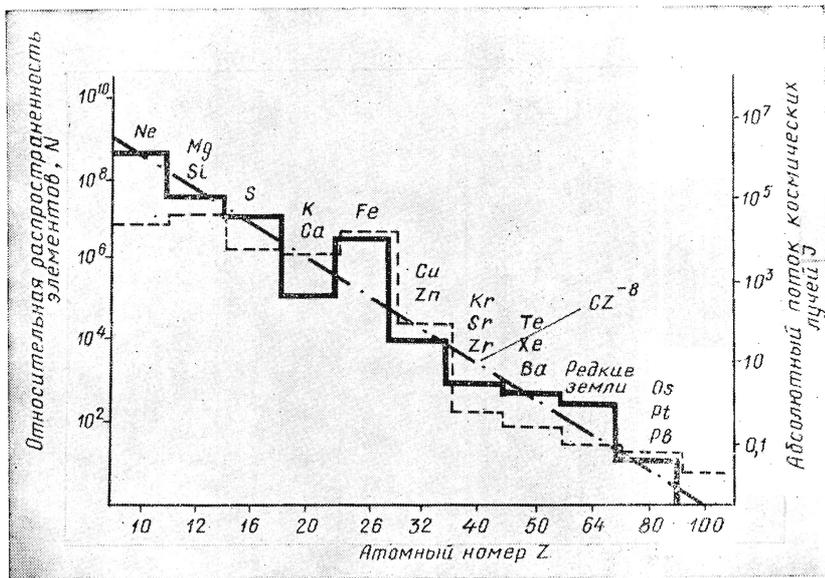
Окрыленные первым успехом, дубненские физики перешли к следующему этапу исследований. Они решили отказаться от специальной трехмесячной экспозиции и воспользоваться готовым материалом с экспозицией, примерно в 300 раз более длительной. Для этого надо было только раздобыть старинные предметы (по крайней мере XIX века) — зеркала и хрусталь. Дело в том, что в старину зеркала делались на основе ртутной амальгамы (вспомним про

*Радиационный эффект, вызываемый ядрами железа различной скорости. Две горизонтальными линиями показаны пороговые (достаточные для получения видимого канала) значения эффекта в лексановом детекторе и метеоритном веществе*

эка-ртуть!), а хрустальные стекла обаяны своей тяжестью примеси свинцовых соединений. Стекло в обоих случаях играло роль простейшего природного диэлектрического детектора, регистрирующего следы осколков деления.

Результат снова оказался обнадеживающим, хотя и не всегда одинаковым, — на уровне от 2 до 10 делений в расчете на каждый грамм свинца за год. Последовали новые серии контрольных экспериментов. В одной из них вещество тех же свинцовых стекол помещалось в огромные пропорциональные счетчики деления; в другой серии использовались нейтронные гелиевые счетчики, отмечающие одновременный вылет нескольких нейтронов после каждого деления. Пропорциональные счетчики осколков в наземной лаборатории снова дали положительный эффект (2—4 деления на грамм свинца в год), а нейтронные счетчики, работавшие на глубине 400 м под землей, ожидаемого эффекта не принесли. В конце концов авторы пришли к выводу, что причиной наблюдаемых явлений было скорее всего деление ядер обычного свинца быстрыми нейтронами космических лучей с энергиями 50—200 Мэв.

Между тем в общем штурме трансурановой проблемы наметилось еще одно направление, связанное с исследованием метеоритного вещества. Метеоритная эпопея началась в 1969 году, когда Е. Андерс и Д. Хейман опубликовали статью с детальным анализом изотопного состава ксенона в метеоритах хондритового типа. Именно такие метеориты считаются носителями самого старого,



еще не подвергшегося трансформациям вещества Солнечной системы. Ряд нетривиальных фактов, в частности, anomalно высокое содержание ксенона-136, а также корреляция между содержанием изотопа ксенона-132 и ртути привели авторов к выводу, что часть исследуемого ксенона была продуктом деления неизвестного трансуранового элемента с номером от 112 до 119.

В 1971 году группа индийских физиков во главе с Д. Лалом произвела очень детальный анализ пироксенов и полевых шпатов, добытых из трех метеоритов, а также из лунных образ-

**Распространенность химических элементов в Солнечной системе (сплошная линия) и состав космических лучей (пунктир) по данным различных авторов. Распространенность  $I$  и состав в общих чертах выражаются одним и тем же законом  $I \sim Z^{-8}$  ( $Z$  — атомный номер элемента). На левой оси отложены значения потоков космических лучей в абсолютных единицах (на  $1 \text{ м}^2$  за сутки в телесном угле  $1 \text{ стерад}$ ), на правой оси — относительные распространенности химических элементов. Масштаб по всем шкалам логарифмический**

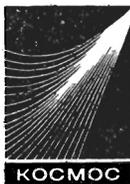
цов, привезенных экспедициями космических кораблей «Аполлон-11 и -12». Оказалось, что в пироксене на 1600 изученных следов по крайней мере 340 были anomalно длинными (в 1,5—2 раза длиннее следов ядер железа). Такой результат можно было приписать воздействию осколков деления каких-то трансурановых ядер с зарядами от 114 до 126. Концентрация предполагаемых трансуранов, правда, имела довольно большой разброс, но была в среднем на том же уровне, что и концентрация урана и плутония. К сожалению, опыты индийских ученых были ошибочными.

В 1969 году начались чисто астрономические исследования, связанные с детальным изучением спектральных линий пекулярных (особых) звезд. Подробный анализ этих наблюдений был сделан в начале 1972 года астрофизиком Б. Гатри (Эдинбург, Великобритания). Его рассуждения в общих чертах сводятся к следующему. Некоторые переменные звезды, в частности звезда 73 Дракона и звезда HR 4072, считаются компонентами систем, состоящих из двух близких звезд. Вторые компоненты этих би-

нарных систем — Сверхновые II типа. Наиболее интересная особенность их спектров относится к интервалу элементов периодической системы с номерами от 74 до 83 и заключается в anomalно высокой интенсивности линий ртути (№ 80), платины (№ 78) и осмия (№ 76) при низкой интенсивности линий свинца (№ 82). Это распределение элементов, которое очень напоминает состав космических лучей, полученный П. Фаулером по фотоэмульсионным данным, опять-таки может объясняться синтезом сверхтяжелых трансурановых элементов в процессе быстрого нейтронного захвата при взрывах Сверхновых.

Пекулярные звезды, находясь по соседству со Сверхновыми, служат как бы аккумулятором, накапливающим продукты синтеза трансуранов и продуктов их деления непосредственно после взрыва. При этом космические лучи могут эффективно ускоряться только после превращения Сверхновой в нейтронную звезду, когда выброс вещества и радиации в значительной мере прекратился. Поэтому новые сведения о химическом составе пекулярных звезд и космических лучей хорошо дополняют друг друга.

Итак, мы убедились, что исследования с каждым годом расширяются и углубляются. Оснований и для оптимизма, и для пессимизма в оценке перспективы вполне достаточно. Можно надеяться, что в ближайшее десятилетие совместными усилиями ученых разных стран и разных специальностей фундаментальная проблема устойчивости далеких трансуранов будет окончательно решена.



Кандидат физико-математических наук  
А. Ф. ТИТЕНКОВ  
Л. А. ВЕДЕШИН

## Космические лучи высоких энергий

### КАК ИССЛЕДУЮТ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

В изучении космических лучей выделяют два основных аспекта — ядернофизический и астрофизический. Максимальные энергии частиц первичных космических лучей достигают  $10^{21}$  эв и, возможно, несколько больше. Их энергия в десятки миллиардов раз превосходит энергию, получаемую сейчас на самом мощном ускорителе. Энергии одной такой частицы достаточно для того, чтобы нагреть 1 г воды от 0 до  $40^\circ\text{C}$ . А энергии 1 г таких частиц (например, протонов) могло бы с избытком хватить на то, чтобы растопить весь лед Антарктиды и Гренландии, затем нагреть образовавшуюся воду до  $+100^\circ\text{C}$  и испарить без остатка... Когда физики посылают свою аппаратуру за пределы атмосферы, они как бы устанавливают ее в поток разогнанных до огромных скоростей первичных космических частиц.

Изучение космических лучей позволяет определить параметры ядерных взаимодействий при высоких энергиях и зависимость этих параметров от величины энергии.

Большинство частиц космических лучей, попадая в атмосферу Земли и многократно взаимодействуя с ядрами атомов атмосферы, образует вторичные частицы, которые в свою очередь, взаимодействуя с ядрами атмосферы, вызывают новый каскад частиц. Происходит как бы лавинообразное нарастание потока вторичных частиц в атмосфере. На поверхность Земли в основном попадают вторичные частицы, неоднородные по своему составу и уже существенно

**Ученые стран социалистического содружества создали и вывели в космос уникальную аппаратуру, позволяющую наблюдать взаимодействия космических частиц сверхвысоких энергий с веществом**

меньших энергий. Количество же первичных частиц, прошедших без взаимодействия до уровня Мирового океана, составляет лишь тысячные доли процента. Интенсивность частиц высоких энергий невелика и резко падает при увеличении энергии.

В несколько десятков раз большие интенсивности первичных космических лучей наблюдаются уже на высоте 3—4 км, и физики «в погоне» за этими интенсивностями поднимают аппаратуру в горы. Высокогорные станции есть в СССР на Тянь-Шане, Кавказе, в Японии на горе Норикура, в Боливии на горе Чаколтая и в некоторых других странах. Но сооружение высокогорных станций — это не радикальная мера, так как толщина атмосферы над ними все же слишком большая и состав радиации на уровне станции по-прежнему сложный, а доля первичных частиц весьма мала.

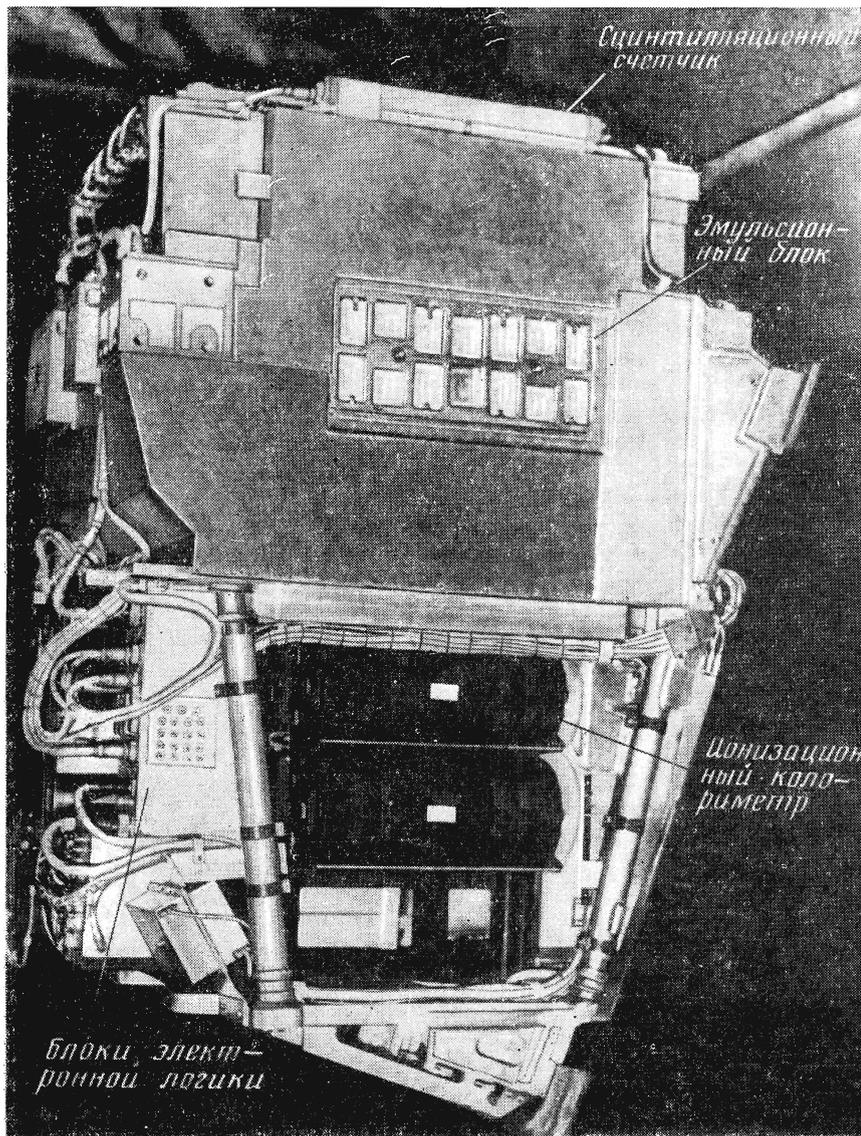
Изучение частиц высокой энергии, возникающих в земной атмосфере, в принципе, позволяет выявить ряд важных особенностей процесса взаимодействия частиц очень высокой энергии.

Структура лавин вторичных частиц в атмосфере (широкие атмосферные ливни) в настоящее время довольно хорошо изучена, хотя и здесь еще не все достаточно ясно. Как взаимодействуют первичные частицы высоких и

сверхвысоких энергий с ядрами атомов атмосферы? Каковы процессы рождения вторичных частиц? Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо знать энергетический спектр первичных космических лучей (зависимость интенсивности космических лучей от энергии) и их химический состав. Любая концепция, объясняющая структуру широких атмосферных ливней в зависимости от параметров ядерных взаимодействий, неизбежно использует упомянутые важнейшие характеристики. Столь же важен, например, коэффициент неупругости, который определяет долю энергии, передаваемой первичной частицей для рождения вторичных. К числу необходимых параметров относится также сечение неупругого взаимодействия, или вероятность взаимодействия первичных частиц с атомными ядрами атмосферы (при возникновении вторичных частиц). Эти параметры могут меняться в зависимости от величины энергии.

Сведения о спектре первичных космических лучей высоких энергий, полученные наземными средствами, оказывались весьма приблизительными. Данные разных авторов резко расходились.

Говоря о спектре и химическом составе космических лучей, мы уже перешли ко второму аспекту изучения космической радиации — к астрофизическому. Как видно, эти аспекты тесно переплетаются. Космические лучи — одна из важнейших компонент Галактики. Ясно, что изучение различных характеристик космических лучей, в частности, энергетического спектра и химического состава в области высоких энергий, имеет



принципиальное значение. Очевидно, что эти параметры должны измеряться за пределами атмосферы. Только спутники и ракеты позволяют надежно, прямым методом получать сведения о природе и происхождении космических лучей.

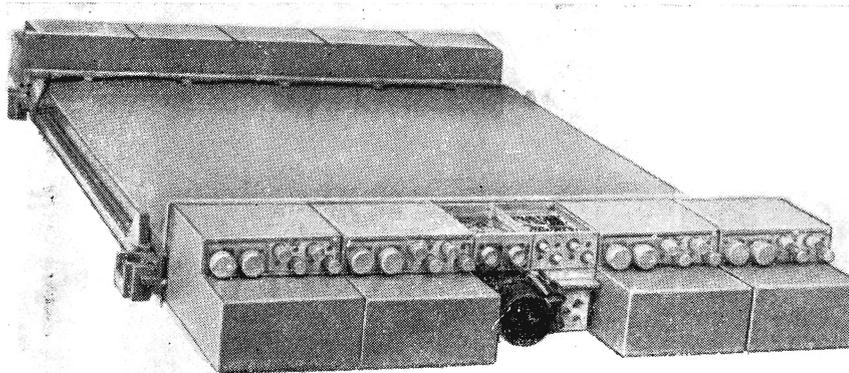
Первые заатмосферные эксперименты такого рода были проведены на советских тяжелых исследовательских спутниках серии «Протон». С большой точностью удалось измерить спектр первичного космического излучения в широком диапазоне энергий от  $5 \cdot 10^{10}$  до  $10^{15}$  эв и определить химический состав космических лучей при умеренных энергиях. На «Протонах» измерялись также эффективные сечения неупругого взаимодействия протонов высоких энергий с ядрами углерода и водорода, а также энергетические спектры протонов и альфа-частиц.

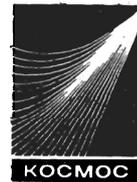
#### КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ЗАГАДКИ КОСМОСА

Много неожиданностей таит в себе космос. Уже первые запуски искусственных спутников Земли привели к открытию радиационных поясов Земли. Интенсивность потоков заряженных частиц в областях радиационных поясов в миллионы раз превышает интенсивность космических лучей. Еще раньше, когда осуществлялись

**■** Внешний вид прибора БФБ — С, предназначенного для изучения ядерных взаимодействий при высоких энергиях и для исследования космического излучения высоких энергий

Сцинтилляционный счетчик заряженных частиц, установленный в верхней части прибора БФБ — С





первые полеты научной аппаратуры на баллонах к границе атмосферы, выяснилось, что ядер лития, бериллия и бора в химическом составе первичных космических лучей в сотни тысяч раз больше, чем в небесных телах. Физики полагают, что эти ядра образовались в результате взаимодействия более тяжелых химических элементов с межзвездной плазмой. Но, может быть, такой состав космических лучей отражает соотношение элементов в прошлом? Ведь средний возраст идущих к нам частиц космических лучей, по расчетам, равен примерно нескольким десяткам миллионов лет. Нельзя ли предположить, что литий, бериллий и бор, которые успели «выгореть» в недрах звезд (поскольку они — основное ядерное топливо термоядерного процесса), были раньше более распространены во Вселенной? Нельзя ли представить, что в потоках космических лучей эти легкие ядра сохранились, подобно тому как на Земле и в Мировом океане встречаются растения и живые организмы, в большинстве своем исчезнувшие к началу нашей геологической эпохи?

С другой стороны, космические лучи по сравнению с окружающей нас природой значительно богаче тяжелыми и сверхтяжелыми ядрами. Например, ядер золота, олова, урана в потоке частиц, блуждающих в нашей Галактике, примерно в 30 раз больше, чем на Солнце, в звездах и межзвездном газе. А в последнее время получены данные, указывающие на возможное присутствие в космических лучах ядер трансурановых элементов. Подобные парадоксы сейчас занимают физиков многих стран.

Спутники «Протон» обнаружили рост сечения неупругого взаимодействия протонов с ядрами углерода в интервале энергий  $10^{11}$ — $10^{12}$  эв. Были получены также данные о резком падении интенсивности протонов (по сравнению с более тяжелыми ядрами) при энергиях, больших  $10^{12}$  эв. Однако открытия требовали новых подтверждений.

В 1967 году ученые шести социалистических стран начали готовить программу совместного изучения космического пространства. Был предложен эксперимент, который логически продолжал исследования, выполненные спутниками «Протон». Предварительно специалисты Венгрии, Монголии, Польши, Румынии, Советского Союза и Чехословакии приобрели необходимый опыт, исследуя фотоэмульсию, доставленную на околоземные орбиты спутниками серии «Космос» и возвращенную обратно на Землю. Ученым удалось определить оптимальную продолжительность облучения эмульсии, получить представление об уровне фона, создаваемого радиационными поясами и космическими лучами малой энергии. Были выработаны рекомендации для предстоящего эксперимента на «Интеркосмос-6». Подготовкой научной программы этого эксперимента занимались ученые Центрального института физических исследований Академии наук Венгрии, Краковского института ядерных исследований, Института атомной физики Академии наук Румынии и Научно-исследовательского института ядерной физики Московского университета. Следует отметить участие Института физики и математики Монгольской Академии

наук. Весомый вклад в общую работу внесли молодые ученые Института экспериментальной физики Словацкой Академии наук.

#### «ИНТЕРКОСМОС-6» В РАБОТЕ

7 апреля 1972 года по программе сотрудничества социалистических стран в области исследования космического пространства в Советском Союзе был выведен на орбиту искусственный спутник Земли «Интеркосмос-6». На борту спутника установили комплекс научной аппаратуры под условным названием БФБ—С (большой фотоэмульсионный блок — спутниковый вариант).

Программой научных исследований предусматривалось изучение основных характеристик неупругого взаимодействия первичных протонов и нуклонов, образовавшихся в результате развала тяжелых ядер (энергии  $10^{12}$ — $10^{13}$  эв), с ядрами фотоэмульсий. Требовалось также получить характеристики неупругого взаимодействия сложных ядер космических лучей с ядрами фотоэмульсии, исследовать спектры и состав первичных космических лучей в области энергий  $10^{11}$ — $10^{13}$  эв.

Этот запуск примечателен тем, что после завершения научной программы «Интеркосмос-6» был возвращен на Землю. В распоряжение исследователей наряду с телеметрической информацией поступили экспериментальные материалы из космоса.

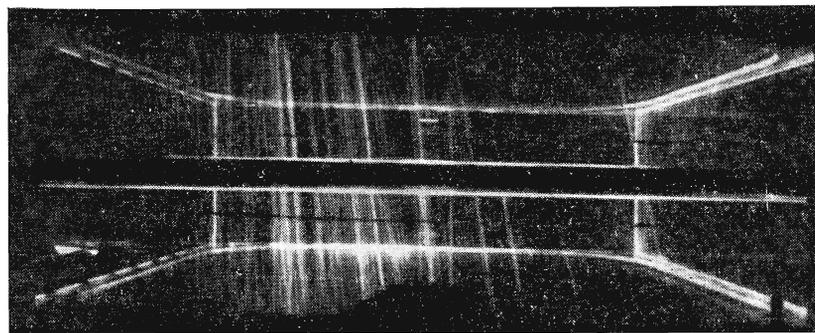
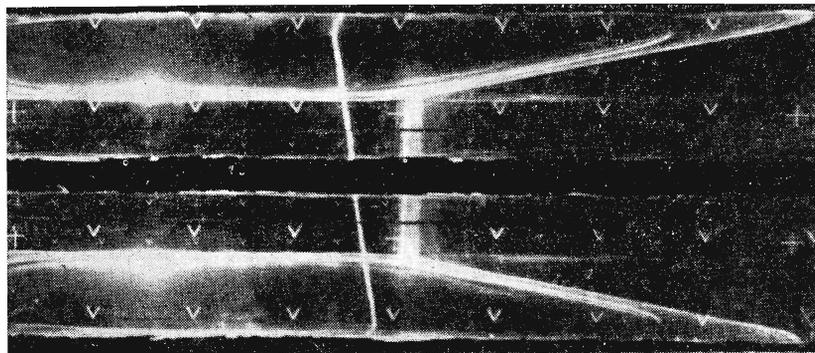
На спутниках «Протон» применялись радиоэлектронные методы регистрации ионизационных и световых эффектов, вызываемых заряженными частицами в системе различных датчиков. Результаты передавались на

Землю телеметрической системой. Этими методами из-за ограниченного числа параметров, передаваемых на Землю, не удавалось всесторонне и детально изучить исследуемые процессы.

Сочетая электронные методы регистрации, искровые камеры и ядерные фотоэмульсии, инженеры и техники разработали уникальную по своим возможностям аппаратуру для спутника «Интеркосмос-6». В комплект научной аппаратуры входили сцинтилляционные счетчики, искровые камеры, ядерные фотоэмульсии и ионизационный калориметр.

Принцип работы сцинтилляционного счетчика сводится к тому, что частица, проходя через сцинтиллятор, вызывает в нем ионизацию, пропорциональную квадрату заряда частицы; в свою очередь, ионизация вещества сцинтиллятора вызывает световую вспышку, пропорциональную ионизации. Эта вспышка преобразуется фотоэлектронными умножителями в импульс тока. По величине импульса тока можно различать либо заряд одиночной частицы, либо, например, количество однозарядных частиц, которые прошли через счетчик.

Когда частица пролетает через искровую камеру, наполненную газом, происходит ионизация газа вдоль пути частицы. Затем почти мгновенно, примерно через одну миллионную долю секунды, на электроды камеры подается импульс высокого напряжения (порядка нескольких десятков киловольт). Вдоль ионизованного следа частицы пробегает искровой пробой газа — стриммер. Фотографируя стриммер стереоустановкой, можно определить координаты следа частицы.



На ядерных фотоэмульсиях получают скрытые изображения следов отдельных заряженных частиц и процессов их взаимодействия, при которых рождаются вторичные заряженные частицы.

Ионизационный калориметр служит для измерения энергии первичной частицы, которая претерпела взаимодействие в эмульсионном блоке или в самом калориметре. Чем больше энергия первичной частицы, тем более мощную лавину вторичных частиц она создает в калориметре, а эта лавина вызывает в сцинтилляторах, проложенных между рядами поглотителя, вспышку, пропорциональную числу частиц в лавине. Световая вспышка преобразуется фотоумножителями в импульс тока, амплитуда которого в конечном итоге пропорциональна энергии первичной частицы.

Вверху — фотография электрического пробоя газа вдоль следа одиночной заряженной частицы; внизу — электрического пробоя газа вдоль следов нескольких частиц (ливня)

Научная аппаратура спутника «Интеркосмос-6» управлялась сложной электронной системой, которая выбирала для регистрации только небольшую долю (примерно одну из сотен тысяч) частиц, прошедших через установку. Данные о работе научной аппаратуры и отдельных детекторов передавались телеметрической системой на Землю для оперативного анализа работы аппаратуры во время полета спутника. На основании этого анализа аппаратура переключалась на разные режимы работы.

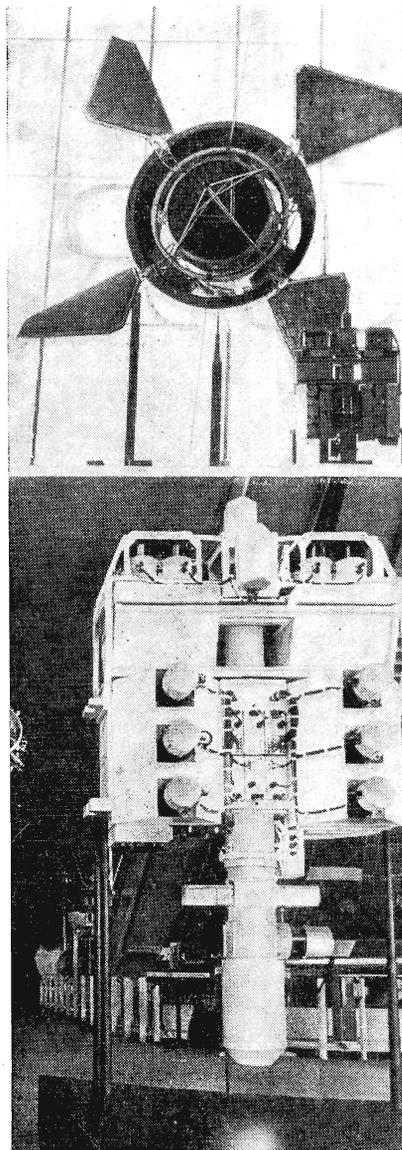
Ядерная фотоэмульсия становится пригодной для просмотра лишь после трудоемкой фотографической обработки. И чтобы разобраться в явлениях, происходящих за время эксперимента, нужно отыскать и отождествить в фотоэмульсиях следы конкретных частиц на фоне миллиарда подобных же следов, оставленных в эмульсионном блоке частицами космических лучей. Для решения этой задачи привлекаются данные искровых камер и других детекторов аппаратуры. Ни фотографическая обра-

ботка эмульсии, ни сложнейшие измерения не могут быть проведены на борту спутника.

Использование ядерных фотоэмульсий предопределило также параметры орбиты спутника и продолжительность эксперимента. Как всякий фотоэмульсионный материал, ядерная фотоэмульсия допускает лишь ограниченную экспозицию. Слишком большая экспозиция приводит к излишнему общему почернению эмульсии под действием проникающей радиации, и тогда эмульсия непригодна для просмотра. Поэтому орбита спутника была выбрана так, чтобы научная аппаратура не подвергалась воздействию частиц, захваченных магнитным полем Земли. Облучение частицами захваченной радиации, не представляющей интереса для данного эксперимента, вызвало бы быстрое почернение эмульсии (засветку). Однако и большой поток первичного космического излучения, основная часть которого приходится на частицы относительно низкой энергии (менее  $10^{11}$  эв), не позволяет применять экспозицию больше 4—5 суток. «Интеркосмос-6» после четырех суток полета был возвращен на Землю.

#### ЭКСПЕРИМЕНТ ПРОДОЛЖАЕТСЯ НА ЗЕМЛЕ

Герметический контейнер с ядерной эмульсией, рентгеновские пленки и фотоматериалы, запечатлевшие следы ядерных взаимодействий, были доставлены в Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского университета, где выполнялись подготовительные работы. В затемненной лаборатории вскрыли кон-



тейнер, извлекли и разделили плотно спрессованные слои фотоэмульсии, нанесли на их поверхность координатную сетку, чтобы удобнее прослежи-

■ *Макет советского тяжелого исследовательского спутника «Протон»*

■ *Научная аппаратура для изучения космических лучей и взаимодействия частиц сверхвысоких энергий*

вать траектории частиц из одного эмульсионного слоя в другой. Затем материал передали в лабораторию высоких энергий Объединенного института ядерных исследований (Дубна) для фотохимической обработки. Программу этой обработки составили посланцы стран-участниц эксперимента. Контроль за качеством проявления выполняли специалисты Польши, Румынии и Чехословакии. Высокое качество проявленной эмульсии свидетельствует о несомненном успехе эксперимента, который проводился впервые за пределами атмосферы.

Вскоре после завершения фотохимической обработки материалов в эмульсии отметили редчайшее событие — взаимодействие первичной частицы космических лучей, энергия которой была около  $10^{15}$  эв (то есть в миллион миллиардов электрон-вольт), с веществом эмульсии. Вероятность регистрации такого взаимодействия спутника, конечно, мала. Однако здесь распорядился «его величество случай». И он оказался счастливым. Сейчас продолжается дальнейший поиск и всесторонний анализ событий, запечатленных в ядерных эмульсиях.

Часть материала передана румынским специалистам, чтобы они по методу польских коллег продолжили исследования. Анализом займутся в Бухаресте венгерские, советские и чехословацкие физики. Методику дальнейших исследований предложили советские ученые.

Длительная и кропотливая работа в лабораториях стран социалистического содружества внесет несомненный вклад в изучение космоса.



## РАЗБУШЕВАВШЕЕСЯ СОЛНЦЕ

К 15 марта 1972 года Солнце довольно резко успокоилось, и казалось, что в его деятельности наступает ожидаемый минимум 1973—1974 годов. Однако период спокойного Солнца был кратковременным — обычная «флуктуация» в солнечной активности. Уже 27 июля на востоке, несколько севернее солнечного экватора, появились первые признаки повышенной активности: усилилась яркость короны, начались выбросы и вспышки на лимбе, увеличился поток радиоизлучения. Специалистам-солнечникам стало ясно, что из-за восточного края Солнца восходит большой центр активности. События, развивавшиеся с 2 по 12 августа, превзошли, однако, все ожидания.

3 августа, когда группа пятен удалилась от края диска, ничто уже не препятствовало ее наблюдению. 4—6 августа внутри единой полутени оказались погружены довольно обширные темные ядра пятен различной магнитной полярности. Этот случай астрономы называют специальным термином «дельта-конфигурация». Именно такие группы характеризуются большим числом вспышек, их наивысшей мощностью (баллом) и сильным влиянием на геофизические процессы. Площадь группы пятен в maximum ее развития была большой — 1200 миллионов долей видимой полусферы Солнца, но обычной для крупных активных областей.

Едва группа пятен появилась на диске, как было отмечено несколько вспышек. Первая крупная вспышка произошла 2 августа около 20 часов (здесь и далее время Всемирное), когда подробные магнитные наблюдения были еще невозможны, а потому нельзя было предсказать возникновение такой мощной вспышки. 4 августа в 6 часов 15 минут началась вторая вспышка, в оптическом диапазоне столь же мощная, как и предыдущая. Советские спутники «Прогноз» через некоторое

время зарегистрировали большие потоки протонов, что свидетельствовало об эффективном ускорении частиц на Солнце и сильном влиянии вспышки на процессы в верхней атмосфере Земли. Еще одна вспышка, самая мощная в оптическом диапазоне, произошла 7 августа около 15 часов 30 минут. Однако ее влияние на Землю было хотя и значительным, но меньшим, чем вспышки 4 августа.

Подробные наблюдения вспышки 4 августа проведены в Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР. Вспышка имела двухволоконную структуру, характерную для мощных процессов. Два волокна представляют собой располагающиеся на малых высотах солнечной атмосферы основания корональных арок. Линия, разделяющая волокна (ось симметрии арочной структуры), чаще всего совпадает с нейтральной линией магнитного поля. Именно вдоль этой линии, по-видимому, и происходит ускорение частиц.

Вспышка 4 августа была протонной. Протонными принято называть солнечные вспышки, во время которых в окрестности Земли регистрируются потоки ускоренных ядер водорода с энергиями от единиц до сотен миллионов электрон-вольт (так называемые солнечные космические лучи). Естественно, что такое определение протонных вспышек не включает в себя все процессы, сопровождающиеся ускорением частиц на Солнце, ибо в некоторых случаях поток протонов может и не попасть в околоземное пространство, как это, вероятно, случилось 2 августа, когда группа пятен находилась на восточном краю солнечного диска. Однако ряд геофизических эф-

*Протонная вспышка 4 августа 1972 года. Приведены кадры из 150-метрового фильма, снятого в линии H $\alpha$  доктором физико-математических наук Э. Н. Могилевским (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР). Внизу указано время съемки*





фектов, начавшихся 2 августа, — возмущение магнитного поля Земли, повышение числа ионов на высотах более 60—100 км — максимального развития достигли 4 августа. После вспышки 4 августа наблюдалось нарушение радиосвязи на коротких волнах, полное поглощение радиоволн в полярных областях, сильная магнитная буря, а также эффект Форбуша (снижение уровня космических лучей несолнечного происхождения), который возникает из-за экранировки Земли плазменным потоком, пришедшим от Солнца.

Центр активности, наблюдавшийся с 30 июля по 12 августа, был действительно необычным для периода низкой солнечной активности. Вероятнее всего, это — последний мощный центр текущего (№ 20) 11-летнего солнечного цикла. В активной области произошла серия вспышек, три из которых оказались весьма мощными. Потоки протонов с 4 по 8 августа свидетельствовали о редком явлении на Солнце — эффективном ускорении частиц.

Многие, особенно те, кто узнал о высокой солнечной активности в августе, пытались связать необычайную жару в европейской части СССР с деятельностью Солнца. Мощные процессы на Солнце вызвали сильное возмущение ионосферы и верхних слоев земной атмосферы, что вероятно, могло сказаться и на формировании погоды. Например замечено, что при изменении уровня солнечной активности возникают флуктуации атмосферного давления. Безусловно, Солнце оказывает какое-то влияние на погоду, но лишь на погоду **всей планеты**, несколько «модулируя» сложный комплекс атмосферных явлений. За редчайший прецедент — жаркое лето в Москве, скорее всего, ответственны ситуация в самой земной атмосфере, особенности движения антициклонов, и только специальное исследование может показать, имело ли Солнце к этим процессам какое-либо прямое отношение.

Кандидат физико-математических наук  
М. А. ЛИВШИЦ

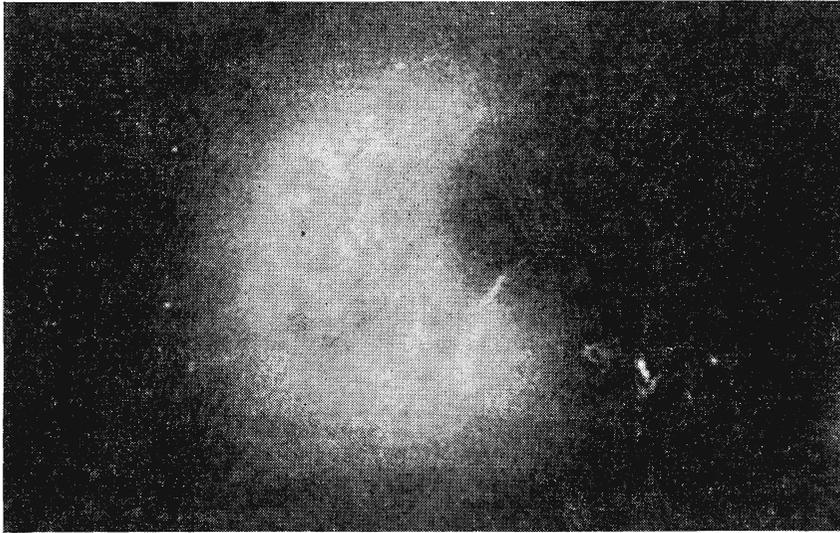
## ПОИСКИ ТРАНСПЛУТОНОВОЙ ПЛАНЕТЫ

Американский астроном Дж. Бреди, который вместе с Е. Карпентером рассчитал эфемериды кометы Галлея на 1986 год — год ее ближайшего появления около Земли, — пришел к выводу, что движение кометы можно объяснить, предположив существование трансплутоновой планеты. Бреди даже предсказал ее положение среди звезд.

В июне и июле 1972 года английские астрономы А. Фосс, Дж. Шейв-Тейлор и Д. Уайтворт предприняли поиски этой планеты. На 13-дюймовом астрографе Гриничской обсерватории они сфотографировали участок неба в созвездии Кассиопеи, где, по мнению Бреди, должна находиться планета. Затем пластинки, полученные в разное время, сравнивали на блинк-компараторе. В этом приборе попеременно освещаются то одна, то другая пластинка. При переключении света объекты, изменившие свое положение на пластинке, благодаря инерционности зрения как будто «скачут». Таким методом открывают астероиды и переменные звезды. Когда велись поиски трансплутоновой планеты, сравнивали снимки, сделанные не чаще чем через сутки, ибо на пластинках астрографа изображение планеты должно смещаться на 0,7 мм за 24 часа.

Тщательно изучив пластинки, английские астрономы не обнаружили на них движущегося объекта ярче 16—15,5 звездной величины. Гипотетическая планета Бреди, имея такое же альbedo, как у Плутона, и приемлемую плотность, не может быть слабее 14-й величины. Если трансплутоновая планета существует, то либо у нее много меньшая масса и, следовательно, она значительно слабее, чем предполагает Бреди, либо ее нет вблизи предсказанного им положения.

«Nature», 239, 5370, 1972.



## ФОТОГРАФИИ ГЕОКОРОНЫ

Во время пребывания на поверхности Луны космонавты «Аполлона-16», используя специальную камеру в комбинации со спектрографом, получили снимки Земли в ультра-

■ *Излучение водорода в геокороне. Фотографирование производилось в диапазоне длин волн от 1050 до 1600 Å*

■ *Свечение атомарного кислорода и молекулярного азота в геокороне. Фотографирование производилось в диапазоне длин волн от 1250 до 1600 Å. Обратите внимание на светящиеся «обручи», расположенные симметрично магнитному экватору Земли*

фиолетовых лучах. На оригинальных фотографиях хорошо видно гигантское гало, окружающее нашу планету и простирающееся на несколько десятков тысяч километров. Удалось выделить излучение атомарного водорода (1216 Å), атомарного кислорода (> 1300 Å) и некоторых других химических элементов.

Свечение гало обусловлено ультрафиолетовым излучением Солнца. Кванты этого излучения испытывают резонансное рассеивание на атомах водорода и кислорода, находящихся в околоземном пространстве. Интенсивность свечения гало может служить индикатором существования и плотности газа на большом расстоянии от Земли.

«Umschau in Wissenschaft und Technik», 21, 1972.

## РЕКОРДНЫЙ СТОК АМАЗОНКИ

Мы привыкли к тому, что длиннейшими реками в мире считают Миссисипи и Нил. Однако по объему речного стока первой является Амазонка. Группа бразильских и североамериканских гидрологов, возглавляемая доктором Джорджем Ф. Смуттом (Управление геологической съемки США), в 1972 году завершила серию измерений стока Амазонки. Гидрологи применили сравнительно новую методику — они измеряли расход воды не на стационарных прибрежных гидрологических станциях, а с борта движущегося судна. Оказалось, что Амазонка несет около 9,8 млрд. литров воды в минуту. Это в 10 раз больше стока Миссисипи!

«Science News», 102, 3, 1972.

## ГЕЙЗЕРЫ И ЗЕМНЫЕ ПРИЛИВЫ

Притяжение Луны и Солнца, как известно, приводит к приливным явлениям не только в гидросфере, но и в твердом теле Земли. Такие приливы цикличны. Ученые обнаружили их полусуточную, суточную, двухнедельную, полугодовую, 8,8-, 18,6- и даже 20 900-летнюю периодичность.

Сравнительно недавно было доказано влияние земных приливов на геотермальную активность (интенсивность теплового потока из недр планеты). Оказалось, что некоторые гейзеры особенно подвержены воздействию двухнедельной и полугодовой приливных компонент. Проанализировав значительный ряд наблюдений, доктор Дж. Райнхарт (Национальное управление по изучению океана и атмосферы, США) пришел к выводу о тесной связи между земными приливами и частотой извержения гейзеров Гранд и Стимбот в Йеллоустонском национальном парке штата Колорадо.

По мнению Дж. Райнхарта, особенно «чувствительны» гейзеры к составляющей земных приливов с периодом 18,6 лет. До сих пор никто не обнаруживал зависимости геофизических явлений от составляющей земных приливов с таким периодом.

«Science», 177, 4046, 1972.

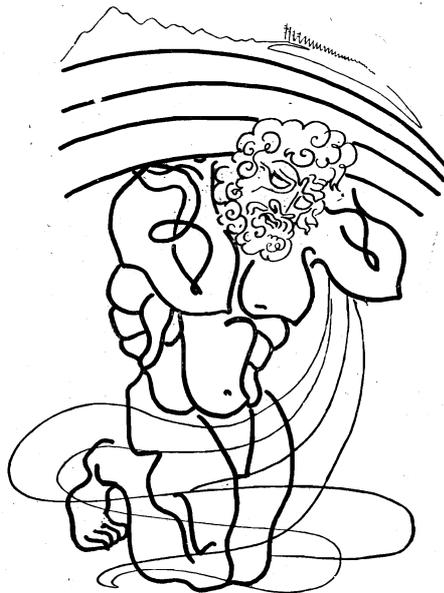


## «Пресс» под землей

Любите ли вы Жюль Верна? Помните первое знакомство с его книгами в юные годы? Знаете ли вы об удовольствии снова, уже в зрелые годы, перечитывать знакомые страницы? История развития науки и техники предстает как живая, как полная драматизма проверка действенности идей великого фантаста. Исполнились самые смелые мечтания. Летят к планетам ракеты, опускаются в пучины океана «Наутилусы», поразительно развилась техника связи. Сегодня мы улыбаемся, читая, как профессор Лиденброк и его племянник захватили в путешествие к центру Земли ночную подзорную трубу, два компаса, лестницу в 300 футов и оружие. «Ты должен научиться смотреть в бездонные глубины», — говорит профессор своему спутнику. Люди XX века уже заглянули в самые страшные бездны. Но и через столетие с лишним после выхода в свет «Путешествия к центру Земли» человек лишь немного продвинулся к желанной цели. Не боги и не мифические существа сторожат двери подземного царства. «Есть в сердце земном иное, неизмеримое могущество», — писал М. В. Ломоносов. Это могущество — высокое давление внутри земных недр.

«Высокое давление» — так переводится греческое слово «гипертония». В томе словаря Брокгауза — Эфрона за 1893 год это слово не встречается. Ныне редкий номер журнала «Здоровье» обходится без специальной статьи о гипертонической болезни. Не будем гадать, что вызывает «гипертонический бум» в медицине. Интерес к высоким давлениям в геофизике связан с проникновением человека в глубины Земли. Аналогия

**Горные породы внутри Земли находятся под воздействием высоких давлений и температур. При нарушении равновесия происходят грандиозные катастрофы, землетрясения и горные удары. Чтобы прогнозировать эти явления, нужно научиться оценивать напряженное состояние горных пород и знать их свойства при высоких давлениях.**



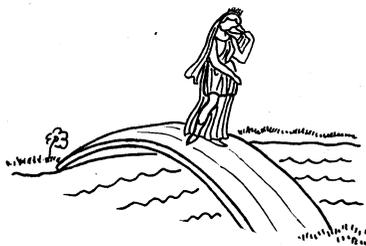
влияния высокого давления на человеческий организм и вещество Земли не случайна: губительным становится не само высокое давление, а нарушение равновесия при сравнительно быстрых изменениях внешних условий.

### ВЫСОКОЕ ДАВЛЕНИЕ И НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЛИ

Распределение давлений в толще Земли иначе называют напряженным состоянием. Причиной высоких давлений является тяжесть, вес толщ горных пород. Эти силы аналогичны тем, что стремятся сплющить, раздавить подводную лодку в глубинах океана. Но величина давлений в Земле значительно выше: породы тяжелее, да и мощность земных пород намного превышает глубины океана.

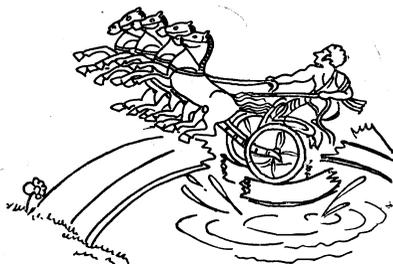
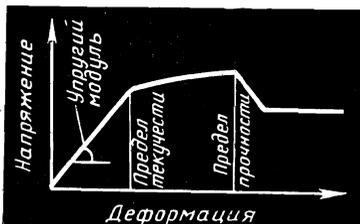
Человек еще не проникал в земные недра глубже 8 км даже с помощью буровых установок. Однако ученые единодушны в своих оценках величин давления внутри Земли. На границе земной коры и мантии давление около 10 000 атмосфер, на границе ядра — 1,3 млн. атмосфер, а в центре Земли давления достигают 3,5—4 млн. атмосфер. Глубина залегания и вес пород еще не определяют полностью давлений в каждой точке. Эта особенность связана с твердым состоянием Земли. Поясним это на примерах. Будем заполнять ящик кирпичами, укладывая их один к другому. Кирпичи не оказывают никакого бокового давления, можно уверенно снять боковые стенки и вообще обойтись без ящика. Совсем иным будет поведение песка. В этом случае без ящика не обойтись. А если мы возьмем для опыта дырявый ящик, то отверстие придется закрыть, приложив при этом некоторое усилие. Давление песка на отверстие в стенке будет, однако, меньшим, чем на дно.

Из тех же кирпичей можно построить выгнутый кверху свод — давление в такой кладке будет действо-



вать в основном на опоры свода, а непосредственно под сводом его не будет. Так с глубокой древности строятся арочные мосты. Ясно теперь, что в твердом теле величина давлений даже в одной и той же точке может быть различна в зависимости от ориентации площадки, на которую направлено это давление. В каждой точке можно представить три взаимно перпендикулярные плоскости, по отношению к которым действующие силы перпендикулярны (нормальны). Величины трех составляющих силы давления (главное максимальное, главное минимальное и главное промежуточное), а также их ориентировка полностью определяют значение напряженного состояния в данной точке. Высокое давление и напряженное состояние земных пород и есть причина землетрясений и горных ударов.

На глубинах 250—300 м давление горных пород возрастает настолько, что в шахтах возникают горные удары. Происходит мгновенный выброс горных пород, как только в них до-



*Зависимость «напряжение—деформация». При сравнительно небольших нагрузках на линейном участке кривой, вплоть до предела текучести материал еще можно считать упругим. При дальнейшем увеличении нагрузки образуются остаточные, пластические деформации. В конце концов материал разрушается (средний и нижний рисунки). Когда разрушение наступает при сравнительно малых остаточных деформациях, говорят, что вещество хрупкое. Экспериментально установлено, что большинство горных пород разрушается хрупко*

стигается критическое напряжение. Это явление подобно сильному взрыву: подземный гул и сотрясение ощущаются на больших расстояниях (до нескольких километров). Шахтная крепь обычно разрушается.

Свыше ста лет наблюдают и изучают горные удары, но проблема все еще далека от решения. Учет напряженного состояния массива горных пород очень важен при строительстве и эксплуатации таких инженерных сооружений, как высоконапорные плотины, тоннели в горах.

Еще более грандиозные катастрофы вызывают землетрясения. Никто пока с уверенностью не может предсказать, где и когда разыграется трагедия. Проблема прогноза землетрясения остается в настоящее время самой важной проблемой сейсмологии. Прогресс в решении ее определяется изучением вещества Земли при высоких давлениях. Хотя достоверно и не известен механизм землетрясений, большинство ученых придерживается гипотезы разрушения горных пород. С другой стороны, каков бы ни был механизм очага, несомненно, землетрясение зарождается на больших глубинах — порядка десятков километров.

Итак, горные породы внутри Земли находятся в сложном напряженном состоянии при воздействии высоких давлений. В связи с этим перед геофизиками встают два важных вопроса: каковы же свойства горных пород при высоких давлениях и как измерить напряжение внутри массива горных пород. С удовлетворительным ответом на эти вопросы связаны возможности прогнозирования и землетрясений, и горных ударов.



## ГОРНЫЕ ПОРОДЫ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Наиболее распространенным и экономичным способом описания механических свойств материалов, в том числе и горных пород, является график «напряжение — деформация». По существу, объяснением всех особенностей этой зависимости заняты теории упругости (конечно, статика), прочности, пластичности, разрушения и так далее. Геофизики изучают, в частности, механические свойства горных пород при нормальных давлениях и температурах, а также влияние на эти свойства больших давлений и температур. По-видимому, единственной возможностью изучения свойств вещества в широком диапазоне колебаний давлений и температур является лабораторный эксперимент.

Техника высоких давлений весьма бурно развивается и у нас, и за рубежом. Используются главным образом гидравлические прессы. Основная трудность заключается в подборе конструкций и материалов, способных выдерживать огромные давления. Повышая верхний предел допустимых напряжений, мы как бы все дальше проникаем в глубины Земли. Ныне в лабораториях научились определять механические свойства вещества при давлениях в сотни тысяч атмосфер. В небольших образцах создают чудовищные давления — около миллиона атмосфер. Нет сомнения, что будут достигнуты и давления, соответствующие недрам Земли, то есть 3—4 млн. атмосфер. Вот тогда мы сможем мысленно повторить путешествие профессора Лиденброка, во-

оруженные всей мощью современной техники и электронных приборов.

Каковы же свойства горных пород при высоких давлениях? Ограничим наш обзор сравнительно небольшими давлениями — до 10 000 атмосфер, поскольку именно такова величина давления, которая приводит к разрушительным явлениям. Если же давления превышают 10 000 атмосфер, то происходят фазовые превращения вещества\*.

Множество работ было посвящено изучению механических свойств горных пород при одноосном сжатии и растяжении. Оказалось, что их свойства варьируют в весьма широких пределах. Те породы, которые тысячами подвергались выветриванию, — кора выветривания — в большей или меньшей степени пластичны, а те, что залегают на больших глубинах, упруги и хрупки. Для инженерных приложений важнейшее значение имеет оценка прочности. (Известно, что впервые прочностью горных пород заинтересовался Галилей. Он даже сконструировал установку для испытания образцов на растяжение.) Эксперименты показали, что разрушение наступает тогда, когда энергия разрывных деформаций достигает некоторого критического значения. Ясно, что горные породы внутри Земли не находятся в условиях одноосного сжатия (подобно примеру с кирпичами). Реальным условиям больше соответствует сложное напряженное состояние.

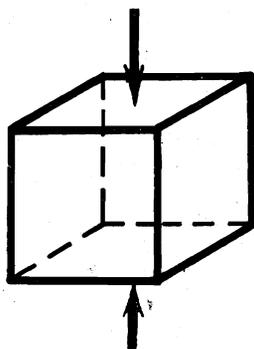
В простейшем случае таких испытаний образец, заключенный в оболочку

\* Ю. С. Генштафт, А. Я. Салтыковский, Земля «под прессом», «Земля и Вселенная», № 6, 1969 г.

ку, подвергается всестороннему гидростатическому давлению и добавочному давлению с торцов. Опыты показали, что отмеченный выше критерий разрушения нуждается в уточнении: критическое значение энергии разрушения монотонно увеличивается с ростом напряжений. Растущее всестороннее давление увеличивает прочность и пластичность пород! Этот факт оказал чрезвычайное воздействие на гипотезы о возможном механизме землетрясений. При высоких давлениях на больших глубинах породы становятся настолько прочными и пластичными, что если нет никаких эффектов, способствующих ослаблению и повышению хрупкости пород, землетрясения не могут происходить вследствие разрушения горных пород в глубинных областях. «Факты святы, толкование свободно», — гласит английская пословица.

Необходимо было срочно искать причины разупрочнения вещества внутри Земли. Предложено несколько возможных механизмов (влияние выделения воды и порового давления, механизм неустойчивой ползучести пород при расплавлении), однако, проблему нельзя считать окончательно решенной.

В наиболее общем виде напряженного состояния все три «главных» напряжения различны. Опыты показали, что влияние промежуточного напряжения также необходимо учитывать, хотя (как и в случае гидростатики) при увеличении промежуточных напряжений прочность породы возрастает, а пластичность экспоненциально падает. Другими словами, при сложном напряженном состоянии порода может становиться более жест-



а



кой. Есть и другие факторы, которые оказывают большое влияние на процессы, происходящие внутри Земли. Так, все горные породы обладают определенной ползучестью, то есть способностью деформироваться с течением времени при постоянной нагрузке, поэтому влияние времени нагружения, или скорости деформации, весьма существенно. Столь же значительным является влияние высокой температуры на механические свойства вещества, находящегося в условиях высоких давлений.

#### КАК ИЗМЕРЯЮТ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ?

Мы уже отмечали, что даже на одной глубине от поверхности породы внутри Земли могут быть напряжены по-разному. Поэтому нужно конкретно ответить на вопрос: каково оно в каждой точке, выделить зоны концентрации напряжений, с которыми связана опасность возможных катастроф. Другими словами,— нужно научиться измерять напряжение внутри массива горных пород.

Методы измерения напряженного состояния горных пород разделяются на прямые и косвенные геофизические. Первые, исторически ранее сложившиеся, основаны на непосредственных измерениях деформаций внутри массива или на земной поверхности. Датчики деформаций могут быть различными. Часто используют, например, пьезорезисторы — устройства, изменяющие свое электрическое сопротивление при механи-

ческой нагрузке. Предварительно в лаборатории датчики тарируются, то есть определяется зависимость между механической нагрузкой и электрическим сопротивлением. Затем датчики жестко цементируются в скважинах, пробуренных в стенке штольни, внутри массива горных пород. Напряженное состояние оценивается по величине установившихся электрических сопротивлений датчиков. Для снятия абсолютных значений напряжения вокруг массива пробуривается серия скважин так, чтобы освободить массив от давления вышележащих толщ,— тем самым достигается разгрузка. В больших масштабах в известной степени контролируемое изменение нагрузки в природных условиях можно наблюдать при колебании режима ледников или при наполнении искусственных водохранилищ.

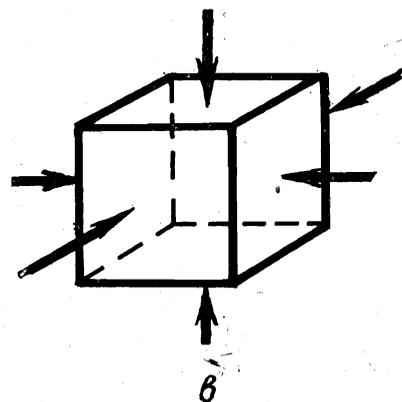
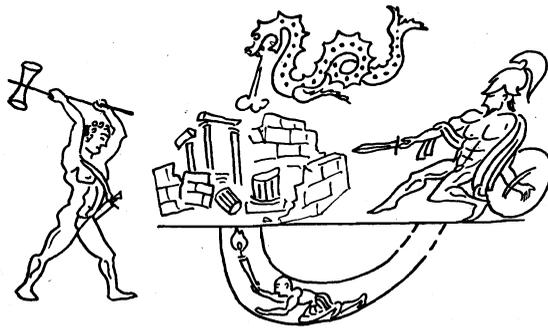
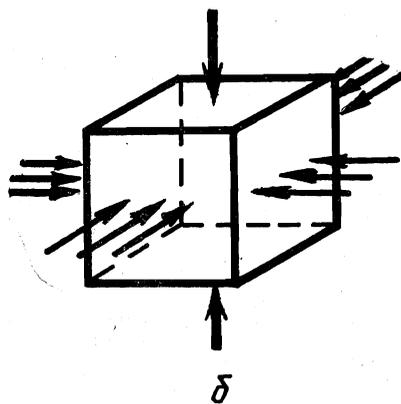
Изучение естественных напряжений показало, что, вопреки априорным представлениям, горизонтальные напряжения в Земле достигают очень больших величин и намного превышают оценки, полученные из расчетов в зависимости только от тяжести вышележащих толщ\*. Однако прямые методы требуют обязательного проникновения в глубь массива, а это сопряжено с определенными трудно-

\* Недавно Е. В. Артюшков простыми расчетами показал, что в результате вертикального давления (тяжести) внутри поднятий (например, континентов) горизонтальные напряжения могут достигать многих сотен и даже 2—3 тысяч кг/см<sup>2</sup>. (Прим. ред.)

стями. Во-первых, проникнуть в глубь массива либо непросто, либо совсем невозможно. Во-вторых, само такое проникновение необратимо нарушает состояние массива (как в квантовой механике: прибор искажает состояние системы!). В-третьих, данные прямых измерений характеризуют напряжение массива в точке, а оно, как показывает опыт, отличается от средней величины вследствие флуктуаций.

Можно по-разному преодолевать эти трудности. Для больших регионов измеряют деформации земной коры и дополнительно предполагают применимость закона Гука. Такие прямые измерения проводятся в сейсмически опасных районах с целью прогноза землетрясений. Но можно решать эту задачу принципиально другим способом. Сложные и не всегда достоверные оценки деформаций заменяют изучением геофизических полей, параметры которых измеряются без нарушения целостности массива.

Различные виды напряженного состояния в твердом веществе, воспроизводимые в лабораторных исследованиях: а — одноосное нагружение. Так давят уложенные ровно друг на друга кирпичи. Боковое давление отсутствует; б — квазигидростатическое нагружение. Так распределяется давление в куче песка. Существует и боковое давление, оно меньше, однако, чем вертикальное; в — сложное напряженное состояние. Максимальное, минимальное и промежуточные главные напряжения различны. Это — наиболее общий вид напряженного состояния в твердом веществе



По существу, это — задача о «геовидении»\*. Наиболее подходящими для данных целей оказываются упругие волновые поля, а самым распространенным параметром их — скорость продольных волн. Механические свойства горных пород изучаются упругими волнами различных частот: сверхнизкими, менее 10 гц — в сейсмологии, средними от 10 до 100 гц — в сейсморазведке, звуковыми от 100 до 10 000 гц — в сейсмоакустике и ультразвуковыми свыше 10 кгц — в ультразвуку. Различают лабораторные и полевые методы изучения упругих волновых полей.

В лаборатории измеряют величины скоростей продольных и поперечных волн на образцах пород, искусственно создавая давления, а если нужно — температуры, близкие к наблюдаемым в массиве. Такой метод широко используется и оказался весьма плодотворным. Однако ему присущи определенные ограничения. Материал образца, извлеченный из массива, может обладать иными свойствами, чем порода в массиве. Поэтому более представительные данные можно получить, делая непосредственные измерения в естественном залегании пород. При контролируемом изменении напряженного состояния определяют характеристики упругих волн, а затем, используя полученную зависимость скорости от давления, оцени-

вают напряженное состояние массива в других точках. Понятно, что такой способ калировки зависимости «напряжение — скорость» связан с большими трудностями и применим лишь в местах, доступных исследователю. Напряженное состояние на больших глубинах, соответствующих очагам землетрясений, оценивается весьма приблизительно. Здесь, по существу, решается задача прогноза, то есть делается заключение лишь о наличии или отсутствии эффекта, а не оценивается величина его. Но даже и это — весьма трудная задача.

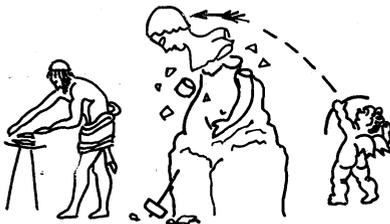
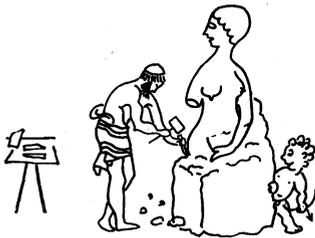
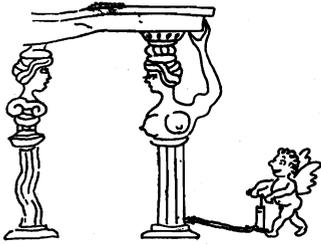
Лабораторные и полевые наблюдения показали, что влияние давления на скорость упругих волн значительно превышает точность ее определения. Для различных пород зависимость изменения скоростей от давления оказалась примерно одинаковой: вначале скорость заметно растет, а затем влияние давления уменьшается. Из этого следовали важные геофизические выводы. Постепенное увеличение давления с глубиной выражается в медленном увеличении скорости упругих волн, что было еще раньше замечено из сейсмических наблюдений. С другой стороны, возрастание давления соответственно изменяет величины скоростей для пород различного состава. Разница в скоростях, полученная при нормальных условиях, сохраняется и при больших давлениях. Эти результаты подтверждают существование в земной коре двух слоев — гранитного и базальтового. Исследования с помощью ультра-

звука в шахтах показали, что скорость распространения упругих волн в горных породах растет от стенки выработки в глубь массива и на расстоянии 1—2 м имеет максимум, связанный с распределением напряжений вокруг выработки. Тарировочные измерения позволили определить абсолютные величины напряжений внутри массива без существенного нарушения его целостности. Все это было несомненным успехом!

Но одновременно с увеличением знаний о строении среды у геофизиков росло понимание, как далеки простейшие представления об однородности и изотропности пород от действительной, крайне сложной обстановки. Менялись представления о самых существенных понятиях, характеризующих объект, — о скоростях и напряженном состоянии в массиве. Была обнаружена значительная скорость упругих волн. Это явление важно по двум причинам. Необходимо в каждой точке среды определить скорость по нескольким направлениям и, кроме того, учесть влияние напряженного состояния на анизотропию пород.

Предположили, что анизотропия горных пород вызывается тектоническими процессами. «Тектоника» в переводе с греческого означает «строительное мастерство». Мастерство природы сказывается в упорядочении, строительстве горных пород при их образовании в условиях напряженного состояния. Напряжение «строит» породы. Специальные экспе-

\* Ю. В. Ризниченко. Почему сейсмология? «Земля и Вселенная», № 4, 5, 1969 г.



рименты подтвердили связь тектоники с анизотропией скоростей. Другими словами, анизотропия скоростей вызвана сложным напряженным состоянием массива горных пород. Что это значит практически? В зоне разлома характер анизотропии хаотически меняется, в отличие от ненарушенных пород. Визуально такой разлом подчас и не выделяется. Естественно, правильное определение тектонического нарушения имеет большое значение для строительства крупных сооружений, таких как плотины.

Та же идея оценки напряженного состояния по изменению параметров волнового поля была положена в основу работ, проводимых Институтом физики Земли на Камчатке с 1966 года. Цель работ — оценить возможности прогноза землетрясений по наблюдаемым вариациям волнового поля. Сейсмические волны возбуждались стабильными по интенсивности взрывами в одних и тех же строго фиксированных точках в море. Сеть постоянных сейсмических станций на берегу регистрировала приходящие волны. Сеансы «связи» повторялись регулярно через месяц. Если бы свойства среды на пути распространения волны не менялись, то мы имели бы похожие записи регистрируемых волн. Действительно, повторяющиеся через небольшой промежуток времени (через час) записи почти

**Влияние давлений на механические свойства горных пород. Всестороннее сжатие увеличивает прочность (верхний график) и пластичность пород (средний график). В случае сложного напряженного состояния рост промежуточного напряжения вызывает уменьшение пластичности. Вещество становится более хрупким (график внизу)**

идеально совпадали. Сравнение записей, полученных через большие промежутки времени, обнаружило изменение времен прихода и амплитуд волн. Многолетние наблюдения показали, что землетрясения хорошо коррелируются с изменениями параметров волнового поля. Но только ли землетрясения являются причиной этих изменений? А не проявляется ли здесь своеобразный «пульс» Земли? Ответить на эти вопросы помогут дальнейшие исследования.

Итак, огромное тело Земли под воздействием собственного веса и тектонических сил напряжено, а местами и перенапряжено. Мы научились измерять напряженное состояние, проникая внутрь Земли. Принципиально выяснены возможности оценки напряженного состояния по геофизическим, главным образом, сейсмическим наблюдениям. Довольно полно изучены свойства вещества под высоким давлением, соответствующим большим глубинам. Так постепенно наука распутывает клубок невероятно сложных вопросов, возникающих при изучении внутреннего строения Земли. Эта сложность — свойство самого объекта. Эта запутанность — хороший стимул для исследователя. Недаром у истоков проблемы мы находим созвездие таких имен, как Галилей, Паскаль, Гук, Юнг, а в наше время — Бриджмен.

Долгая история человечества наполнена борьбой людей с порабощающими, сковывающими силами природы. В наш век, когда исполнились многие фантазии прошлого, можно ли сомневаться, что могущество человеческого разума сумеет преодолеть могущество земных недр.

Рисунки Т. А. Янушевич

## ЗАЛИВ РАДУГИ

К северу от лучевого кратера Копперник находится Море Дождей. На северо-западе море глубоко вдается в материк, образуя Залив Радуги.

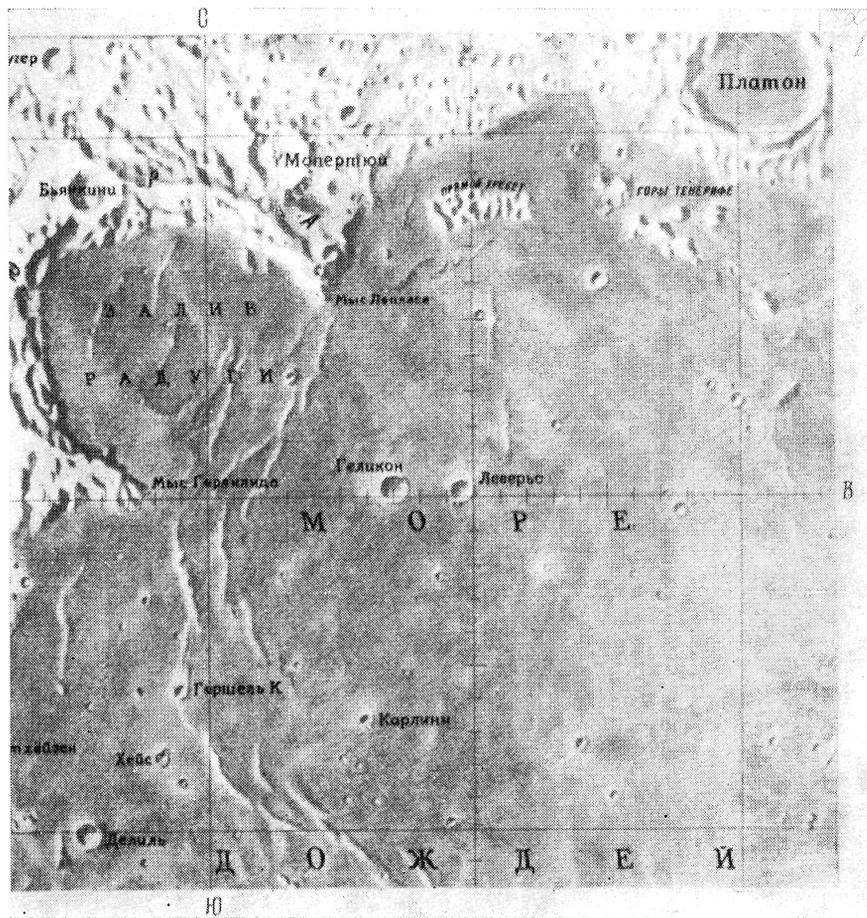
Залив Радуги почти круглый, его поверхность на юге соответствует уровню Моря Дождей, на севере она на 600 м ниже поверхности моря. С юга Залив Радуги ограничен невысокими валами, которые становятся совсем невидимыми вскоре после восхода Солнца.

Горная область Юра, окружающая Залив Радуги с севера, состоит из многочисленных пиков, более низких на западе и востоке и очень высоких в центральной части — здесь горы достигают высоты 2900 м. Горная область изрезана множеством долин, самая большая из них тянется от кратера Бьянкини.

Отроги Юры, выступающие в Море Дождей, названы мысом Лапласа и мысом Гераклида. Мыс Лапласа возвышается над дном залива на 2560 м, а мыс Гераклида на 1300 м.

Поверхность залива усыпана множеством мелких кратерков. При отвесном падении солнечных лучей заметны нечеткие белые кольца, — по видимому, остатки затопленных лавой кратеров. Вдоль восточного края залива Радуги разбросаны изолированные холмы.

Мы пока не располагаем конкретными данными о микрорельефе и структуре поверхности залива Радуги. Для общего описания этого района можно воспользоваться результатами, полученными передвижной лабораторией «Луноход-1», который работал в северо-западной части Моря Дождей, недалеко от мыса Гераклида. Луноход прошел около 10 км, и на всей его трассе свойства поверхности были практически одинаковыми и не отличались от других морских участков Луны. Поверхность лунных морей покрыта мелкозернистым слоем грунта, который имеет глубину 50—100 мм. На пути лунохода встречались и достаточно прочные камни, и комки слипшегося вещества с малой прочностью. Химический состав верхнего слоя грун-



та соответствует типичному составу базальтовой лавы в морских областях.

По всей вероятности, берега залива Радуги относятся к самым древним материковым образованиям. Сам залив возник в более позднюю эпоху, когда произошло опускание коры с излиянием магмы в новых «морских» районах — Моря Кризисов, Ясности, Дождей и других. На снимках, сделанных американской станцией «Лунар Орбитер», южные валы в районе залива напоминают застывшие языки лавовых потоков, изливавшихся из центральной области Моря Дождей.

После доставки лунных образцов на Землю появилась возможность определить примерно абсолютный возраст различных участков Моря Дождей. По измерениям «Аполлона-15», возраст последнего лавового потока в процессе формирования бассейна Моря Дождей равен  $3,33 \pm 0,05$  млрд. лет. Продолжитель-

ность же всего этого процесса с учетом возраста образцов, доставленных «Аполлоном-14», оценивается в 500 млн. лет. Существует зависимость между цветом поверхности и ее возрастом. Согласно имеющимся в настоящее время данным, Море Дождей «краснее» к краям, то есть его окраины, в том числе и Залив Радуги, образованы более старыми лавовыми полями в начальный период излияния магмы.

Интересно отметить, что Залив Радуги — единственный на Луне отрицательный маскон. Напомним, что масконами названы области с избытком массы.\* В Заливе Радуги, напротив, наблюдается недостаток массы. Вместе с тем, в самом Море Дождей отмечена максимальная положительная гравитационная аномалия.

С. В. ЛАНДАУ

\* В. С. Сафронов. Лунные масконы. «Земля и Вселенная», № 3, 1970 г. (Прим. ред.)

Кандидат физико-математических наук  
Ю. Н. ЕФРЕМОВ

## Самые важные звезды

**У людей разные звезды. Для путешественников звезды — указатели пути. Для других — это только маленькие огоньки. Для ученых звезды — это проблемы... И все эти звезды немые.**  
Антуан де Сент-Экзюпери

Сотни астрономов-специалистов и тысячи любителей исследуют переменные звезды. В последнем издании «Общего каталога переменных звезд», составленном Б. В. Кукаркиным, П. Н. Холоповым и их сотрудниками, насчитывается 20 436 объектов; 10 000 других звезд нашей Галактики заподозрено в переменности, а за ее пределами известно более 5000 переменных. Тысячи звезд, даже довольно ярких, остаются малоизученными, и это едва ли не самая благодарная и полезная для науки сфера деятельности любителей астрономии. Одна только Американская ассоциация наблюдателей переменных звезд насчитывает свыше 2000 членов.

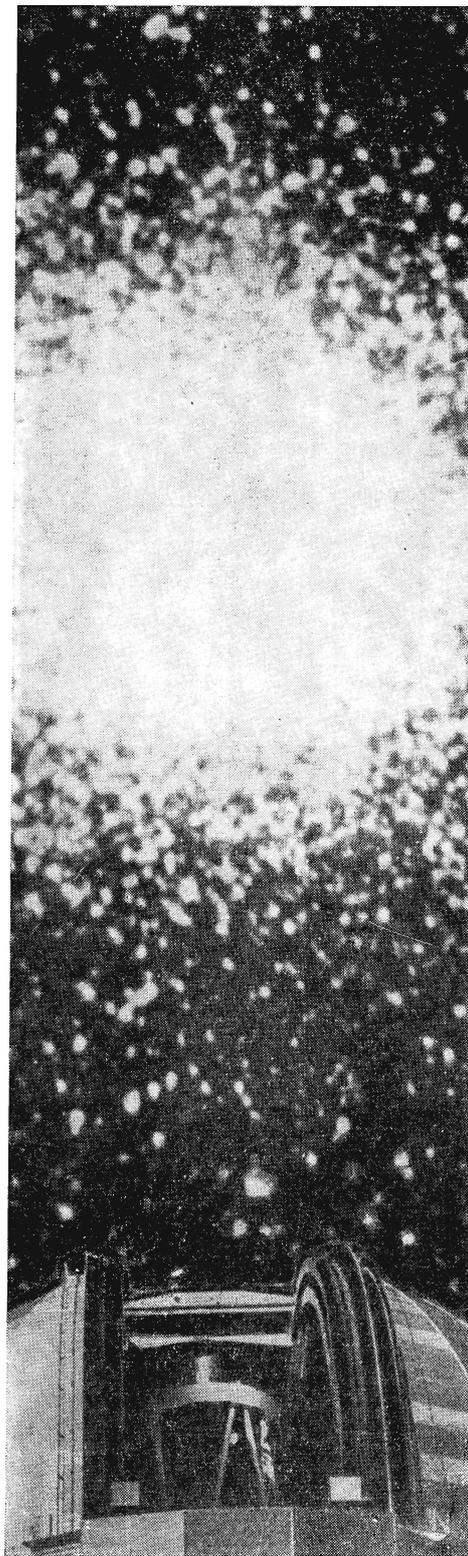
В XVIII веке наблюдателей переменных звезд было лишь двое — землевладелец из Йорка Пиготт и его друг, талантливый юноша Джон Гудрайк, а наблюдали они семь известных тогда переменных, три из которых открыли сами. В 1783 году Пиготт обнаружил изменчивость блеска

η Орла с периодом 7 дней, а в следующем году Гудрайк открыл переменность δ Цефея и нашел, что ее блеск возвращается к прежнему состоянию каждые 5 дней 8 часов 37 минут. К началу нашего века было известно более 30 похожих звезд: блеск их изменялся в среднем на звездную величину с периодом от 2—3 до 40 дней. Звезды этого класса называли цефеидами. Их изучение дало наилучший способ определения больших расстояний.

В конце XIX века Гарвардская обсерватория (США) по инициативе Э. Пикеринга первой приступила к систематическому фотографированию звездного неба, открытию и исследованию по этим пластинкам переменных звезд. Отделение Гарвардской обсерватории в Перу среди других работ занималось изучением Магеллановых Облаков, сияющих на южном небе как изолированные кусочки Млечного Пути. В 1908 году Г. Ливитт опубликовала каталог 1777 переменных звезд, открытых ею в Малом Магеллановом Облаке. Для шестнадцати из них она смогла определить периоды изменения блеска. «Стоит отметить, — писала мисс Ливитт, — что более яркие переменные имеют больший период». Эти слова означивали начало трудного пути, идя по которому люди научились понимать язык звезд.

Спустя четыре года Ливитт получила уже периоды 25 звезд и сопоставила их на графике с блеском в максимуме и минимуме. Блеск оказался связанным с периодом линейной зависимостью, и она заключила: «Так как эти переменные звезды, вероятно, находятся на одинаковом расстоя-

«Самые важные звезды» — так Х. Шепли назвал цефеиды, о которых рассказывается в публикуемой с некоторыми сокращениями главе из книги Ю. Н. Ефремова «В глубины Вселенной». Книга готовится к печати в Главной редакции физико-математической литературы издательства «Наука».





нии от Земли, их периоды, очевидно, связаны с количеством излучаемого ими света», то есть со светимостью. Так появилась знаменитая зависимость период — светимость. По-видимому, Ливитт понимала значение своего открытия. Ведь если известна светимость хотя бы одной звезды, то для любой другой звезды данного типа можно определить по периоду светимость и, сравнивая ее с видимым блеском, — расстояние. Но она ничего не сделала, чтобы расшифровать полученное ею сообщение из Магеллановых Облаков.

Э. Герцшпрунг был первым, кто заставил работать зависимость период — светимость. Он понял, что переменные звезды, найденные Ливитт, и есть цефеиды, хорошо известные в

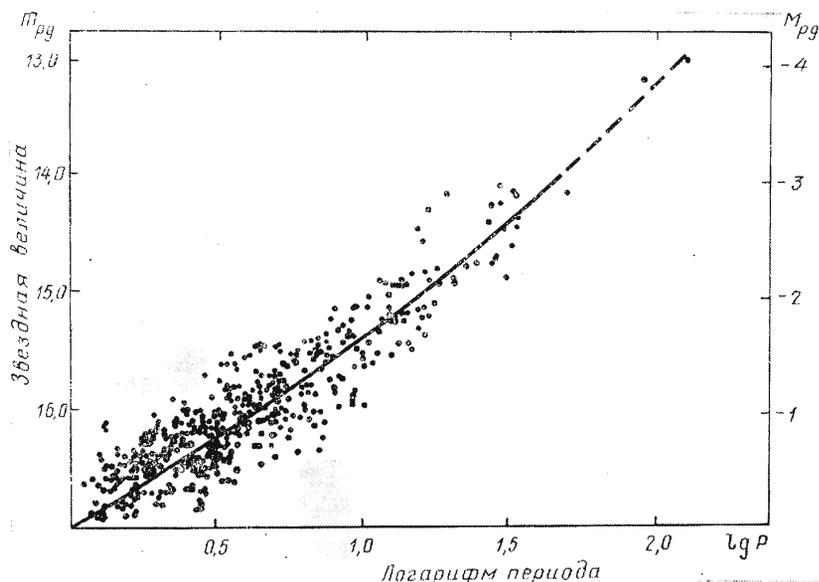
**■**  
*Харлоу Шепли (1885—1972) — крупнейший американский астроном. Он превратил переменные звезды в самое мощное средство изучения Вселенной, первым установил истинные размеры Галактики и положение Солнца в ней, открыл новый тип звездных систем — карликовые эллиптические галактики в созвездиях Печи и Скульптора. Имя Шепли как одного из творцов современной астрономии навсегда останется в истории науки*

окрестностях Солнца, — форма кривых блеска, амплитуды и периоды убедительно свидетельствовали об этом. Еще в 1907 году Герцшпрунг установил, что цефеиды — звезды высокой светимости, сверхгиганты. В 1913 году по тринадцати звездам с известным собственным движением он получил статистический параллакс цефеид и их среднюю светимость. Сравнивая видимые величины цефеид Малого Магелланова Облака с абсолютной величиной цефеид Галактики, Герцшпрунг впервые определил расстояние до Облака. К несчастью, опечатка в статье стала, видимо, причиной того, что его оценка не привлекла должного внимания: вместо 30 000 световых лет было напечатано 3000. Во всяком случае, расстояние до Облака действительно оказалось очень большим по сравнению с его размерами, и поэтому все цефеиды Магеллановых Облаков можно считать находящимися на одинаковом расстоянии от нас.

Дальнейшая история зависимости период — светимость связана с именем Шепли. В 1918 году тридцатитрехлетний Шепли, сотрудник обсерватории Маунт Вилсон, предпринял новую калибровку зависимости период — светимость, выкинув две звезды из тринадцати цефеид Герцшпрунга, которые показались ему нетипичными. Далее он привлек переменные звезды в шаровых скоплениях. Они были двух видов: немногочисленные звезды с периодом 2—30 дней и десятки звезд типа RR Лиры с периодом в 0,3—0,7 дня. Наклон зависимости период — светимость, построенной для переменных звезд в каждом из трех шаровых скоплений, оказался

очень близким к наклону, полученному Ливитт. Кривые блеска долгопериодических звезд в шаровых скоплениях были достаточно похожи на кривые блеска цефеид, и Шепли сделал ошибочный шаг, последствия которого больше тридцати лет мучили астрономов, — он решил, что светимость этих звезд такая же, как и у цефеид. Тем не менее Шепли впервые получил способ определения расстояния до шаровых скоплений, составляющих как бы костяк нашей Галактики. Используя эти расстояния, Шепли создал схему строения Галактики и нашел, что центр ее расположен в 10 кпс от нас, а не близ Солнца, как считали все предыдущие исследователи.

С помощью 100-дюймового рефлектора, вступившего в строй в 1918 году, Э. Хаббл к концу 1924 года обнаружил и исследовал в туманности Треугольника (M 33) 47 очень слабых переменных звезд и 36 таких же звезд в туманности Андромеды (M 31). Многие из них всеми своими характеристиками напоминали цефеиды. Хаббл определил их периоды и нашел, что амплитуда изменения блеска у этих звезд такая же, как и у галактических цефеид данного периода. Кривые блеска тоже ничем не отличались от кривых для цефеид Галактики и Магеллановых Облаков. Сомнений в том, что эти звезды в M 33 и M 31 — цефеиды, не могло быть. Примененная Хабблом зависимость период — светимость указывала, что расстояние M 33, например, составляет 285 кпс. Даже при завышенных Шепли размерах Галактики туманность Треугольника оказывалась далеко за пределами Млечного Пу-



ти. Почти такое же расстояние Хаббл вскоре получил для М 31. Шепли был сражен его же собственным оружием — цефеидами, ведь он был убежден, что «спирали» находятся в пределах системы Млечного Пути, в нашей Галактике...

Известие об открытии Хаббла уже проникло в газеты: «Э. Хаббл подтверждает предположение о том, что спирали являются звездными системами», — писала «Нью-Йорк Таймс» 23 ноября 1924 года, но лишь уступая настояниям Рессела, Хаббл прислал статью об исследовании цефеид в М 33, М 31 и NGC 6822 на очередной съезд Американского астрономического общества в Вашингтоне. 1 января 1925 года Стеббинс прочел доклад Хаббла, и все поняли, что спор окончен навсегда.

Исследование цефеид в М 33 и М 31 позволило установить природу

*Зависимость период — светимость, построенная Шепли в 1942 году по цефеидам Малого Магелланова Облака. Разность видимых ( $m$ ) и абсолютных ( $M$ ) величин цефеид легко перевести в расстояние по формуле:  $\lg r = 0,2(m - M) + 1$ . Согласно современным данным, светимости цефеид на  $1,^{m}0 - 1,^{m}5$  больше, чем принимал Шепли*

этих туманностей, а не просто означало разрешение их на звезды. Кстати, не Хаббл впервые разрешил их на звезды, как часто пишут, а еще Ричи с помощью 60-дюймового рефлектора, но Ричи не смог это доказать. На фотографии центра М 31, снятой им в 1910 году, можно отождествить десяток цефеид, открытых позднее Хабблом и Бааде. Если бы Ричи догадался получить серию пластинок и проблинковать их, он мог бы обнаружить и исследовать цефеиды в соседних галактиках еще в 1910 году. Правда, как Ричи вспоминал позднее, уже в 1919 году у него была подготовлена к печати статья, в которой доказывалось, что спирали — независимые галактики, но по некоторым причинам (вероятно, возражения руководства обсерватории Маунт Вилсон) она не увидела свет...

Благодаря исследованиям цефеид наше Солнце за какие-то десять лет переместилось из центра единственной всеобъемлющей системы Млечного Пути на окраину одного из бесчисленных островов в океане Вселенной. Это была подлинная революция в астрономии, по своему мировоззренческому значению уступающая только коперниканской.

С середины 20-х годов размеры на-

шей Галактики, шкала расстояний во Вселенной и проблемы космологии оказались тесно связанными с нуль-пунктом зависимости период — светимость, то есть со значением светимости, принимаемым для цефеид данного периода. Начались бесчисленные попытки уточнения светимости цефеид. Большинство работ подтверждали нуль-пункт Шепли, но были косвенные основания для беспокойства. Светимость шаровых скоплений и Новых звезд туманности Андромеды оказывалась примерно на  $1,^{m}5$  меньше, чем в Галактике. Размеры Галактики существенно превосходили размеры туманности Андромеды — соседней звездной системы такого же типа. Бааде со 100-дюймовым рефлектором обсерватории Маунт Вилсон тщетно пытался уничтожить расхождение, улучшая шкалу звездных величин в туманности Андромеды. Расхождение исчезло бы, если бы цефеиды оказались на  $1,^{m}5$  ярче, чем по Шепли. Модуль расстояния туманности Андромеды стал бы тогда на  $1,^{m}5$  больше.

Но эти и другие указания на необходимость увеличения светимости цефеид не привлекали внимания до 1952 года, когда Бааде объявил, что он не смог найти в туманности Андромеды звезд типа RR Лиры, несмотря на использование 200-дюймового рефлектора. Он даже и не пытался их искать — сразу же стало ясно, что это безнадежно. Ярчайшие красные гиганты, типичные для шаровых скоплений, появились только близ предела пластинки у  $22,^{m}8$ . Из построенной Сендиджем диаграммы цвет — светимость шарового скопления М 3 было видно, что красные



гиганты на  $1^m,5$  ярче звезд RR Лиры. Модуль расстояния M 31, определенный по цефеидам, составлял 22,8, а по звездам RR Лиры он должен быть равен 24,3. Итак, не было другого выхода, как признать одно из двух: либо абсолютная величина звезд RR Лиры слабее нуля (значение, принятое Шепли), либо же цефеиды ярче, чем это дает нуль-пункт Шепли. Бааде предпочел второе. Увеличение модуля расстояния M 31 к тому же снимало различие в светимости шаровых скоплений и Новых звезд Галактики и туманности Андромеды.

Бааде выступил с этим сообщением на заседании Комиссии 27 Международного астрономического союза в августе 1952 года. Вслед за ним поднялся А. Теккерей, работающий на обсерватории в Претории, и сказал, что он только что обнаружил три звезды типа RR Лиры в шаровом скоплении Малаго Магелланового Облака. И появились они не при  $17^m,4$ , как это должно было быть при нуль-пункте Шепли, а при  $18^m,9$ . Различие снова составило  $1^m,5$ . Сомнений больше не было: астрономы сорок лет ошибались в оценке светимости своих самых важных звезд! И ошибались примерно вдвое в оценке всех расстояний, полученных с помощью цефеид, то есть в оценке расстояний до галактик. Это удвоение масштабов Вселенной имело огромные последствия для космологии.

После 1952 года интерес к проблеме резко возрос. За пять лет вышло из печати более двух десятков статей о светимости цефеид. И снова астрономы оказались конформистами: теперь уже господствовала тен-

денция подтверждать выводы Бааде. Когда-нибудь наука о науке займется анализом этого любопытнейшего явления — бессознательной тенденции ученых подтверждать результат авторитетного специалиста. Пожалуй, причиной тому в астрономии — скудость наблюдательных данных, большие их ошибки и, вместе с тем, сравнительное обилие способов обработки и побочных факторов, которые можно учитывать по-разному.

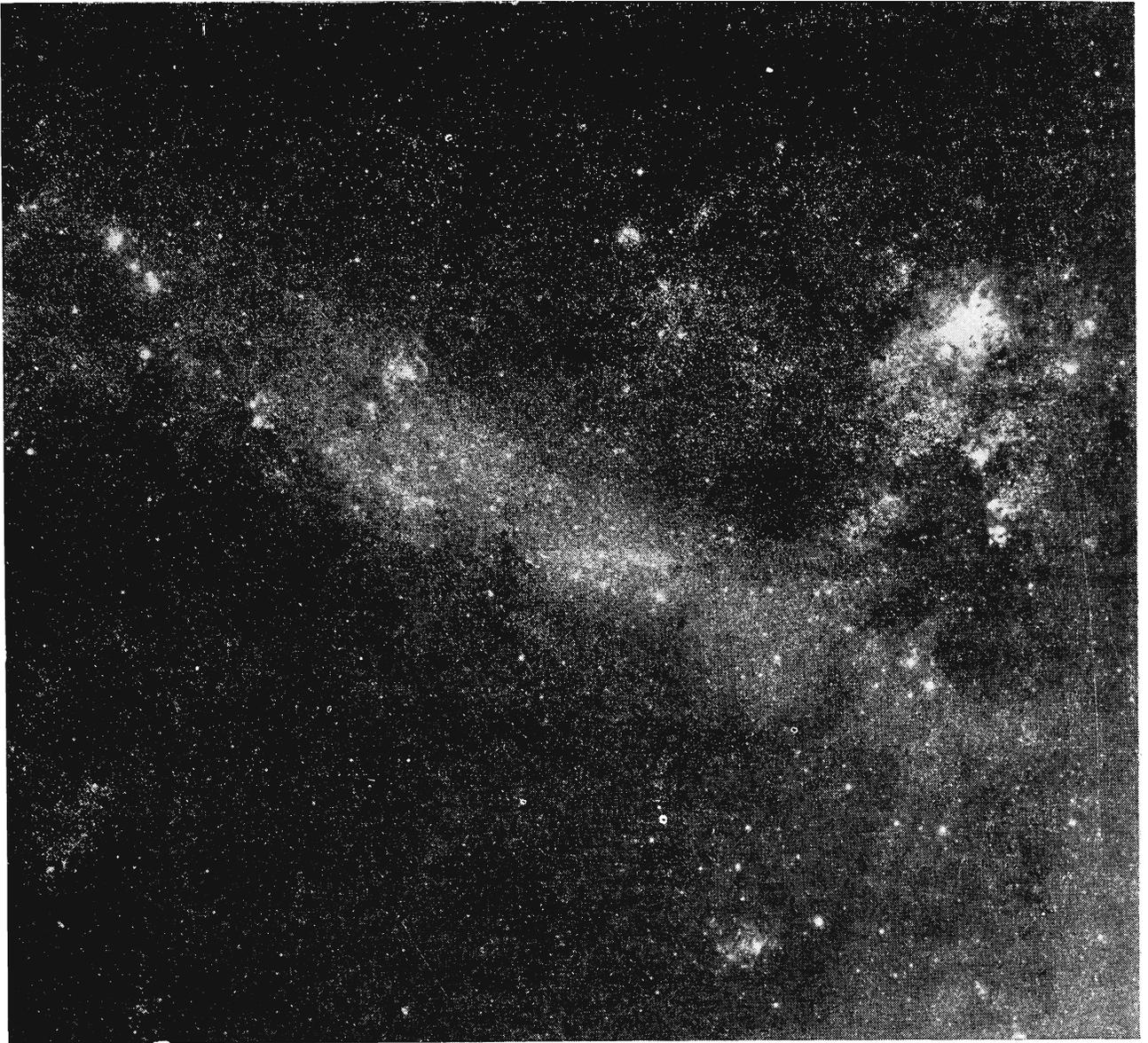
Среди несогласных с Бааде был П. П. Паренаго, глава московской звездноастрономической школы. Исходя в основном из нового определения статистического параллакса цефеид, проведенного в 1954 году А. Блау и Г. Морганом, которые отобрали для этого 18 звезд с наилучшими собственными движениями, он получил поправку нуль-пункта Шепли в  $-1^m,0$ . Паренаго опирался также на новое значение светимости звезд типа RR Лиры. Тщательный анализ собственных движений этих звезд привел Е. Д. Павловскую к выводу, что их абсолютная величина составляет не  $0^m,0$ , а  $+0^m,5$ . Тем самым сохранялась обнаруженная Бааде разница в  $1^m,5$  между светимостями цефеид и звезд типа RR Лиры. К несчастью, достаточно близко от нас нет ни одной цефеиды, у которой можно было бы измерить тригонометрический параллакс с достаточной точностью.

На помощь пришел случай. В 1955 году Дж. Ирвин, занимаясь фотоэлектрической фотометрией южных цефеид, обнаружил, что яркая цефеида S Наугольника окружена многочисленными голубыми звездами. Заглянув в звездный атлас, Ирвин

увидел, что цефеида сидит в рассеянном звездном скоплении NGC 6087. Вскоре так же случайно Ирвин установил, что U Стрельца расположена в центре скопления M 25. Очевидцы помнят, как блестели глаза Ирвина, когда он рассказывал об этом за чопорной процедурой утреннего чая в Капской обсерватории. В самом деле, ведь методы определения расстояний рассеянных скоплений были уже достаточно надежны!

В том же году в Москве П. Н. Холопов сравнивал положения на небе рассеянных скоплений и переменных звезд. И среди многих переменных звезд в скоплениях он особо отметил десяток цефеид. Проанализировав скудные тогда данные об этих цефеидах и скоплениях, Холопов пришел к выводу, что многие из цефеид могут быть физическими членами скоплений. В начале 1956 года он сдал в печать большую статью с анализом связи переменных звезд и скоплений, где говорилось и о цефеидах. В том же году появилась заметка Ирвина, а в следующем — сообщения Крафта и ван ден Берга. Крафт сравнивал координаты скоплений и цефеид, а ван ден Берг искал скопления вокруг цефеид на фотографиях Паломарского атласа неба. Большинство найденных ими в скоплениях цефеид уже были в списке Холопова, а его статья все еще находилась в печати и вышла лишь в 1958 году.

Однако и Холопова, и Ирвина опередил П. Дойг, и опередил на 30 лет! Еще в 1925 году он знал, что U Стрельца и S Наугольника входят в рассеянные скопления, и предлагал с помощью зависимости пери-



од — светимость определять расстояния до скоплений. Поистине, новое — это хорошо забытое старое...

В 1957—1961 годах цефеиды в скоплениях тщательно изучали астро-

*Большое Магелланово Облако. От 2 до 4% ярчайших звезд этой галактики относятся к цефеидам. Снимок получен Л. А. Панаиотовым на 70-сантиметровом телескопе системы Максубова, установленном в Чили*

номы обсерваторий Маунт Вилсон и Паломар — А. Сендидж, Р. Крафт и Х. Арп. Они получили фотоэлектрические кривые блеска и цвета пяти цефеид — наиболее «надежных» членов скоплений, построили диаграммы цвет — светимость скоплений и определили их расстояния. Эти данные позволили Сендиджу выдвинуть гипотезу о происхождении цефеид из массивных звезд главной последовательности, которая вскоре была под-

тверждена обнаруженной автором зависимостью период — возраст. Чем старше скопление, тем меньше масса его самых ярких звезд и период входящих в его состав цефеид. Эти звезды приобрели особое значение и для проверки теории звездной эволюции. В дальнейшем было показано, что после ухода массивных звезд с главной последовательности в их наружных слоях с необходимостью создаются условия, требуемые тео-



рией для начала пульсации цефеид. Эти пульсации и вызывают переменность блеска.

Результаты исследования пяти цефеид в скоплениях были в 1961 году подытожены Крафтом. Он подтвердил увеличение на  $1^m,5$  светимости цефеид, предложенное Бааде. Но когда в 1965 году И. М. Копылов совместно с автором пересмотрели данные о цефеидах в скоплениях, они подтвердили поправку Паренато — увеличение светимости цефеид лишь на  $1^m,0$ . Это было связано с тем, что мы использовали другую методику при определении расстояний до скоплений.

Чтобы найти расстояние до скопления, надо знать разность между видимой и абсолютной величинами (светимостью) его звезд, находящихся на главной последовательности. Светимость звезд данного спектрального класса на главной последовательности предполагается одинаковой у всех скоплений, но Крафт использовал значения светимостей, определенные Джонсоном, а мы — зна-

чения, полученные Копыловым, которые для ранних звезд (класса В) на  $0^m,5$  меньше. Поэтому и светимости цефеид оказались у нас на  $0^m,5$  меньше. Различие светимостей В-звезд на главной последовательности обусловлены, по-видимому, тем, что Джонсон опирался на расстояние одного только скопления Гиады, известное из геометрических соображений, а Копылов — на данные о нескольких скоплениях. Между тем появились указания на то, что Гиады обладают заметно бóльшим содержанием тяжелых элементов, чем среднее рассеянное скопление. Это, как считают И. М. Копылов и автор статьи, и может быть наиболее вероятной причиной расхождений в значениях светимости звезд на исходной главной последовательности.

Проблема светимости цефеид ныне сводится к проблеме шкалы расстояний рассеянных скоплений, и поскольку здесь нет пока полной ясности, определения статистических параллаксов цефеид сохраняют актуальность. К сожалению, и здесь послед-

ние работы не дают согласующихся результатов. Исследователи цефеид сражаются с гидрой, у которой на месте отрубленной головы вырастает новая. За 50 лет усилий выявлена ошибка в  $1^m,5$  и все еще возможна ошибка в  $0^m,5$ . Однако появляются наблюдательные данные, показывающие, что светимость звезд на главной последовательности, от которой зависят расстояния скоплений, связана с содержанием тяжелых элементов. Если это так, можно оптимистично смотреть в будущее: спектральный анализ и фотометрия звезд в скоплениях помогут уточнить их химический состав, а при нахождении расстояния до скопления, в котором есть цефеиды, будет использована главная последовательность, соответствующая содержанию металлов в данном скоплении.

Исследования цефеид, определяющих шкалу расстояний во Вселенной, а следовательно, постоянную Хаббла и выбор между космологическими моделями, остаются важнейшей задачей астрономии.



## ПЕРИОДИЧНОСТЬ ОЛЕДЕНЕНИЙ НА ЗЕМНОМ ШАРЕ

Если согласиться с утвердившимся мнением, что наступление ледников во время ледниковых периодов

вызывалось климатическими изменениями глобального масштаба, то можно допустить и совпадение ледниковых периодов в различных, весьма удаленных друг от друга районах разных континентов.

Сотрудник Университета штата Огайо доктор Дж. Х. Мерсер обнаружил свидетельства двух наступлений ледника в южной части центрального Чили. По собранным им данным, около 19 400 лет назад чилийское оледенение достигло своего максимума. Затем, к моменту, отстоящему от нашего времени на 16 000 лет, оно сократилось на 50%, после чего (14 800 лет назад) снова развилось, но не достигло предыдущего максимума. Эти колебания чилийских ледников согласуются с данны-

ми о колебаниях оледенения Северной Америки, где максимальное наступление ледников приходится на периоды 21 500—18 000 лет назад и на период, начавшийся 15 000 лет назад. С другой стороны, есть сведения о том, что в Новой Зеландии было три периода максимального распространения ледников: 18 000, 16 000 и 14 000 лет тому назад.

По мнению Дж. Х. Мерсера, данные о температурах за эти периоды, рассчитанные по соотношению изотопов кислорода в образцах ископаемого льда, взятых в Антарктиде, подтверждают «новозеландский» характер развития оледенения на земном шаре.

«Science», 176, 4039, 1972.



## Фабрики на берегу невесомости

В октябре 1972 года Вена принимала участников XXIII Международного астронавтического конгресса. Около тысячи ученых и инженеров из 36 стран съехались в столицу Австрии, чтобы обсудить результаты, добытые в ходе исследований и освоения космического пространства, поделиться замыслами новых экспериментов, взглянуть в завтрашний день космической науки и техники.

«Космос — для развития мира» — под этим девизом венский конгресс объединил многообразие направлений, по которым проходила работа его секций и симпозиумов. Биоастронавтика и астродинамика, запуски спутников для исследования природных ресурсов нашей планеты и проектирование исследовательских автоматических станций, предназначенных для изучения далеких планет, проблемы космического транспорта по маршруту Земля — орбита — Земля и космическое право — вот лишь некоторые ветви древа космонавтики, представленные в названиях секций конгресса.

Все эти секции традиционны для программ астронавтических форумов. Но наука и техника, штурмующие космос, находятся на переднем крае научно-технической революции, стремительно увлекающей человечество по пути прогресса и раскрывающей перед ним новые возможности управления силами природы. И неудивительно, что рождающиеся научные идеи, новые направления развития техники и технологии столь же традиционно вносят изменения в содержание работы конгрессов Международной астронавтической федерации.

На этот раз, впервые в практике

конгрессов, состоялся симпозиум на тему «Атомная энергетика в космосе», организованный совместно с Международным агентством по атомной энергии. И, пожалуй, впервые шел обстоятельный разговор на секции, занимающейся проблемой обработки материалов в условиях невесомости. Вот этой последней теме и посвящается предлагаемый вниманию читателей обзор.

Обитатели нашей планеты извечно живут в незримом океане гравитации. На протяжении всего неспешного хода эволюции жизнь приспосабливалась к земному притяжению. И человек тоже привык относиться к гравитации, как к неотъемлемому атрибуту своего существования и деятельности.

Всего пятнадцать с небольшим лет назад, когда стартовал первый в мире советский искусственный спутник Земли, человечество ощутило, что оно способно выбраться из безбрежного, казалось, океана гравитации на берег неведомого материка, имя которому невесомость. 12 апреля 1961 года гражданин Страны Советов летчик-космонавт Юрий Гагарин первым из людей планеты уверенно «ступил» на этот берег.

Около ста минут Гагарин провел в мире, где нет привычного единства массы и веса, где понятия «верх» и «низ» превратились в чистую условность, ибо пропал надежный ориентир земного притяжения.

Вполне понятно, что сначала человек осторожно присматривался к новому берегу своего бытия. Может ли привыкнуть к небывалым условиям человеческий организм? Сможет ли он сам, привыкнув к обитанию на не-

ведомом берегу, спокойно вернуться в родной океан гравитации? Космическая медицина все обстоятельнее отвечает на эти вопросы. Полеты человека во Вселенную становятся более длительными. Опыт работы героического экипажа орбитальной станции «Салют» показал, что люди могут жить и работать в невесомости 24 дня.

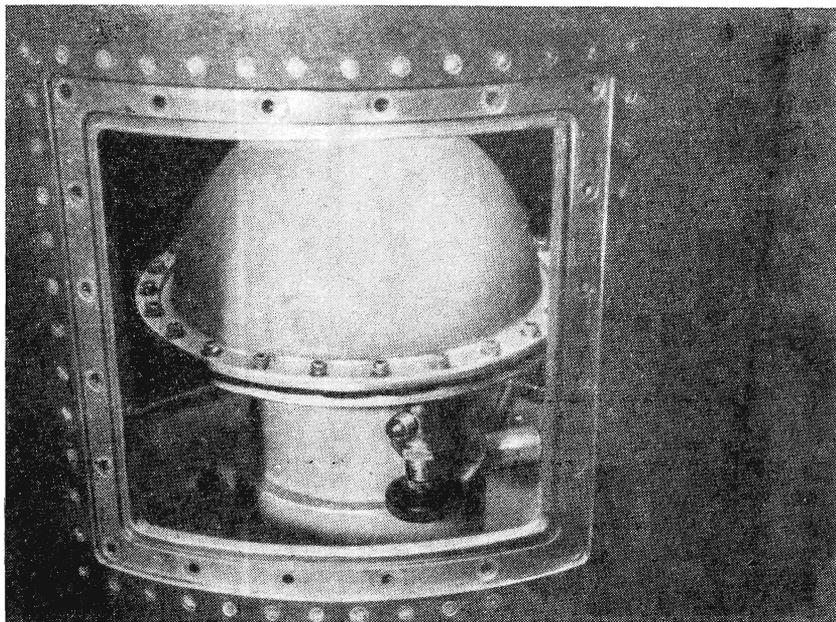
Теперь исследователи чаще задумываются над новой задачей: а нельзя ли приспособить невесомость, чтобы она служила человеку, обживающему космическое пространство? Вопрос этот вполне правомерен. Он продиктован логикой развития космонавтики, ее устремлением к созданию постоянно действующих орбитальных станций, к расширению масштабов исследования и освоения космического пространства. И коль скоро пребывание в космосе будет не краткосрочным эпизодом, а длительной командировкой, если человек намерен всерьез, по-хозяйски обживать космос, то, естественно, надо возможно полнее использовать условия окружающей среды, даже если такой средой является космическое пространство.

В частности, на больших долговременных орбитальных станциях жизненно важной станет проблема монтажа и разборки блоков, их ремонта или замены. Значит, понадобятся «космические мастерские», где можно было бы заниматься сваркой, пайкой, резкой и другими слесарно-монтажными работами. Одной из проблем оснащения такой мастерской был посвящен доклад группы советских ученых во главе с академиком АН УССР И. Н. Францевичем «Иссле-

дование возможностей использования лучистой энергии Солнца для сварки и пайки материалов».

В космосе, где дорог каждый грамм веса бортовой аппаратуры, желательнее использовать невесомый источник энергии — излучение Солнца. Установка, о которой шла речь в докладе, состоит из 2-метрового параболического зеркала и вакуумной камеры. Сквозь иллюминатор из кварцевого стекла внутрь камеры, на соединяемые материалы льется поток света, собранный зеркалом в узкий луч. Плотность энергии в луче достигает двух киловатт на квадратный сантиметр. Как показали опыты, проведенные на Земле, этого вполне достаточно, чтобы сваривать детали из нержавеющей стали и титановых сплавов даже при сравнительно слабой солнечной радиации, в 3—4 раза меньшей, чем за пределами атмосферы. Значит, для обеспечения монтажных работ в космосе понадобится зеркало, гораздо меньшего диаметра, чем в наземном эксперименте, и установка для «космической мастерской» получится компактной. Заметим попутно, что плотный добротный шов гелиосварки не уступает шву, выполненному методом аргоно-дуговой сварки.

Мы говорили до сих пор о «мастерской», предназначенной главным образом для обслуживания собственных нужд орбитальной станции. Однако во время заседаний секции «Обработка материалов в невесомости» речь шла и о том, что со временем появятся «космические фабрики», которые будут выпускать продукцию, используя в технологических целях отсутствие силы тяжести и близкий к

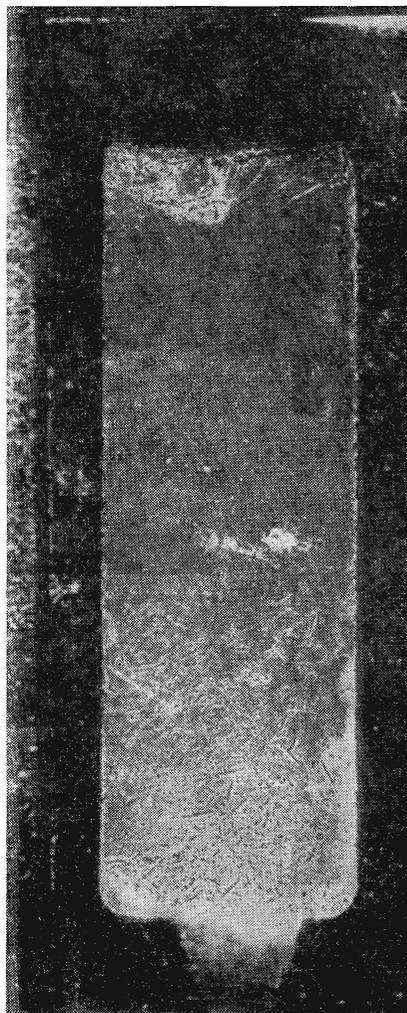


идеальному вакуум. Разумеется, доставка такой «фабрики» и сырья для нее на орбиту, а также возвращение готовой продукции — дело дорогостоящее. Поэтому нужно думать о производстве таких материалов и изделий, о таких технологических процессах, которые либо неосуществимы в земных условиях, либо осуществимы лишь ценою непомерно больших затрат.

Если смотреть на невесомость глазами технолога, то она наиболее привлекательна тем, что жидкости, например, перестают нуждаться в контейнерах. Кроме того, на Земле сила тяжести заставляет жидкости расслаиваться: компоненты с меньшим удельным весом всплывают наверх, как сливки в молоке. Гравитация участвует и в конвективном перемешивании жидкости. А в невесомости основная роль принадлежит силам межмолекулярного взаимодействия.

*Экспериментальная установка для плавления и быстрого охлаждения металлических образцов в условиях невесомости на борту исследовательской ракеты «Аэроб-170»*

Какие же возможности открывает невесомость? По мнению американских ученых, прежде всего, бесконтейнерная переплавка металлов. Как известно, материал стенок тигля неизбежно загрязняет переплавляемый металл. Это особенно неприятно, когда перед технологом поставлена задача избавиться от примесей, получить особо чистый металл. В земных условиях иногда проблему решают путем «подвешивания» металла в сильном электромагнитном поле. Под действием тока высокой частоты металл, удерживаемый в пространстве незримыми нитями магнитных силовых линий, плавится, не прикасаясь к стенкам. Но, к сожалению, так удается переплавлять лишь лабораторные дозы металлов — всего несколько десятков граммов. Основная помеха на пути к промышленным масштабам — вес металла. Он мешает силам поверхностного натяжения удерживать расплавленную массу в компактном объеме. Дело осложняется еще тем, что по вязкости расплавленные металлы не так уж сильно отличаются от воды. Например, жидкий свинец лишь вдвое бо-



лее вязок, чем вода. Для сравнения напомним, что машинное масло превосходит воду по вязкости в 2 000 раз. И тем не менее, этот левитационный переплав играет главную роль в арсенале лабораторных методов исследования чистых металлов с высокой температурой плавления.

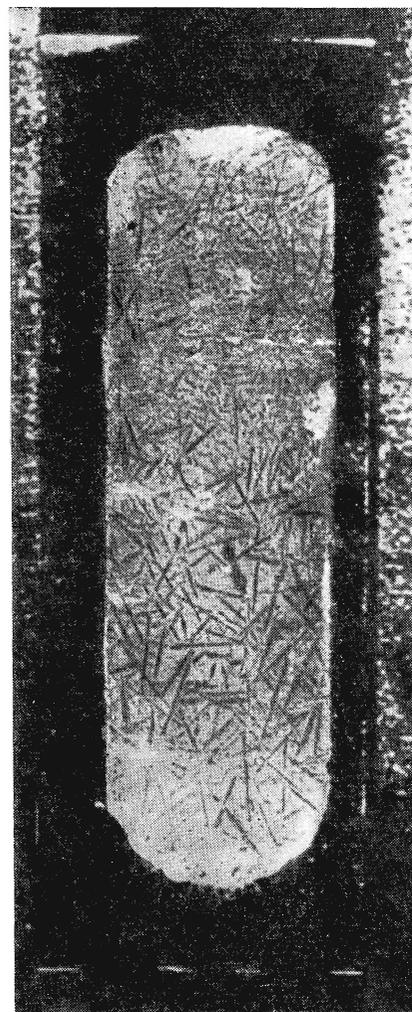
*Продольный разрез образца материала, содержащего 6% медных волокон, после плавления, энергичного встряхивания и отвердевания в земных условиях. Видна неоднородность распределения медных волокон, вызванная действием силы тяжести*

В космосе же левитация, или безопорное плавление, является естественным состоянием и, следовательно, можно переплавлять достаточно крупные заготовки. А если учесть, что глубокий вакуум, с таким трудом создаваемый на Земле, в космосе представляет естественное состояние окружающей среды, то нетрудно будет понять, почему технологи, ищущие новых путей к сверхчистоте материалов, с надеждой смотрят на берег невесомости.

Невесомость существенно упрощает изготовление изделий, где требуется особо точное соблюдение сферической формы, например в уникальных подшипниках. Капля жидкого металла при отсутствии силы тяжести почти мгновенно принимает форму идеальной сферы. Используя это обстоятельство, можно, в принципе, делать шарики (как сплошные, так и полые), которые по форме будут отклоняться от идеала всего на несколько ангстремов — точность, недостижимая в земных условиях.

Отсутствие силы тяжести крайне благоприятствует выращиванию полупроводниковых и иных монокристаллов самого высокого качества. На них все больший спрос предъявляет современная электроника. Благоприятны условия невесомости и для получения сверхчистых полупроводников (например, методом электронно-лучевого переплава), для вытягивания прямо из расплава полупроводниковых изделий различной формы — тонких лент, стержней или проволоки.

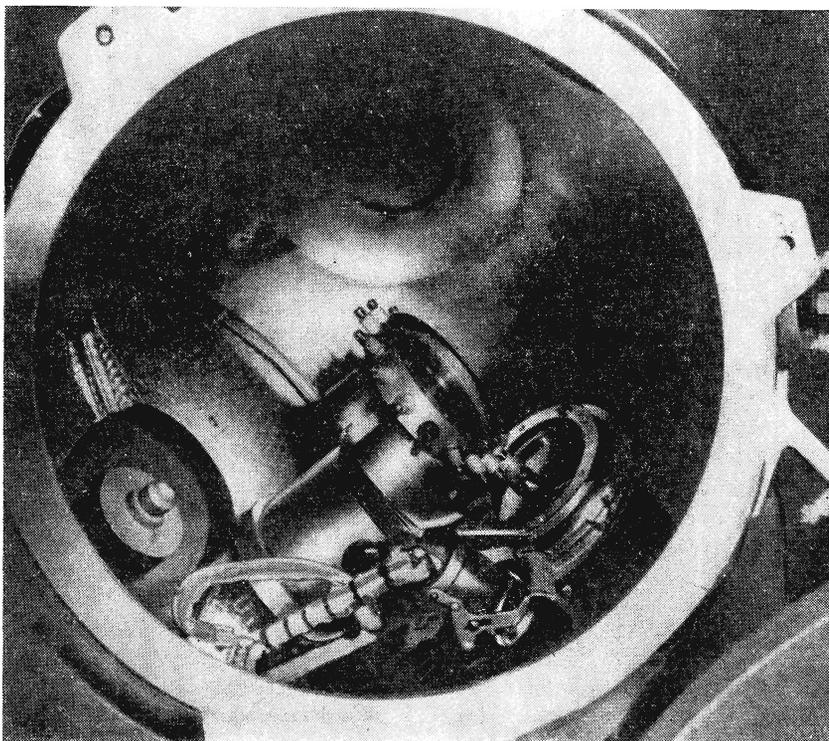
На околоземной орбите можно получать сплавы металлов, материалы и стекла, о каких технологи только мечтают. Ведь большая разница удель-



ного веса исходных компонентов в расплаве часто не позволяет добиться однородной смеси.

Заинтересовались технологическими применениями невесомости и медики. Одним из наиболее надежных методов очистки биологически активных веществ, применяемых в медици-

*В этом образце тоже 6% медных волокон, но плавление, встряхивание и отвердевание происходили на борту космического корабля «Аполлон-14» в условиях невесомости. Волокна распределены равномерно по всему продольному сечению образца*



не, считается электрофорез. Но в земных условиях этому «деликатному» методу мешают сила тяжести, конвективное перемешивание жидкостей. Поэтому электрофорез хорош для разделения веществ лишь в лабораторных масштабах. А невесомость может резко повысить эффективность электрофорезных установок для очистки ценных биологических мате-

*Внутренний вид камеры, в которой будет проводиться эксперимент по образованию шариков, на борту станции «Скайлэб». Поток электронов, испускаемый специальным устройством (слева), плавит испытуемый образец, закрепленный на турели (в центре). Затем турель поворачивается и под электронный луч падает следующий образец*

риалов. Со временем окончательная очистка таких материалов, вероятно, тоже будет выполняться на орбите.

Все, о чем здесь рассказывается, это, конечно, только первые наброски, первые осторожные шаги по берегу материка невесомости, о сокровищах которого мечтал К. Э. Циолковский. Некоторые из упомянутых идей будут проходить экспериментальную проверку в космосе. В частности, об этом говорилось в американском докладе «Новые эксперименты по обработке материалов в космосе для полета станции «Скайлэб».

На борту этой станции, которая должна отправиться на околоземную орбиту в 1973 году, предполагается провести серию опытов по использованию невесомости и космического

вакуума для плавления электронно-лучевым методом дисков из нержавеющей стали, тантала и алюминия, для пайки труб из нержавеющей стали. Специалисты намерены исследовать процесс образования шариков, расплавляя небольшие образцы металлов мощным электронным лучом. Капли во взвешенном состоянии будут затвердевать внутри вакуумной камеры.

Планируется поставить эксперимент по выращиванию совершенного, химически однородного кристалла арсенида галлия из расплава, а также ряда других кристаллов.

Представляет интерес и получение сплавов из компонентов, которые в силу резкого различия удельных весов не смешиваются в земных условиях. В программу «Скайлэб» включен предложенный японскими исследователями опыт по созданию из металлического порошка многокомпонентного материала, армированного «усами» карбида кремния. Любопытен и опыт, предусматривающий плавление в невесомости трехмерной сетки из тонких серебряных проволочек. Теоретически еще не представляют, сольется расплав при охлаждении в сплошную сферу или нет. Эксперимент решит этот спор.

Итак, путь, открытый сваркой на борту советского космического корабля «Союз-6», ведет к созданию «космических фабрик», которые будут работать на благо Земли.

**Б. И. КОЛТОВОЙ**



## Гравитационная конференция в Армении

С 11 по 14 октября 1972 года в Цахкадзоре, неподалеку от Еревана, проходила III Советская гравитационная конференция. Она была довольно многочисленной и разнообразной по своей «географии». Около 200 специалистов из многих союзных республик собрались в Цахкадзоре. На конференции проводились пленарные заседания и работали секции. Первая секция была посвящена классическим проблемам теории тяготения, вторая — вопросам, связанным с квантовой теорией поля, третья — релятивистской астрофизике и космологии, четвертая — экспериментальным исследованиям.

В последние годы резко возрос интерес к прикладным задачам теории гравитации — задачам, которые могут либо помочь в объяснении существующих наблюдательных и экспериментальных фактов, либо предсказать новые. Много внимания на конференции было уделено экспериментальному обнаружению гравитационных волн, проверке теории тяготения Эйнштейна и ее обобщений.

В. Б. Брагинский рассказал о выполненных недавно в СССР экспериментах по регистрации гравитационного излучения. Как известно, такие опыты проводились уже в США Д. Вебером и, казалось, свидетельствовали об успехе. Вебер зарегистрировал большое число совпадающих сигналов, то есть сигналов, одновременно появляющихся на двух гравитационных антеннах. В качестве гравитационной антенны в современных экспериментах используется обыкновенный металлический цилиндр, тщательно защищенный от сейсмических, электрических, тепловых и других воздействий. При-

ходящая гравитационная волна слегка деформирует цилиндр, заставляя его «звенеть». Чувствительные пьезодатчики, смонтированные на цилиндре, позволяют зарегистрировать малейшие его колебания. Если амплитуда колебаний превышает уровень неизбежных тепловых шумов самой антенны, то такое событие может означать регистрацию гравитационного сигнала. Поскольку уровень сигналов лишь незначительно превосходит уровень шумов антенны, то экспериментаторы отдают предпочтение только тем сигналам, которые практически одновременно появляются на двух или нескольких антеннах, находящихся далеко друг от друга. Однако даже одновременно появившиеся всплески не обязательно означают регистрацию гравитационной волны. Если на идентичных антеннах сигналы обладают совершенно разной формой, то они не могут быть вызваны одной и той же причиной. Вот этому-то критерию «одинаковости формы» и не удовлетворяет ни одна пара совпадающих сигналов, которые обнаружили В. Б. Брагинский и его сотрудники. Следовательно, сейчас еще нельзя утверждать, что гравитационное излучение открыто.

Перед экспериментаторами стоит нелегкая проблема повышения чувствительности приемников. Существующие антенны рассчитаны на прием гравитационных волн в километровом диапазоне. Перспективным выглядит создание приемников в другом диапазоне длин волн. Действительно, в физических процессах может возникнуть гравитационное излучение с длиной волны в доли сантиметра.

На конференции обсуждалось значение сильных гравитационных полей в астрофизике и космологии. По-видимому, в ближайшее время удастся подтвердить одно из фундаментальных следствий релятивистской теории тяготения — возможность существования объектов, находящихся в состоянии непрерывного сжатия (коллапса). Такие объекты получили название черных дыр, ибо очень быстро после начала катастрофического сжатия они становятся практически невидимыми. Коллапсирующая звезда продолжает излучать свет и другие виды энергии, но кванты теряют так много энергии, вырываясь из сильного гравитационного поля вблизи звезды, что с течением времени они приходят к нам все более «ослабшими» и в меньшем количестве. Обнаружить черную дыру можно, например, по излучению газа, который падает в ее сильном гравитационном поле и нагревается до высоких температур. Сейчас кандидатом № 1 на получение звания черной дыры является рентгеновский источник Лебедь XR-1. Мощное рентгеновское излучение этого источника обладает как раз такими характеристиками, которые соответствуют излучению газа, падающего в очень сильном гравитационном поле.

Оживленную дискуссию вызвал доклад Я. Б. Зельдовича, который познакомил собравшихся с современными представлениями о формировании галактик и ранних фазах космологического расширения. Конечно, пока мы располагаем не такой уж обширной информацией, чтобы с уверенностью судить о столь трудных проблемах. Однако вся совокупность све-



дений о галактиках и их системах, о форме спектра и температуре реликтового излучения уже позволяет отбросить ряд моделей. Неопределенность все-таки остается, и прежде всего она относится к характеру начальных стадий расширения горячего и плотного ионизованного вещества. Современный мир в больших масштабах однороден и изотропен. Это значит, что средняя плотность вещества в объемах, содержащих много галактик, одинакова во всем пространстве (свойство однородности), а взаимное удаление галактик и их скоплений происходит по всем направлениям равномерно, без выделения какого-нибудь одного из них (свойство изотропии). Однородность и изотропия мира подтверждается и свойствами реликтового излучения. К современной картине мира можно прийти, начиная с некоторых, в определенном смысле противоположных, начальных условий. Галактики могли образоваться из очень малых («минимальных») начальных неоднородностей, существовавших на фоне, в общем-то, однородного и изотропно расширяющегося вещества. Силы тяготения, подхватывая малые начальные неоднородности, усиливают их, приводя в конце концов к образованию галактик и их скоплений. С этой точки зрения мир сейчас более неоднороден, чем был когда-то. Но вполне возможно, что современный мир, изотропный и однородный по крайней мере в масштабах, включающих много галактик, есть просто результат сглаживания, выравнивания произвольных

(«хаотических») начальных условий. А тогда ранние стадии космологического расширения нельзя рассматривать как малые отклонения от однородной изотропной модели.

Многие работы, представленные на конференции, были посвящены квантовым явлениям. В них обсуждались вопросы квантования самого гравитационного поля и квантовые поля во внешнем классическом гравитационном поле. Квантование гравитационного поля приводит к понятию гравитона, аналогично тому, как квантование электромагнитного поля приводит к уже привычному понятию фотона. Для правильного описания микропроцессов мы обязаны учитывать квантовые свойства полей. В некоторых случаях квантование гравитационного поля не вносит ничего нового, его можно рассматривать как классическое. Особенно интересна задача о рождении частиц во внешнем классическом гравитационном поле. Суть явления можно понять по аналогии с электродинамикой. Даже в постоянном и однородном, но сильном электрическом поле есть вероятность рождения электронно-позитронных пар. Дело в том, что вакуум представляет собой совокупность виртуальных пар частиц и античастиц\*. Эти частицы как бы появляются на очень короткое время и тут же исчезают, аннигилируют. Но в сильном внешнем поле такая процедура не

проходит для них «безнаказанно». Электроны и позитроны подхватываются электрическим полем и раздвигаются в стороны, после чего они уже существуют как реальные частицы. Аналогичный процесс рождения пар возможен и в сильном переменном или неоднородном гравитационном поле. Роль такого процесса может быть чрезвычайно важной не только потому, что возникают новые частицы, но и в силу их обратного влияния на поле. Рождающиеся частицы стремятся уменьшить то, что вызывает их рождение,— напряженность электрического поля или, например, характер переменности гравитационного поля. И может оказаться, что не все ситуации, разрешенные классическими уравнениями, реализуются в действительности.

К сожалению, некоторое затишье наступило в области «классических» проблем гравитации. Фундаментальная проблема энергии и импульса гравитационного поля, все тонкости инвариантного определения гравитационных волн, проблема существования интегральных законов сохранения в теории тяготения все еще ждут своего решения. Так что есть много интересных и важных вопросов, которые предстоит решать и «чистым» теоретикам и «чистым» экспериментаторам, связавшим свою судьбу с удивительным явлением, которое называется гравитацией.

\* И. Д. Новиков. Гравитирует ли вакуум? «Земля и Вселенная», № 5, 1969 г. (Прим. ред.)

Кандидат физико-математических наук

Л. П. ГРИЩУК



Член-корреспондент АН СССР  
вице-президент Международной комиссии по физической океанографии  
директор Института океанологии  
имени П. П. Ширшова  
А. С. МОНИН

## Курс — Мировой океан

Многолик Океан, разнообразно его влияние на климат и погоду нашей планеты, на пищевые, энергетические и минеральные ресурсы. И люди снова и снова обращаются к его водам.

Куда течет океан? Где берут начало и где заканчиваются его течения? Какие силы поднимают их на поверхность и заставляют опускаться до самого дна?

Новые знания об океанических процессах порою в корне изменяют наши представления о том, что казалось простым, как азбука. Например, если уж согласиться с глобальным перемешиванием океанических вод, то однородность их солевого состава должна сама собою подразумеваться. Конечно же, морская вода всюду одинакова.

Но мы не правы. Не только в разных океанах и на разных широтах, не только вблизи или далеко от берега с его реками-опреснителями, даже в открытом океане иногда через каждые 10—15 миль морская вода может различаться соленостью, температурой и плотностью. Пусть немного — на доли процента. Но и этих «незначительных» долей достаточно, чтобы в близком соседстве обитали различные виды планктона и моллюсков, рыб и животных. Этих долей процента достаточно, чтобы на расстоянии всего в несколько миль буйковые приборы в одном случае обростали ракушками и выходили из строя, а в другом — продолжали исправно передавать сведения о состоянии атмосферы и океана.

Как выяснилось во время седьмого рейса «Дмитрия Менделеева» весной 1972 года в Индийский океан, такие неоднородности встречаются повсюду.

**Чем больше мы узнаем о Мировом океане, тем более удивительными представляются нам новые открытия. Всего около десяти лет назад только мечтали о великолепных судах — плавучих институтах, которые есть теперь у наших исследователей. Ставший легендарным труженик «Витязь», оснащенные новейшей аппаратурой «Академик Курчатов» и «Дмитрий Менделеев» — это лишь авангард научного флота Института океанологии имени П. П. Ширшова Академии наук СССР.**

У морской воды слоистая структура. Притом ее поверхностный слой в свою очередь разбивается на множество микрослоев толщиной в метры или в десятки метров. Горизонтальные слои распадаются на некое подобие «блинов», которые могут иметь в диаметре от двадцати метров до десятков и сотен километров.

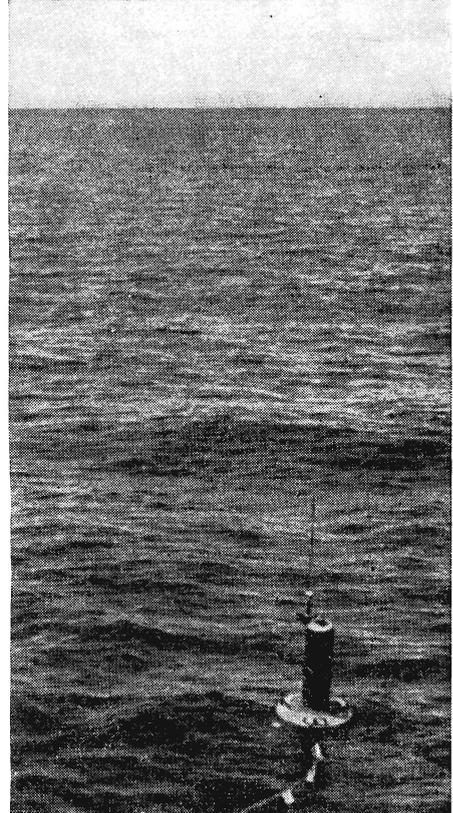
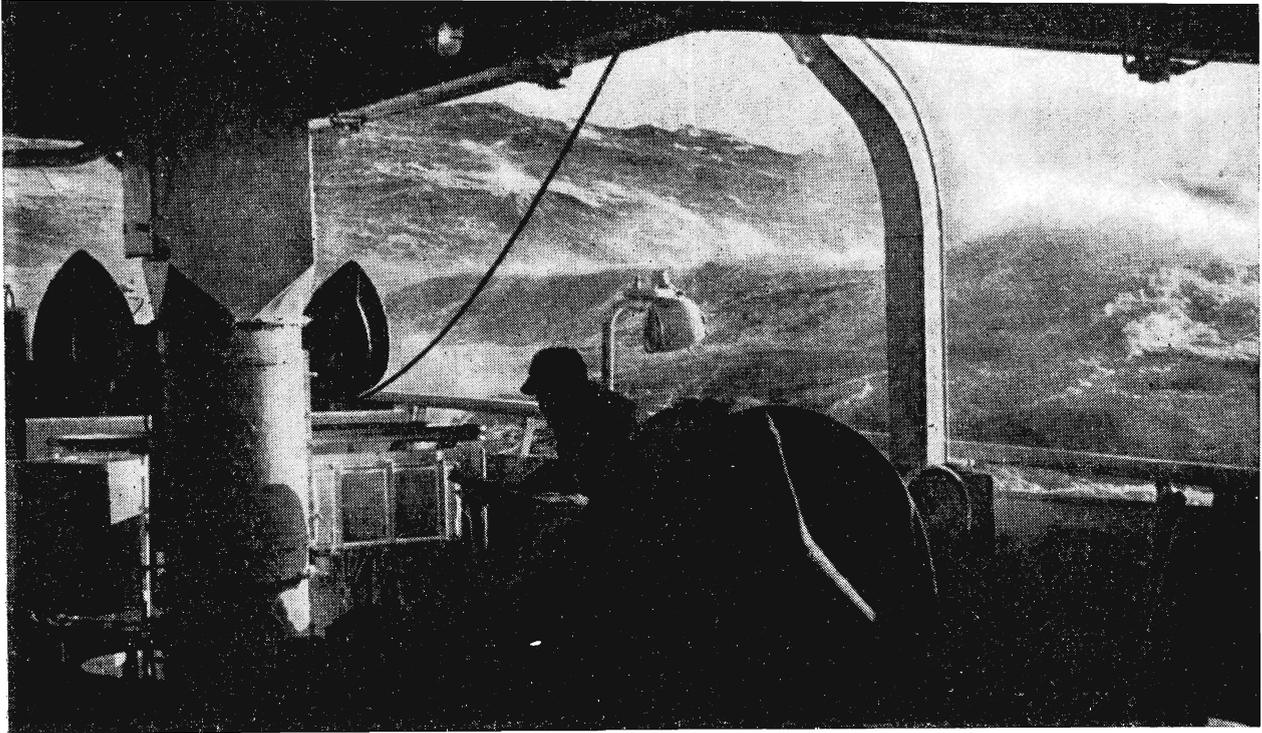
Мы еще не знаем причины возникновения слоистой структуры морских вод. Но, по-видимому, свою лепту в их строение внесли конвективное перемешивание и турбулентность. Во всяком случае, теперь, когда мы получили возможность с борта исследовательского судна зондировать глубины и вести непрерывные наблюдения в пространстве, эту загадку удастся разгадать. Мы работаем теперь с более совершенной техникой и приборами, оснащенными электроникой. У нас появились термохалинозонды — измерители температуры, солености и глубины. Они-то и позволили тщательно исследовать сложную структуру вод Индийского океана.

Поверхностные воды океана представляют особый интерес, поскольку именно они осуществляют обмен влагой и теплом между атмосферой и океаном. Этот сравнительно тонкий слой вод до глубин не более сотни метров подвержен действию сложных механизмов морской турбулентности. Ветер, волны и течения непрерывно создают завихрения, потоки и образуют сложнейший kaleidoscope разнонаправленных сил. Нелегко обнаружить неоднородности в морской воде с помощью несложных приборов вроде ртутных термометров, которыми совсем недавно располагали исследователи. Само по себе явление неоднородности глубинных и, в особенности, поверхностных вод имеет колоссальное практическое значение: термические и химические свойства воды решающим образом влияют на распределение морских организмов. От этих свойств зависят также оптические и акустические характеристики океана.

Водо-, газо- и теплообмен между атмосферой и океаном происходит именно через его поверхностные слои. И если мы хотим получить четкое представление о климатических процессах на нашей планете, нам необходимо точно знать и особенности структуры вод Мирового океана.

*В любую погоду ведутся научные наблюдения на борту корабля (верхний снимок), а когда море успокаивается, за борт опускают самые различные приборы, размещенные в катамаране-носителе (левый нижний снимок). В открытом море остаются буйковые станции с неизменным атрибутом — радиобуем*

Фото В. П. Андрушко





Приблизительно в то же время, когда «Дмитрий Менделеев» исследовал западную часть Индийского океана, на западе Тихого океана работал «Витязь». Экспедицией руководил кандидат физико-математических наук Г. Н. Иванов-Францкевич. Чтобы исследовать течение Кромвелла по всему профилю и на разных глубинах, использовали буйковые станции с самописцами течений. Течение Кромвелла в поперечном сечении имеет форму буквы «П». Оно идет на восток под слоем поверхностного пассатного течения, направленного на запад. Однако внизу, в ложбине этого течения, проходит еще один, тоже мощный, поток. Оказывается, что вся эта сложная система очень стабильна. Даже встретившись на пути с островами, течение лишь огибает их с двух сторон, сохраняя первоначальную структуру.

В последние годы обнаружены течения и противотечения глобального масштаба, о которых тысячелетиями и не подозревали плавающие по океанам моряки. Экспедиция в двенадцатом рейсе «Академика Курчатова» исследовала гидрофизические свойства океана в Атлантике. Изучались преимущественно крупномасштабные процессы. Под руководством профессора В. Г. Корта, удостоенного Государственной премии за исследование системы тропических течений Атлантики, проводились подробные измерения самописцами течений на буйковых станциях. Работа эта трудоемка, зато дает возможность получить более точную информацию об изучаемом процессе, чем с борта корабля.

Разумеется, исследование Мирового океана невозможно без кораблей,

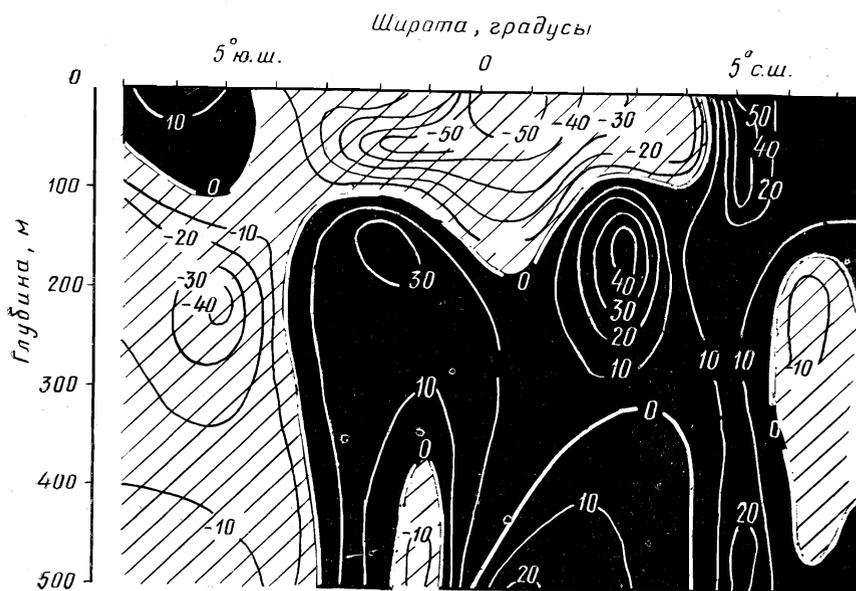
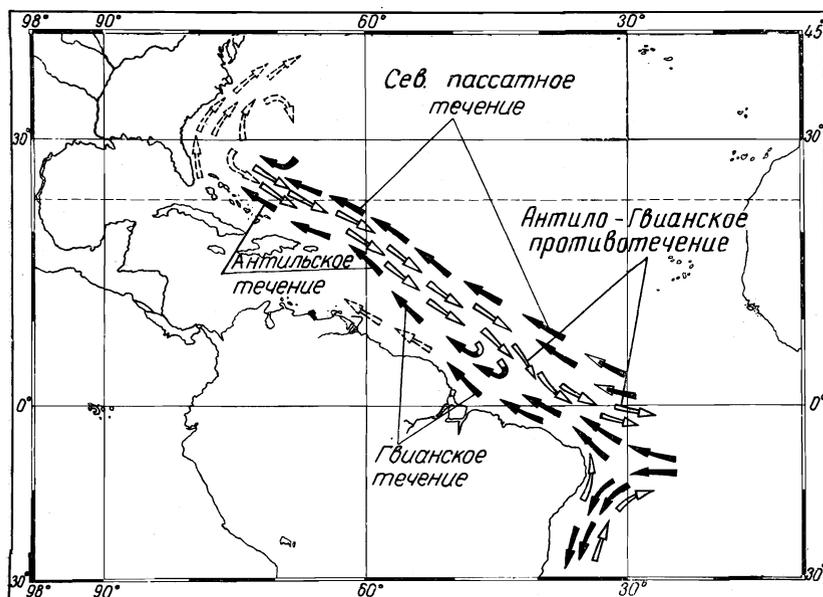
оснащенных современной техникой. Однако в последние годы все большую популярность завоевывают скромные буйковые станции с различными гидрологическими приборами. Они способны нести службу многие недели, а то и месяцы. И если учесть, что такие станции контролируют свой участок длительное время, то видно их преимущество перед самыми великолепными судами. Ведь любому кораблю стоит больших усилий неподвижно удерживаться в определенной точке. Буйковые станции относительно недороги и места занимают немного. В случае необходимости их можно разместить в любом количестве на большом исследовательском полигоне. И тогда океанические процессы на этой акватории предстанут не только в пространстве, но и во времени. А это очень важно для получения истинной картины.

Изучать циркуляцию вод и атмосферные явления в тропических районах Мирового океана особенно интересно. Для тропиков характерны постоянные квазистационарные пассатные ветры. Там зарождаются многие мощные течения. Их структура как по горизонтали, так и по вертикали чрезвычайно сложна, да и направлены они в различные стороны. Как выяснилось в прежних экспедициях, структура и направление глубинных течений и противотечений не менее сложны, чем на поверхности.

До 1969 года схему течений в тропической Атлантике представляли примерно так: вдоль Бразилии проходит Гвианское течение (продолжение Южно-пассатного), близ Малых Антильских островов часть вод пере-

направляется на северо-запад и называется уже Антильским течением. С севера к этому району подходит Северо-пассатное течение. Когда на «Курчатове» исследовали систему тропической циркуляции в районе Антильских и Багамских островов, оказалось, что между Антильским и Северо-Пассатным течением есть мощное противотечение — Антило-Гвианское. Оно направляется к юго-востоку и опускается от поверхности до глубин 600—800 м. Этот поток несет массу воды, примерно равную по объему половине Гольфстрима, протяженность его более 3 500 миль. В районе экватора это течение сливается с Южным пассатным течением и течением Ломоносова. Но где оно начинается? Какие воды его питают? Ведь каждому ясно, что даже маленький ручеек обязательно должен иметь источник питания. А морское течение несет свои воды в той же воде и в воде зарождается. Задачей экспедиции 1972 года было найти район зарождения Антило-Гвианского противотечения.

В западной части тропической зоны Атлантического океана сходятся три мощных течения — Флоридское, Антильское и Северо-пассатное. В месте их «встречи» образуется система квазистационарных вихрей. Эти вихри, напоминающие водовороты в реках, имеют, однако, десятки километров в диаметре. Как и в реке, вихри в океане возникают над котловинами или возвышенностями. Несколько таких вихрей, динамически взаимодействуя, создают поступательное движение вод к юго-западу от Саргассова моря выявили и объяснили участ-



■ *Схема поверхностных течений тропической Атлантики после 1969 года. (Иллюстрация заимствована из статьи В. Г. Неймана)*

■ *Течение Кромвелла. Показаны составляющие скорости потока, парал-*

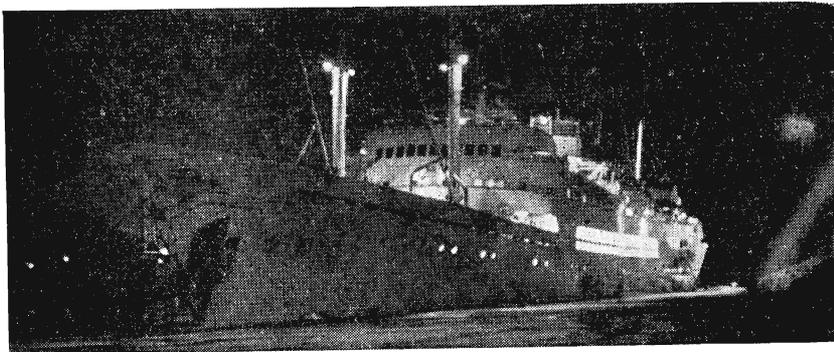
*лельные экватору в плоскости, проходящей через меридиан 172° в. д. Числами со знаком + обозначено течение, направленное на восток, числа со знаком — показывают направление на запад. (Иллюстрация заимствована из работы В. А. Буркова и И. М. Овчинникова)*

ники экспедиции. Согласно гипотезе профессора В. Г. Корта, тот же механизм течений, по-видимому, характерен для многих районов Мирового океана. И это очень важно знать, поскольку мы исследуем не только систему водообмена и переноса тепла в океане, но также систему океан — атмосфера. Сведения о течениях необходимы для разработки методов прогноза океанографических условий в рыбопромысловых районах и, вообще, для разработки прогнозов погоды и климата.

Тринадцатый рейс «Академика Курчатова» снова проходил в тропической Атлантике. Но задачи его были иными. Под руководством заместителя директора Института океанологии по Атлантическому отделению К. В. Морошкина наше судно вместе с четырьмя кораблями Гидрометеослужбы СССР провело своеобразную репетицию запланированного на 1974 год Международного комплексного исследования по программе ПИГАП\*. Программа включает исследования верхнего слоя моря и тропических метеорологических условий не только с кораблей и буйковых станций, но и с искусственных спутников Земли.

Известно, что со спутников можно фотографировать облака и волны, измерять температуру моря и оценивать высоту волн. Главное — научиться читать «телеграммы» со спутника. А для этого нужно провести серию синхронных исследований со спутников и кораблей. Сравнивая данные тех и других, мы получим «ключ» к

\* А. С. Монин. Глобальная атмосферная исследовательская программа. «Земля и Вселенная», № 1, 1969 г.



спутниковым шифрам. Такая тренировка и была задачей этой экспедиции.

Выяснилось, что спутники позволяют производить исследования океана, недоступные кораблям. Например, ветровые волны практически невозможно измерять с судов, потому что они и сами раскачиваются относительно поверхности океана. Формируется чрезвычайно сложное поле разнонаправленных сил. Попробовали использовать маленький акустический локализатор, который с корабля посылал импульс к волне. И одновременно измеряли качку судна. Оказалось — удачно. Но как сопоставить это с данными спутника?

Со спутника можно измерять температуру моря. Но возникают новые трудности: морская пена создает такие световые помехи, что на фотографии она выглядит, как раскаленный очаг. До сих пор никто не измерял количество морской пены с судна, — вроде, не было необходимости. Однако теперь пришлось разработать даже специальные нормативы в баллах.

Используя спектральные методы измерения, можно оценить концентрацию фитопланктона по количеству хлорофилла в его массе. Участники рейса «Академик Курчатова» разработали и новую методику определе-

ния концентрации фитопланктона с судна — по измерению количества хлорофилла с помощью спектроскопа. А чтобы убедиться в точности расчетов, отлавливали фитопланктон сетками. И каждый раз расчеты подтверждались. Теперь необходимо накопить побольше статистических данных, чтобы без сетей, «на глаз» оценивать концентрацию этих мельчайших растительных организмов в морской воде. До тринадцатого рейса «Академик Курчатова» с очень небольшой долей правдоподобия можно было лишь предположить, что если море позеленело, значит здесь скопились микроскопические водоросли. В действительности море способно принимать богатейшую гамму оттенков от сине-черного до зеленого.

Одиннадцатый рейс «Академик Курчатова» возглавлял доктор биологических наук Н. В. Парин. Этот рейс справедливо назвать героическим. Он проходил в антарктических водах,

в районе глубоководного желоба Сандвичевой впадины. Здесь всегда штормит, а сильная качка не дает возможности работать с приборами, опущенными за борт. Но участникам экспедиции, благодаря усилиям великолепной судовой команды, удалось собрать богатейшую фауну с глубины более 8 000 м. Как правило — это иглокожие, типичные для глубоководных желобов. Но их количество и разнообразие поистине впечатляют. Ведь работы проходили в холодной Антарктике. Однако холод — не помеха для развития жизни: донные антарктические воды во много раз богаче тропических. В тропиках перемешивание донных и поверхностных вод, как правило, задерживается большим перепадом температур. Питательные органические вещества там скапливаются у дна, где нет света. А хорошо освещенные поверхностные воды бедны органикой.

Район Сандвичевой впадины — в выгодном положении, поскольку свободные от льда поверхностные воды хорошо освещены, а циркуляция вод со дна на поверхность обогащает

## РЕЙС В ОКЕАНИЮ

Трудно представить себе крупную морскую экспедицию, более насыщенную разнообразными научными сведениями, чем шестой рейс «Дмитрия Менделеева».\*

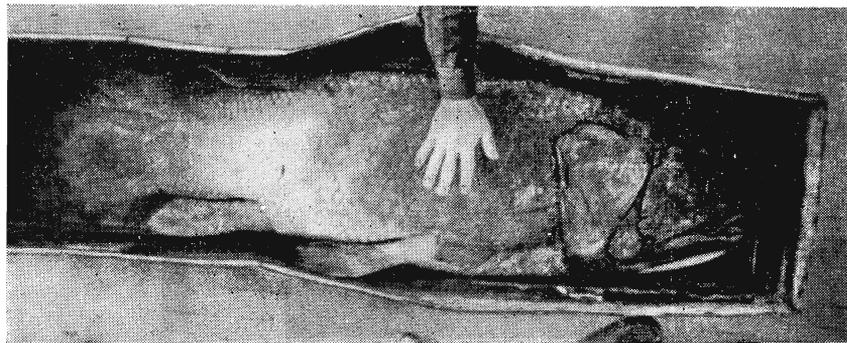
В Северо-Фиджийской котловине геологи и геофизики выявили редкостную неоднородность земной коры со сложным рельефом, строением и структурой физических полей, сви-

\* В. Н. Басилов, Н. А. Марова. Экспедиция в Океанию. «Земля и Вселенная», № 6, 1972 г.



Научно-исследовательский корабль «Академик Курчатова» в Атлантическом океане

Фото В. П. Андрушко



толщу океана питательными компонентами. Планктонным населением Антарктика также оказалась богаче, чем тропики. И пожалуй, правильнее сопоставить Антарктику не с арктическими, а с умеренными широтами, где так же четко выражены сезонные изменения.

Любопытно, что участники других экспедиций, в том числе и американских, проводя исследования планктона, нередко приходили к выводу, что его концентрация здесь не так уж велика. Эти экспедиции работали летом, а «Курчатов» — ранней весной, когда молодые планктонные организмы населяют самые верхние слои океана. Советские биологи пришли к выводу, что постепенно старшие поколения планктона опускаются в толщу вод и потому с трудом обнаруживаются с корабля,

Немало новых видов животных и

рыб привезли наши экспедиции. Среди известных, но редкостных экземпляров оказался и целакант. Эта рыба-страшилище «умудрилась» не вымереть в течение многих миллионов лет. Но ареал ее обитания ограничен парой островов в Индийском океане. Острова находятся под контролем Франции, поэтому целакант был куплен у французов.

В середине лета «Дмитрий Менделеев» вернулся из восьмого рейса на этот раз к восточно-тихоокеанским

Целакант — единственный представитель кистеперых рыб, сохранившийся до наших дней. Впервые эта рыба-страшилище была поймана в 1938 году в Индийском океане. Целакант (лягимерия) может достигать в длину 180 см, вес его колеблется от 19,5 до 95 кг. На снимке — экземпляр, купленный у французов в седьмом рейсе «Дмитрия Менделеева»  
 Фото С. И. Чувильчикова

берегам Южной Америки. Этой геологической экспедицией руководил доктор геолого-минералогических наук А. П. Лисицын. Предметом исследований были осадочные породы. Удалось обнаружить значительные и на больших площадях скопления тяжелых металлов и железа. По ряду признаков они напоминают гидротермальные месторождения, характерные для рифтовых зон, где к поверхности земной коры поднимается материал верхней мантии. Но, как правило, подобные месторождения образуются в виде жил и не бывают слишком обширными. Явление, подобное тихоокеанскому, известно в Красном море, ложе которого вообще не соответствует обычным представлениям о морском дне\*.

Богатейшие коллекции, добытые нашими экспедициями, находятся в Москве и ждут тщательного исследования.

\* Ю. А. Владимирцев, А. Н. Косарев. Красное море — океанологический феномен. «Земля и Вселенная», № 2, 1972 г.

детельствующих о современных процессах, протекающих в этом районе Земли.

А на острове Лорд-Хау — обломке древней суши, напротив, было обнаружено множество редкостных видов горных растений, издревле характерных именно для этого острова. Здесь ничто не менялось миллионы лет.

Биологи исследовали коралловые атоллы и пришли к выводу, что морское население атоллов образует очень устойчивые замкнутые экологические системы. Удалось выявить причины, превратившие атоллы в

своеобразные оазисы среди сравнительно бедных населением открытых просторов Тихого океана. В будущем атоллы могут стать базой для направленного морского хозяйства, поэтому следует досконально изучить законы, которые поддерживают в них жизнь. А законы эти оказались очень строгими.

Биологам удалось опровергнуть утвердившееся мнение, будто жизнь тропических морей настолько многообразна и безудержна, что каждый из видов животных и растений развивается там стихийно. Применив новую методику подсчета, биологи

убедились, что в тропиках, так же как в морях умеренных и полярных широт, соблюдается четкое соотношение хищников и травоядных, крупных и мелких организмов.

Все эти исследования в дальних тропических краях, сколь узкими ни казались бы они нам, жителям умеренного пояса Земли, необходимы для правильного понимания глобальных процессов, происходящих на нашей планете, и в конечном итоге — для правильного хозяйствования в наших широтах.

Л. С. КАЙЫШЕВА

## Программа «Черномор-72» завершена

Пять лет мы работаем с «Черномором». И каждый раз снова и снова напряженная подготовка систем «Черномора» и плавбазы к рабочему сезону, горячие дни перед спуском лаборатории на воду и наконец — спуск семидесятитонной махины, требующая ювелирной точности, прокладка по дну моря многочисленных кабелей к месту стоянки «Черномора», привычный ритуал погружения лаборатории и заселения, ритмичная работа надводных вахт, всегда волнующие минуты всплытия, радость встречи после морского «плена» и неспешная процедура подъема «Черномора» на берег. Каждый год одно и то же и... все-таки много нового.

1968 год. Работали в «Черноморе» на глубине около 14 м по 4—6 дней. Сетью кабелей и шлангов был привязан тогда наш подводный дом к плавбазе и полностью от нее зависел.

1969 год. Удалось уже 13 дней пробыть на глубине 24 м, но автономность дома все еще была весьма ограниченной: даже акваланги управлялись на плавбазе.

1970 год. «Черномор» испытан на горизонте 30 м.

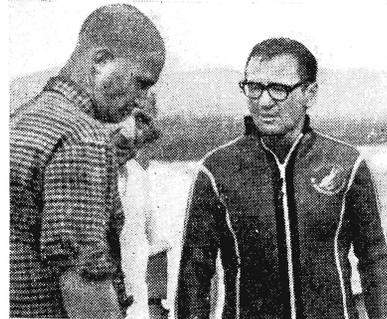
1971 год. 51 день работал экипаж на глубине 15 м. Это было второе по длительности погружение после американского экипажа в эксперименте «Тиктайт». Все годы, заканчивая очередной сезон, мы приближали время уверенного освоения предельной для конструкции «Черномора» глубины — 30 м. Тридцать метров... Это очень серьезный рубеж. Это глубина, аварийный выброс с которой грозит акванавту гибелью.

1972 год мы начали подготовкой к сезону погружения на 30 м. Хорошо

оснастили береговую базу компрессорами, газохранилищами, барокамерами, необходимым парком водолазного снаряжения. Было переоборудовано научно-исследовательское судно «Академик Л. Орбели», названное в честь основоположника отечественной водолазной физиологии. Здесь и барокамера, и стыкуемый с ней водолазный колокол, предназначенный для эвакуации акванавтов и последующей декомпрессии, и телевизионные установки, и гидроакустическое переговорное устройство. Одним словом, сложное и большое хозяйство на земле, на воде и под водой.

После неоднократных модернизаций на «Черноморе» выкроили место для многодневного запаса дыхательной смеси и электроэнергии, комплектов водолазного снаряжения. Теперь акванавты могут по несколько часов работать за бортом лаборатории. «Черномор» вызвал к жизни в Институте океанологии новую профессию — акванавт-исследователь. Сейчас в отряде акванавтов уже 20 человек. Это люди с отличным здоровьем, имеющие профессиональную водолазную квалификацию, за плечами у них сотни и тысячи часов подводной жизни. Половина из них — воспитанники университетов. Помогая «Черномору» на воде и под водой, трудятся инженеры О. Н. Скалацкий, Л. Г. Братков, Ю. М. Беляев, А. А. Жильцов и водолазы I класса О. А. Куприков, В. А. Давидович, Н. Е. Левченко, А. Ф. Юрчик.

Руководители основных групп обеспечения экипажей тоже не новички в подводных делах. Медицинский «надзор» проводит извест-



■ За 10 минут до погружения. Слева направо: Н. Е. Левченко, В. Г. Якубенко, Ю. М. Беляев, В. П. Николаев, И. П. Сударкин

■ Два капитана: И. П. Сударкин провозглашает В. П. Николаева в «подводное плавание»

■ Французские специалисты по глубоководным погружениям человека. Президент COMEX А. Делоз и директор фирмы SNEHO К. Рифо посетили Южное отделение Института океанологии АН СССР и «Черномор». На снимке в центре группы экс-чемпионы мира и Олимпийских игр Олег Протопопов и Людмила Белюсова, пятый слева А. Делоз, рядом с ним К. Рифо; первая справа — мадам Рифо; во втором ряду — заместитель директора Института океанологии А. А. Аксенов

■ Подводная лаборатория «Черномор». Снимок 1972 года





ЭКСПЕДИЦИИ

ный врач-физиолог, кандидат, медицинских наук В. А. Гриневич, а техническое обеспечение — инженер-физик И. П. Сударкин. Водолазную службу возглавляет А. Д. Насонов.

В конце мая 1972 года «Черномор» был спущен на воду. С 25 июня по 7 июля проводились испытания систем подводной лаборатории и тренаж акванавтов. За две недели на глубине 13 м подводный дом обживали 18 акванавтов, работая по 2—4 дня каждый. После испытаний и тренажа 4 августа «Черномор» опустился на рабочую глубину 31 м, а 8 августа в него вошли новоселы: командир экипажа И. П. Сударкин, гидрооптик В. Г. Якубенко, борт-инженер Ю. М. Беляев, старшина водолазной станции Н. Е. Левченко. Вечером 12 августа состав экипажа пополнился геофизиком Р. Д. Косьяном. В течение нескольких дней экипажу пришлось работать в весьма неблагоприятных условиях — при температуре воды 8—12°С, при малой прозрачности и сильном течении. Но даже и в плохую «погоду» акванавты работали за бортом лаборатории по несколько часов в сутки.

Экипаж выполнил литодинамические, гидрооптические, биологические и медико-физиологические исследования. После трех недель пребывания на морском дне акванавты перешли в водолазный колокол, который поднял их на борт научно-исследовательского судна «Академик Л. Орбели» для двухсуточной деком-

прессии в барокамере. Покинутый «Черномор» вновь заселили 11 сентября. Во втором экипаже были инженер-физик О. Н. Скалацкий, он же борт-инженер и заместитель командира экипажа, биогеограф Н. Е. Денисов, старшина водолазной станции В. А. Давидович. Океанолог О. А. Кузнецов спустился в подводную лабораторию 17 сентября, а 29 вошел в состав экипажа и принял на себя командование автор этих строк.

Новый экипаж продолжил работы, начатые его предшественником, на геологическом и биологическом полигонах, а также на гидрооптической мачте. «Погода» за стенами дома еще больше ухудшилась. На второй неделе работы разыгрался шторм. Закрепленная четырьмя якорями плавбаза прыгала на волнах, как маленькая шлюпка, но держалась. Волнение распространилось до самого дна, «Черномор» качался так, словно не было над ним тридцатиметровой толщи воды — крен достигал 25—30°.

Несмотря на тяжелые условия, второму экипажу удалось поработать на глубине 24 дня. После осуществления программы было принято решение декомпрессировать экипаж в самом подводном доме. Поэтому 5 октября мы всплыли, нас отбуксировали к причалу в Голубой бухте, и до 9 октября мы все еще находились в «плёну». А затем бывшие акванавты приступили к обработке полученной научной информации.

Работами 1972 года завершён пяти-

летний план Института океанологии в области подводных исследований с участием акванавтов. Мы освоили предельную для «Черномора» глубину. Более того, мы вплотную подошли к рубежу применения азотно-кислородных дыхательных смесей. Для следующего шага в глубины потребуется новая техника. Вероятно, основным элементом новой техники должны быть палубные гипербарические комплексы — устройства, состоящие из барокамеры, которая позволит достаточно долго работать в условиях повышенного давления, и водолазного колокола, обеспечивающего безопасный спуск акванавтов, их работу на глубине и последующее возвращение в барокамеру.

Для подготовки к работам в таком режиме Южное отделение Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР по инициативе В. А. Гриневича уже провело серию экспериментов. Водолазы-испытатели жили и работали под разным давлением по 10—15 дней. Давление в барокамере соответствовало последовательно глубинам 10, 20, 30 и 40 м. Впереди — новые испытания и преодоление новых рубежей.

Кандидат технических наук  
**В. П. НИКОЛАЕВ**

Фото В. И. Ефремова



Доктор Х. БЕРНХАРД,  
главный редактор журнала  
«Астрономия в школе» (ГДР)

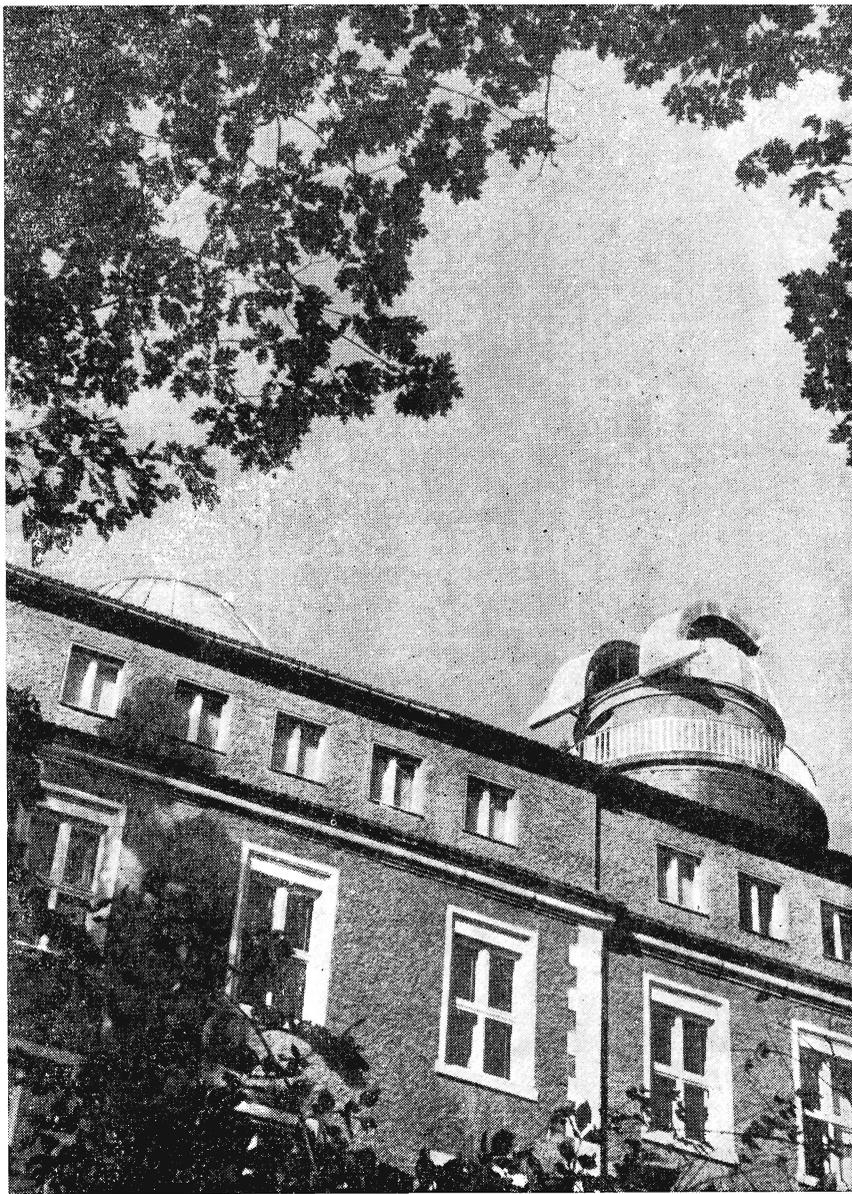
## Школьная обсерватория в Баутцене

В настоящее время уже можно окинуть взглядом успешную 50-летнюю деятельность обсерватории в Баутцене. Она известна за пределами Германской Демократической Республики как школьная обсерватория и станция наблюдений искусственных спутников Земли. Эта, пожалуй, самая старая на территории обоих немецких государств школьная обсерватория основана в 1922 году учителем средней школы Иоганном Францем (1892—1956), который с юношеских лет был страстным любителем астрономии.

До 1925 года обсерватория размещалась на крыше здания реального училища. Франц, получавший из общественного фонда лишь незначительные средства и расходовавший большие собственные средства, шаг за шагом отстраивал обсерваторию вместе с учащимися и любителями астрономии. Оборудование обсерватории состояло вначале из 80-миллиметрового рефрактора, а затем 6-дюймового рефлектора. Телескопы находились в помещении с двумя раздвижными окнами, обращенными на юг.

Франц всегда с исключительной любовью и добросовестностью работал с любознательными школьниками. Неумолимо и усердно знакомил их с элементарными вопросами астрономии, обучал технике наблюдений. Он неизменно требовал от учащихся самостоятельности. Тщательная

■  
*5-метровый купол школьной обсерватории в Баутцене*



«Astronomie in der Schule», № 4,  
1972 г. Перевод Е. П. Левитана.



подготовка, проведение и обработка астрономических наблюдений служили также и научным целям. Так, они проводили наблюдения некоторых явлений солнечной активности, следили за изменением блеска переменных звезд и наблюдали другие небесные объекты.

С самого начала специфика задач обсерватории в Баутцене определила ее назначение как школьной обсерватории. Здесь получили возможность заниматься астрономией (и, прежде всего, практическими наблюдениями) все увлеченные этой наукой молодые люди, независимо от их социального положения.

Хотя в последние дни войны, во время боев в Баутцене, почти весь инвентарь обсерватории был уничтожен, обсерватория благодаря усилиям Франца вскоре возобновила свою деятельность. Среди первых посетителей обсерватории в 1945 году были офицеры советской городской комендантуры. В последующие годы работа обсерватории сосредотачивалась, прежде всего, на целеустремленном распространении астрономических знаний среди трудящегося населения и, особенно, среди школьников.

В 1956 году обсерватория перешла в ведение Сорбишского института, созданного для подготовки учителей, и руководителем ее стал Г. Нитшманн. Он был когда-то учеником Франца и получил у него первоначальные знания по астрономии. При поддержке государства новая обсерватория приобрела современные инструменты и приборы. В 5-метровой башне установили 130-миллиметровый цейссовский рефлексор на парал-

лактической монтировке с часовым механизмом. В 1970 году этот инструмент заменили 400-миллиметровым рефлексором Кассегрена, который изготовил сотрудник обсерватории Г. Нимц с рабочими шефствующего завода. Кроме того, с 1966 года обсерватория имеет в своем распоряжении малый цейссовский планетарий.

Школьная обсерватория в Баутцене, являясь ныне районным кабинетом усовершенствования знаний учителей, концентрирует свои силы на проблемах народного образования. Введение обязательного преподавания астрономии в средней школе определило профиль работ обсерватории. Здесь повышают свою квалификацию учителя астрономии, ведутся занятия со школьниками, а сама обсерватория играет роль научно-просветительного центра. Кроме того, в ней много лет успешно наблюдают искусственные спутники Земли.

С 1961 года в обсерватории функционируют центральные курсы повышения квалификации учителей астрономии. На ставших уже традиционными «Днях школьной астрономии», впервые организованных в 1964 году, известные специалисты-астрономы, философы и передовые учителя астрономии рассказывают о результатах своих работ. С 1970 года Министерство народного образования ГДР возложило на обсерваторию в Баутцене ответственность за проведение лекций, семинаров и других занятий по специально-методической программе повышения квалификации учителей астрономии. Если в 1970 году на курсах занималось 100 учителей из всех районов ГДР, то в 1972 году их стало

уже 170. Инициатива обсерватории получила дальнейшее развитие в совместной работе с Техническим университетом и Высшей педагогической школой в Дрездене, где принимаются дополнительные экзамены по специальности «учитель астрономии». На семинарах в Высшей педагогической школе уже 150 учителей астрономии успешно подготовились к экзаменам.

В школьной обсерватории в Баутцене находится редакция журнала «Астрономия в школе» («Astronomie in der Schule»). Деятельность редакции теснейшим образом связана с работой обсерватории. Личные контакты редакции с учителями астрономии положительно сказываются на развитии журнала.

Сотрудники обсерватории и редакции журнала принимают деятельное участие в разработке многочисленных материалов для преподавания астрономии в средней школе. Это — программа, учебник и методическое пособие по астрономии, программа курсов повышения квалификации учителей астрономии, различные пособия в помощь сдающим дополнительный экзамен по астрономии, а также материалы, посвященные развитию и апробированию методических новшеств. Сотрудники обсерватории участвуют и в перспективных работах Академии педагогических наук ГДР, например в подготовке «Методики преподавания астрономии в средней школе».

Наряду с деятельностью, направленной на повышение квалификации учителей астрономии, обсерватория использует имеющиеся возможности для работы в области школьной практической астрономии. В планетарии

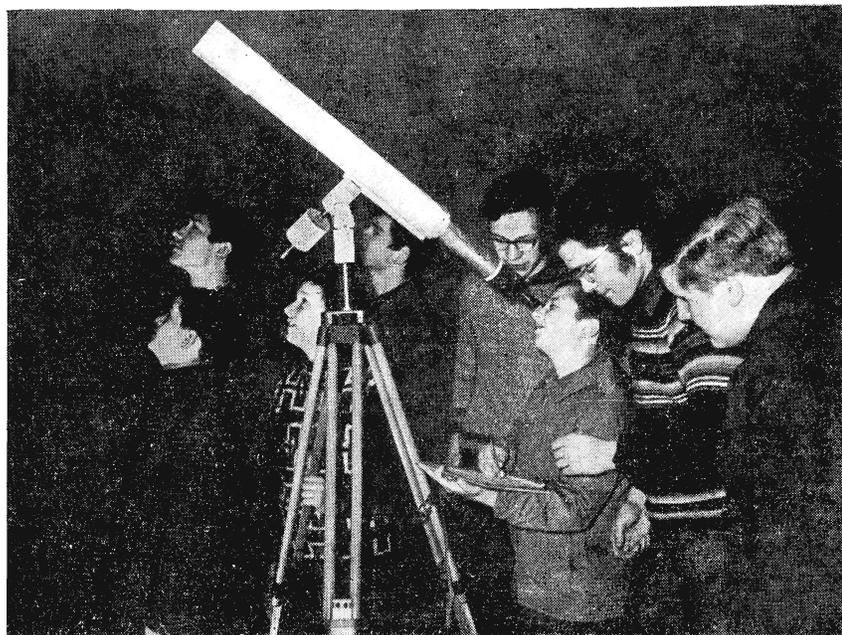


обсерватории ежегодно свыше 6500 учащихся 10 классов приобретают навыки в ориентировке по звездному небу. Каждый год почти 8000 участников молодежных культурно-просветительных мероприятий, организуемых на обсерватории в праздник совершеннолетия, знакомятся с результатами советских исследований космического пространства. Регулярно проводятся экскурсии по обсерватории. Ежегодно свыше 13 000 граждан получают наглядное представление о Вселенной.

Разумеется, обсерватория продолжает и традиционные занятия со школьниками. В течение учебного года школьники 7—10 классов знакомятся с основами и методами астрономии, а затем на протяжении двух лет подростки, занимающиеся в кружке юных астрономов, выполняют различные астрономические наблюдения. Они могут уже помогать учителю в проведении обязательных наблюдений, предусмотренных курсом астрономии 10 класса.

Широкий спектр деятельности обсерватории и ее образцовая работа способствовали тому, что в последнее десятилетие обсерватория стала центром, где решаются разнообразные проблемы школьной астрономии в ГДР.

Оптические наблюдения искусственных спутников Земли, которые ведутся с 1957 года на обсерватории в Баутцене, неоднократно отмечались Астрономическим советом Академии наук СССР.



■ И. Франц — основатель обсерватории в Баутцене — проводит наблюдения со своими учениками

■ Наблюдения со школьным телескопом



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

## «Служба Солнца» ОМСКИХ ШКОЛЬНИКОВ

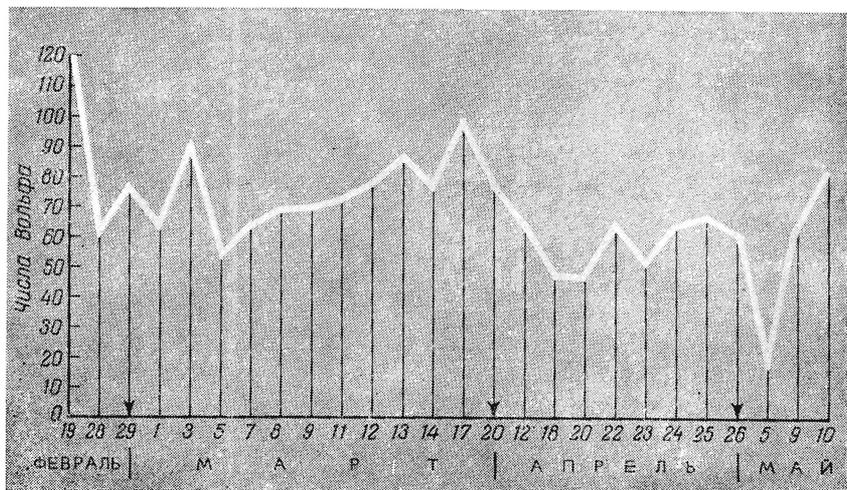
Учителям астрономии, как правило, с большим трудом удается проводить астрономические наблюдения в школах. Пытаясь улучшить преподавание астрономии, повысить интерес школьников к этому предмету, столь важному для формирования материалистического мировоззрения, в некоторых школах прибегают к различным формам внеклассной работы. Это — астрономические кружки и олимпиады, лекции в планетарии.

Вот уже несколько лет в средней школе № 72 города Омска успешно работает астрономический кружок. Я расскажу о работе одной из его секций — секции «Служба Солнца». Сейчас в ней занимаются 17 школьников.

Очень много времени отводится наблюдениям нашего светила. Поступающий в секцию начинает с простейших наблюдений — с определения высоты Солнца над горизонтом. Ему приходится ежедневно (если, конечно, позволяет погода) в местный полдень измерять высоту светила самодельным угловым инструментом, кольцом Глазенапа или теодолитом с фильтром. По данным наблюдений строится график изменения высоты Солнца в полдень.

Через несколько месяцев наблюдения усложняются. Школьник исследует изменение солнечной освещенности на горизонтальной поверхности. Ученики изготовили для этого два самодельных светочувствительных прибора. В одном из них использовано фотосопротивление, в другом — фотоэлемент.

После освоения простейших светочувствительных приборов школьник знакомится с работой еще одного



Кружковцы готовятся к наблюдениям Солнца

Изменение относительных чисел Вольфа в начале 1972 года. Числа Вольфа определялись по формуле

$W = 10g + f$ , где  $g$  — число групп и  $f$  — число пятен. График построен по наблюдениям, выполненным учениками 10 класса А. Гринблатом, В. Козырем, В. Барабановым, В. Золотухиным, М. Зубовым и В. Дьяковым



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

прибора — пиранометра. Он измеряет суммарную радиацию Солнца, падающую на горизонтальную поверхность. Приемником пиранометра служит термобатарея, помещенная под стеклянным колпаком. Она состоит из 77 термоэлементов, соединенных последовательно. Нечетные спай термобатареи окрашены в черный цвет, четные — в белый. Черные поля лучше поглощают солнечную радиацию, чем белые, поэтому и образуется термоэлектродвижущая сила, пропорциональная разности температур между спаями термобатареи. Поток солнечной радиации определяется по отклонению стрелки гальванометра, который соединен с пиранометром.

И наконец, школьник приступает к наблюдениям явлений в фотосфере

Солнца. Наблюдениям предшествуют теоретические занятия. Школьник знакомится с характеристиками солнечной активности, с классификацией солнечных пятен, предложенной Пулковской обсерваторией, с методикой определения относительных чисел Вольфа. Занятия сопровождаются решением и разбором конкретных задач.

Хорошо усвоив теоретическую часть, школьник изучает аппаратуру и методику, а потом начинаются наблюдения Солнца. И вот тут нередко наблюдателя-новичка подстерегает разочарование. Зная сколь огромны размеры пятен (отдельные пятна превосходят диаметр земного шара), они первое время просто не замечают их на солнечном диске, принимая за дефекты оптики телескопа

или соринки. И руководителю кружка приходится доказывать такому наблюдателю, что эти «соринки» находятся именно на поверхности Солнца.

Постепенно школьник учится подсчитывать пятна, классифицировать их, зарисовывать, оценивать размеры и площадь солнечных пятен. Затем следуют увлекательные фотографические наблюдения Солнца.

В школе уже есть опытные наблюдатели. Это — ученики 10 класса А. Гринблат, М. Зубов, В. Барабанов, В. Козырь, В. Золотухин, В. Дьяков. Результаты выполненных ими наблюдений обрабатываются и публикуются в «Известиях астрономического кружка и ученического научного общества».

К. А. ЛУПОЙ



ОТВЕТЫ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

Дорогая редакция!

**Я недавно прочитал сообщение об открытии малой планеты. Ее назвали именем Гагарина. Расскажите, пожалуйста, о ней.**

**А. ЛАПТУРОВ**  
Краснодар

По просьбе редакции на этот вопрос отвечает профессор Н. С. ЯХОН-

ТОВА (Институт теоретической астрономии АН СССР).

Малая планета, которая носит имя Юрия Гагарина, была открыта Людмилой Ивановной Черных. Сотрудница Крымской астрофизической обсерватории АН СССР обнаружила планету в созвездии Льва 6 февраля 1968 года. В том же году планета наблюдалась 20 февраля, 3 и 22 марта.

Согласно действующим правилам, планета получила предварительное обозначение 1968 СВ. Напомним, что предварительное обозначение включает год открытия и две латинские буквы, одна из которых соответствует номеру полумесяца в году, когда астероид открыли, а вторая — порядку открытия астероида в этом полумеся-

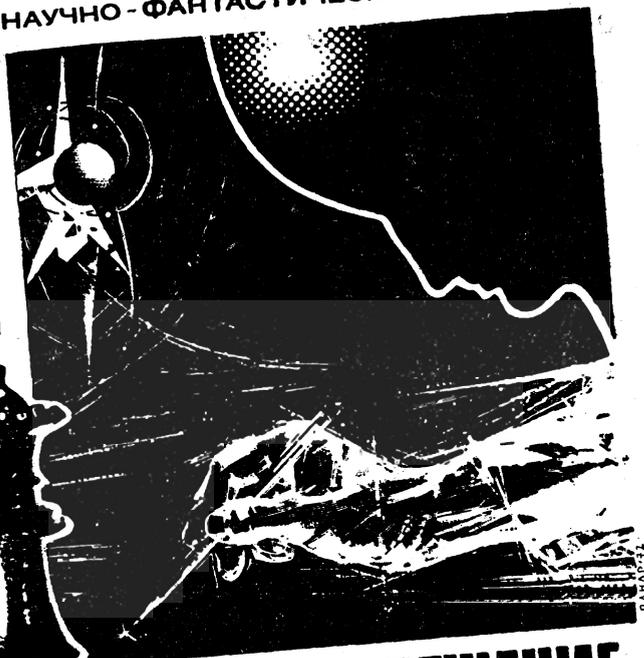
це. Постоянный номер 1772 новой планете присвоили только в 1970 году, после того как ее отождествили с другими нумерованными планетами и американский астроном К. Бардвелл исправил с учетом возмущений элементы ее орбиты.

Право дать имя планете предоставляется открывшему ее. Л. И. Черных назвала планету «Гагарин». Название было утверждено в 1972 году Планетным центром в Цинциннати.

Новая планета невелика. Измерить ее диаметр пока не удалось, но, по видимому, он не превосходит 10—12 км.

Кстати, в честь советских космонавтов названы еще четыре малые планеты: 1671 Чайка, 1789 Добровольский, 1790 Волков, 1791 Пацаев.

ВИКТОР КОМАРОВ



## ЭТЮДНОЕ РЕШЕНИЕ

Транспортный звездолет «Омикрон» совершал очередной рейс к Мегосу, имея на борту двенадцать человек экипажа и 360 пассажиров. Капитан Менг и штурман Гасконди молча смотрели на табло и оба отчетливо понимали, что положение безвыходное... Ошибка произошла в момент выхода из гиперпространства. Что-то не сработало в сложном хозяйстве автоматического управления кораблем. Ничтожное отклонение от программы, случайная флуктуация, впрочем ее оказалось достаточно, чтобы звездолет оказался в пяти парсеках от расчетной точки... А здесь его поджидал белый карлик — маленькая звездочка с огромной плотностью и могучим тяготением.

Были включены на полную мощность все двигатели. Это лишь спасло «Омикрон» от падения в бездну, но было недостаточно, чтобы разорвать цепи притяжения. Теперь корабль двигался вокруг карлика по замкнутой орбите, на среднем расстоянии около 20 тысяч километров от центра звезды и всей мощи его двигателей не хватало, чтобы вырваться из плена. К тому же расчетное время истекло и запасы энергии подходили к концу.

— Сколько? — резко спросил Менг, не отрывая глаз от табло, где маленькая красная точка очерчивала аккуратный эллипс вокруг звезды.

Штурман, давно привыкший с полуслова понимать своего командира, быстро нажал несколько клавиш на пульте вычислителя.

— Шесть с половиной часов... Может быть, пошлем SOS?

Карлик был слишком близко. И хотя звездолет охраняло защитное поле, Менг почти физически ощутил го-

рячее дыхание звезды. Пока охраняло... Но через шесть с половиной часов энергия иссякнет и тогда...

— Нельзя ли ослабить защиту? — спросил Менг.

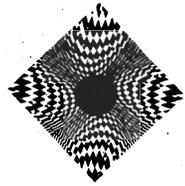
— Поле и так минимальное, — коротко отозвался Гасконди. — Так как насчет SOS?

Менг, не отвечая, опустился в свое кресло и закрыл глаза. Сейчас ему предстояло решить задачу, непосильную даже самому совершенному вычислительному устройству...

Разумеется, в сложившейся ситуации он обязан был дать SOS. Так требовал «Космический Устав». Но Менг точно знал, что в их секторе сейчас нет ни одного корабля, способного

оказать помощь «Омикрону». Ближайшая станция находилась на Мегосе. Но звездолет от него на таком расстоянии, которое обычная радиogramма преодолет лишь за многие месяцы. Чтобы сигнал бедствия дошел вовремя, надо было посылать его через гиперпространство. Подобная радиопередача требовала слишком большого расхода энергии. А энергия нужна для защиты от белого карлика: она давала «Омикрону» лишние секунды и минуты.

И все же Менг решил бы на гиперпространственную радиопередачу, если бы была хоть малейшая надежда. В галактическом флоте насчитывается всего три или четыре корабля,



ФАНТАСТИКА

способных в такой ситуации приблизиться к «Омикрону», чтобы пополнить запасы его энергии или взять на буксир, и не попасть самим в гравитационную ловушку. Но Менг хорошо знал, что все они сейчас находятся в дальних секторах и ни при каких обстоятельствах не успеют подойти к нему вовремя...

— Мы можем выиграть немного времени,— все также глядя на командира, сказал Гасконди.— Минут тридцать...

Капитан открыл глаза и вопросительно посмотрел на штурмана.

— Если снять искусственную тяжесть,— пояснил Гасконди.

— Нет,— решительно сказал Менг.— Среди пассажиров есть женщины и дети...

Вот еще одна проблема, которую никто не может решить, кроме командира корабля. Пассажиры!... Сейчас они спокойно отдыхают в своих каютах, в полной уверенности, что через пару суток благополучно прибудут к месту назначения. И никто из них даже не подозревает, что всего шесть с половиной часов отделяют корабль от неизбежной катастрофы... Должен ли он оповестить пассажиров о случившемся? Или оставить их в счастливом неведении до самого конца?

За свою долгую космическую службу капитан Менг не раз попадал в критическое положение. Но это были ситуации, из которых существовал выход. Тогда все решали опыт и находчивость командира, так как требовалось в считанные секунды найти оптимальное решение. И до сих пор Менг всегда его находил.

Но сейчас выхода не было, о чем

неумолимо свидетельствовал несложный расчет, который мог бы произвести любой студент. И от капитана Менга уже ничего не зависело. Он мог применять какие угодно средства, но исход все равно оставался один.

А это означало, что им следовало покориться своей участи и безропотно ждать, пока испепеляющее дыхание звезды не превратит «Омикрон» в сверкающую вспышку.

Сдаться без борьбы?.. Ничего подобного у Менга еще не было.

— Но такое и случается только один раз,— горько усмехнулся про себя Менг.

Нет, все равно надо бороться. Не сдаваться ни при каких обстоятельствах. Даже, если безнадежно...

— Ты просчитал все возможно-сти?— спросил он, посмотрев на штурмана.

Гасконди медленно повернул голову. Впервые с того момента, как таблу сообщило о катастрофической ситуации, они взглянули друг другу в глаза. Гасконди пожал плечами:

— Сам ведь знаешь...

— И все же надо еще раз проверить все варианты.

— Но это же элементарный случай!— взорвался Гасконди.— Какие могут быть варианты?..

Капитан Менг понимал это ничуть не хуже своего штурмана. Классическая ситуация, которую исследовали вдоль и поперек еще на заре космических полетов и которой много лет уже никто не интересовался. Новейшие средства навигации избавили космонавтов от подобной угрозы. По крайней мере, за последние пятьдесят лет в гравитационные ловушки не

попадал ни один корабль. И только «Омикрону» не повезло...

Но, может быть, именно в этом и заключен их единственный шанс? В том, что теоретически этой проблемой давно не занимались. А наука ведь не стоит на месте. И если еще раз взглянуть на безвыходную ситуацию, в которой они оказались, с позиций современного знания, возможно, и отыщется вариант, не учтенный классической навигацией.

Во всяком случае, искать надо. Но как убедить Гасконди? Штурман отличный и работает безошибочно. Менг не помнил случая, чтобы Гасконди хоть в чем-то отклонился от «Инструкции». Но в этом было и его уязвимое место. Тому, кто совершает ошибки и умеет их исправлять, волей-неволей приходится действовать в непредусмотренных ситуациях. Гасконди же поклонялся одному непогрешимому и всемогущему богу — «Инструкции».

— Увы, его мозг,— с сожалением подумал капитан,— не запрограммирован на открытие нового... И еще с сожалением подумал о том, что всегда больше увлекался инженерной стороной дела, а теории движения космических кораблей уделял значительно меньше внимания. Основы, разумеется, он знал достаточно хорошо и при случае вполне мог бы заменить Гасконди, но сейчас этих знаний было недостаточно...

— Предлагаешь ждать?— спросил Менг, отвернувшись.— Вот так сидеть и ждать, пока не кончится?...

— Я предлагаю послать SOS,— urgently повторил штурман.— Как того требует «Инструкция».

— Нет,— отрезал Менг.— Сообщить



о своей гибели мы еще успеем. А пока мы с тобой обязаны что-то предпринять... Даже вопреки всем инструкциям.

Гасконди обиженно поджал губы.

— Хотел бы я посмотреть...

Менг встал и подошел к штурманскому креслу:

— Подумаем вместе. А что, если...

Они не заметили, как в рубку вошел Вель, и увидели его, когда он уже стоял возле главного пульта и, близоруко щурясь, вглядывался в табло.

Вообще-то, заходить в командную рубку пассажирам воспрещалось самым строжайшим образом. Но Вель был не просто пассажиром. В основе конструкции «Омикрона» лежала созданная им физическая теория. Велю принадлежало бесчисленное множество оригинальных идей, оказавших заметное влияние на развитие физики и астрофизики. В университете Мегоса он собирался прочитать курс лекций по теории гиперпространства.

Но все же на «Омикроне» Вель летел как пассажир, и Менг с тревогой подумал о том, что их бедственное положение теперь перестало быть секретом.

— Любопытная ситуация, не правда ли?

В создавшемся положении эти слова прозвучали довольно странно, да и произнесены они были с каким-то неуловимым оттенком не то сарказма, не то непонятого удовлетворения.

Гасконди только пожал плечами.

— Не хватает мощности, да? — спросил Вель, оторвавшись наконец от табло.

— Как видите, — не слишком вежливо буркнул Гасконди.

— И тепловая защита иссякнет через несколько часов?

— Через шесть с половиной, — машинально ответил Менг.

— Так, — неопределенно протянул теоретик. — М-м, так...

В его глубоко посаженных глазах вспыхнули азартные искорки, и в этот момент он невольно напомнил Менгу охотника, неожиданно увидевшего редкую дичь. Казалось, Вель совсем не интересовало, что дичью-то в сложившейся ситуации был как раз он сам... Взгляд его погас и устремился вдаль, словно Вель сквозь непрозрачную стенку звездолета всматривался во что-то скрытое в глубине космоса и доступное ему одному.

— Не даром говорят, — подумал Менг, — что он живет только наукой.

Но Вель жил не только наукой. Увидев табло, он прежде всего подумал о своей старой матери, оставшейся на Земле. О том, как тяжело она будет переживать гибель сына... И через мгновение его изобретательный ум стал искать выход. Вель привычным усилием воли отбросил все, кроме условий необычной задачи, поставленной нелепым стечением обстоятельств. Задачи, которая согласно всем существующим канонам не имела положительного решения. Но Вель всю свою жизнь решал именно такие задачи...

— Могу я воспользоваться вашим вычислителем? — спросил он, на секунду выйдя из задумчивости.

— Но ведь, все равно, — начал было Гасконди.

Менг молча положил руку ему на плечо.

Однако Вель, казалось, не обратил на этот маленький инцидент никакого внимания. Не теряя времени, он подошел к пульту и стал одну за другой быстро нажимать клавиши, то и дело поглядывая на выходное устройство.

Менг попытался уследить за его выкладками, но очень быстро потерял нить. Он успел лишь понять, что расчеты Веля к их ситуации прямого отношения не имеют.

— Странно мы все-таки себя ведем, нелепо, — вдруг подумал Менг. — Нам осталось существовать всего шесть часов, а Гасконди печется об инструкциях, Вель увлекся какой-то теоретической задачей, а я спокойно за ними наблюдаю, как будто ничего не произошло... А, может быть, все дело в том, что ценность времени относительна — и шесть часов, если это шесть часов до конца, — совсем не так уж мало?...

Теоретик неожиданно оторвался от пульта и, взглянув на штурмана, спросил:

— Вы считаете задачу неразрешимой?

Самолюбивый Гасконди пристально всматривался в Веля: нет ли подвоха?...

— Случай элементарный, — произнес он, наконец, глядя куда-то в сторону. — Две силы: притяжение карлика и наша тяга... Тут все ясно. Чтобы развить вторую космическую, тяги явно не хватит.

— М-да, — пробурчал Вель. — Возможность решения задачи зависит от того, как она сформулирована. В нашей постановке эта задача, — он кивнул на табло, — действительно неразрешима.



— Увы, не я эту задачу поставил,— возразил было Гасконди.

Однако Вель его уже не слышал... Он снова задумался, мгновенно отключившись от окружающего...

И в этот момент у Менга впервые шевельнулась надежда. Он лучше, чем кто-либо другой, понимал, что спасти их сейчас может только чудо. А так как чудес не бывает, необходимо какое-то сверхоригинальное, неожиданное, из ряда вон выходящее решение. И если вообще можно было ожидать от кого-либо чего-то подобного, то именно от Веля.

Капитан с уважением посмотрел на теоретика.— Кто бы мог подумать? Маленький, щупленький, с заостренным носом — вовсе не титан. Как ему удается видеть то, чего не могут разглядеть другие?

— Вы знаете анекдот о собаке? — вдруг спросил Вель.

И так как оба космонавта молчали, продолжал:

— Представьте себе, сказал один физик другому, что собаке привязали к хвосту металлическую сковородку. Если собака побежит, сковородка будет стучать о мостовую. С какой скоростью должна бежать собака, чтобы не слышать звука?.. И, как это ни странно, тот другой физик не мог найти ответа на этот вопрос...

— А вы как думаете, с какой скоростью должна бежать собака? — неожиданно спросил Вель и, загадочно улыбаясь, в упор посмотрел на Гасконди.

— Не знаю,— глухо пробормотал штурман и умоляюще взглянул на Менга. Было заметно, что он с трудом сдерживается...

Но, встретив напряженный взгляд

капитана, Гасконди весь как-то сжался и, скрипнув зубами, нехотя выдавил:

— Судя по всему, она должна бежать со сверхзвуковой скоростью...

— Вот, вот,— захохотал Вель.— Именно так предположил и тот физик... А верный-то ответ абсолютно прост: скорость собаки должна равняться нулю... Элементарно?... Но все дело в том, что задача была сформулирована так: какова должна быть скорость? Скорость... Вот в этом-то весь и фокус. Даже физики иногда забывают, что скорость, равная нулю, тоже скорость...

Прямолинейный и бесхитростный Гасконди смотрел на Веля широко раскрытыми глазами. Да и Менгу стало как-то не по себе, хотя он отлично понимал, что этот анекдот сейчас понадобился теоретику уж, конечно, не для развлечения, а как своеобразная передышка. Сейчас работало

подсознание, а сознанию надо было дать отдых.

— Впрочем,— подумал Менг,— должно быть неспроста ему пришел в голову именно этот анекдот... Может быть, он все-таки что-то уже нащупал?..

И, словно подтверждая его оптимистическое предположение, Вель вновь уткнулся в пульт и, смешно, по-детски, поджав губы, начал виртуозно играть на клавиатуре.

Менг и Гасконди молча ждали. Наконец Вель оторвался от клавишей и вздохнул не то облегченно, не то разочарованно, но в его прищуренных серых глазах снова заблестели беззаботные искорки.

— Вы играете в шахматы? — осведомился он будничным голосом.

— Да,— сказал Менг.

— Знаете, что такое этюдное решение? Позиция начисто проиграна, но есть ход, казалось бы, ускоренно ведущий к поражению. Но именно этот странный ход приносит победу...

Теперь Менг точно знал, что Вель нашел-таки выход.

— И что же? — спросил он, не в силах сдержать нетерпение.

Вель внимательно посмотрел на капитана.

— Мы должны сделать этюдный ход,— произнес он медленно, как бы еще раз что-то взвешивая.

В рубке воцарилось молчание. Капитан стоял неподвижно, сжимая спинку своего кресла.

— Необходимо включить тягу,— сказал Вель. Он быстро набросал на листе несколько цифр и протянул бумажку Менгу.

— Но,— пробормотал смятенно Гасконди,— ведь это же все равно ни-





## ФАНТАСТИКА

чего не даст. Разве что сделает орбиту более вытянутой.

— Вот, вот — сказал Вель.

— Но тяга съест энергию. А значит, тепловая защита...

— Подожди,— оборвал Менг.

— Не все ли равно,— подумал он,— через шесть часов или через три...

Но в душе капитан Менг верил Велю. Без колебаний он протянул руку к главному пульту и один за другим перевел на несколько делений четыре красных рычага.

Гасконди побледнел.

Послышалось характерное жужжание двигателей, щелкнули реле противоперегрузочной защиты.

— Может быть, теперь вы объясните? — попросил Менг.

— Если я не ошибаюсь,— медленно начал Вель,— «Омикрон» состоит из двух обособленных частей?

— Да,— подтвердил Менг.— В одной — командный комплекс и двигатели, в другой — каюты и подсобные помещения.

— И эти части можно отделить и отвести друг от друга на значительное расстояние?

— Да, такая возможность предусмотрена на случай аварии или ремонта силовых установок. Обе части разводятся и сводятся с помощью специального «пульсатора».

— А каково максимальное расстояние между ними?

— Сто пятьдесят километров.

— Достаточно и ста сорока,— проворчал Вель.

— Вы хотите избавиться от пассажирского отсека? — наконец заговорил Гасконди.— Но тяги все равно не хватит.

— Нет,— энергично возразил Вель.— Это было бы слишком просто. Карлик нас так легко не отпустит... Тут совсем другая идея.

— Мы теряем время,— вмешался Менг.— Может быть...

— О! Времени у нас вполне достаточно,— невозмутимо сказал Вель.— Так вот... вам, конечно, знакома идея пульсирующего космолета?

Гасконди и Менг недоуменно переглянулись.

— Да,— заметил Вель.— Это очень старая и давно забытая идея...

— Смутно я что-то припоминаю,— медленно произнес Менг.— Встречал в старых учебниках... Если не ошибаюсь, дело в том, что космический корабль — не точка, и его масса распределена по некоторому объему.

— Вот, вот,— оживился Вель,— если разделить наш звездолет на две части, то равнодействующая сил тяготения, к ним приложенных, окажется меньше той силы, которая действует на «Омикрон» сейчас.

Он говорил четко и ясно, словно читал лекцию студентам.

— А это значит,— подхватил Менг,— что на растянутый звездолет действует сила отталкивания?

— И если в апогее соединять обе части, а в перигее — разъединять, то «Омикрон» сойдет с кеплеровской орбиты и начнет двигаться по раскручивающейся спирали.

— М-да... — протянул Менг.

— Я тоже вспомнил,— неожиданно заговорил Гасконди возбужденно.— Чудесно, превосходно, гениально!.. — Он нервно расхохотался.— Но насколько я помню, чтобы преодолеть таким способом даже земное притя-

жение, кораблю необходимо несколько лет. А притяжение карлика?...

— В том-то вся и штука,— невозмутимо произнес Вель.

— Удивительно,— подумал капитан,— как этому хрупкому человечку удастся сохранять полнейшее спокойствие в такой сложной ситуации? Должно быть, он умеет видеть намного дальше других...

— В том-то вся и штука,— повторил Вель.— Притяжение в данном случае работает на нас. Чем массивнее звезда или планета, тем скорее будет достигнута скорость освобождения. В том-то и парадокс!

— Сколько же часов нам потребуется? — спросил Менг.

— Думаю, ...часа полтора, не больше.

— Вы гений,— улыбнулся капитан и занял место у пульта.

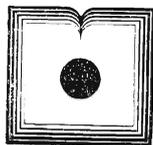
— Надо только выбрать оптимальные моменты для разделения и сближения,— предупредил Вель.

— Понимаю,— отозвался Менг, нажимая клавиши вычислителя.— Приступаю к операции через шесть минут...

Это было невиданное зрелище. Гигантский звездолет как бы распался на две части. Они то расходились, отделяясь друг от друга, то снова сближались, объединяясь в единое целое. И в процессе этого небывалого «космического танца» смертельная орбита, по которой двигался «Омикрон», стала постепенно раскручиваться.

Могучая стихия тяготения, подчинившись силе человеческого разума, уверенно уводила звездолет все дальше и дальше от угрожающей звезды.

Рисунки В. Вандр



КНИГИ  
О ЗЕМЛЕ  
И НЕБЕ

## Двенадцать новелл о космосе

Можно ли доступно и увлекательно рассказать о серьезных задачах небесной механики и динамики космического полета? Ответ на этот вопрос содержится в книге известного специалиста, профессора В. В. Белецкого «Очерки о движении космических тел» (Изд-во «Наука», М., 1971 г.).

Хотя книга и не предназначена для широкой аудитории, ее с интересом прочтет и специалист, и студент. Особенно ценна книга для педагога, который найдет в ней много самых современных сведений о динамике космического полета. Автор старается не утомлять читателя громоздкими выкладками и строгими доказательствами, он видит свою главную цель в выяснении сущности задачи.

Книга интересна по содержанию и необычна по форме. Еще не раскрывая ее, видно, что автор не только серьезный, но и веселый человек, рассчитывающий на чувство юмора читателя. Перед каждым очерком — остроумный эпиграф. Материал иллюстрирован увлекательными рисунками, выполненными доктором физико-математических наук И. В. Новожиловым.



Традиционные методы небесной механики изложены оригинально и ясно. Большое внимание уделено мо-

дельным задачам возмущенного движения спутников и космических аппаратов с реактивной тягой. Значительная часть книги отводится результатам, полученным профессором В. В. Белецким при исследовании движения естественных и искусственных космических объектов относительно их центра масс.

С первой и до последней страницы автор стремится показать, что наиболее важным результатам динамики почти всегда свойственны ясность и математическое изящество. Пытаясь убедить в этом читателя, он не боится осуждения со стороны недалекого или чрезмерно серьезного «специалиста». Именно поэтому заголовки отдельных очерков сверкают остроумием («Они вальсируют на орбитах» и тому подобные).

«Чтобы быть настоящим математиком, надо быть немного поэтом», эти слова великого ученого Вейерштрасса как нельзя более точно говорят и об отношении автора к динамике космического полета.

Кандидат физико-математических наук  
А. Л. КУНИЦЫН

### НОВЫЕ КНИГИ

#### УЧИТЕЛЯМ АСТРОНОМИИ

В конце 1972 года в Ярославле был издан сборник «Астрономия в школе». Это уже второй сборник, подготовленный по инициативе Ярославского отделения ВАГО (первый

выпущен в 1968 году). Книга адресована учителям астрономии средних школ. В ней они найдут поурочный анализ всего курса астрономии (Е. П. Левитан «Уроки астрономии по новой программе»), варианты контрольных работ (Г. И. Малахова «Типовые контрольные работы по астрономии на каждую четверть»), астрономические задачи (И. А. Ста-

мейкина «Ярославские астрономические олимпиады»). Кроме того, в сборник включены статьи Б. А. Вольнского и Г. И. Малаховой «К вопросу об изучении физической природы планет земной группы», В. А. Евтеевой «Вес и невесомость на Земле и в космосе», а также написанный Б. А. Вольнским обзор «Происхождение и возраст Земли».



КОСМИЧЕСКАЯ  
ФИЛАТЕЛИЯ

## Марки о пилотируемых космических кораблях и орбитальных станциях

Внимательное изучение марок позволяет иногда увидеть то, что скрывается за рисунком. Так случилось с маркой, посвященной запуску четвертого космического корабля-спутника 9 марта 1961 года. Корабль представлял собой точную копию «Востока» и был выведен на орбиту для отработки бортовых систем перед полетом человека в космос. На марке текст «4-й советский космический корабль-спутник» подчеркнут прерывистой белой линией — набором знаков азбуки Морзе, составляющих многозначительную фразу: «Земля — Космос — Земля». Эта марка послужила началом к изданию сотен марок, рассказывающих о космонавтах и пилотируемых ими космических кораблях.

Значительное число марок посвящено первому космонавту Земли Юрию Гагарину. Первая советская марка, отображающая запуск корабля «Восток», поступила в обращение 13 апреля 1961 года. Она открыла большой раздел космической филателии «Пилотируемые корабли» и вызвала огромный интерес в филателистическом мире. Однако не обошлось без курьезов. Космический корабль на ней показан условно — в виде крылатой ракеты. И обозреватель американского научного еженедельника «Управляемые снаряды и ракеты» сделал абсурдный вывод, будто «Восток» — крылатая военная космическая ракета...

Первая гагаринская серия была завершена 17 апреля 1961 года портретной миниатюрой. Марка с портретом Ю. А. Гагарина, открывшая портретную галерею космонавтов в мировой филателии, — самая популярная: Ю. А. Гагарину посвящено 130





марок и блоков, изданных более чем в двадцати странах.

Последующие запуски космических кораблей серии «Восток» дали почтовым ведомствам новые сюжеты. Многочисленные марки повествуют о полетах наших первых космонавтов Г. С. Титова, А. Г. Николаева, П. Р. Поповича, В. Ф. Быковского и В. В. Терешковой. На советских марках, по установившейся традиции, воспроизведены портреты всех космонавтов.

Очень часто почтовые ведомства многих стран возвращаются к событиям в космосе, ставшим уже историей, и вновь посвящают им марки. Обычно такие выпуски приурочены к юбилейным датам. На этих марках отражаются достижения в освоении космоса. Многочисленные серии марок о космосе выпускаются странами, очень далекими от осуществления какой-либо космической программы.

Полеты космических кораблей «Восход» и «Восход-2» дали новую тематику: марки стали рассказывать о первых многоместных пилотируемых кораблях.

Пилотируемые орбитальные полеты открыли качественно новый этап в освоении космоса. Почтовые ведомства спешили увековечить в летописи мировой филателии успехи советской космонавтики. Вышло много интересных марок. Среди них выделяется почтовый блок, изданный в Венгрии, который знакомит с полетом В. М. Комарова, К. П. Феоктистова, Б. Б. Егорова на корабле «Восход». Блок украшен олимпийскими кольцами с сопроводительной надписью: «В олимпийский год». Полет «Восхода» совпал по времени с XIII Олимпийскими играми в Токио, поэтому на-

звание корабля написано на четырех языках, в том числе и японском. Следует также упомянуть о почтовых блоках СССР, Польши, Чехословакии, Иордании. Блоки выполнены в различных художественных стилях и каждый из них по-своему интересен и познавателен.

Космическому рейсу корабля «Восход-2» и выходу космонавта А. А. Леонова в открытый космос посвящены марки многих стран. К этому событию очень часто возвращаются художники почтовых миниатюр.

1967-й год стал новой вехой в истории орбитальных пилотируемых полетов — космических полетов по программе «Союз». Каждый полет «Союза» отмечался в СССР и за рубежом выпуском большого числа марок с изображением кораблей серии «Союз» и ракет-носителей. Авторы марок стремились подчеркнуть в новых космических аппаратах качества транспортного космического корабля и орбитальной станции. Вот почему на рисунках показаны или групповой полет кораблей, или стыковка.

В последнее время часто появляются блоки и малые марочные листы, особенно в Румынии и Венгрии. Авторы этих почтовых миниатюр акцентируют внимание на стыковке и выходе космонавтов в открытый космос, поэтому в основу сюжета положены научные эксперименты вне кораблей. Это в равной степени относится к маркам о советских кораблях «Союз» и американских аппаратах «Джеминай», которые представлены на марках Гвинеи, Иордании, Парагвая, Йемена, Панамы, Камеруна, Греции, Мали, Нигера, Венгрии, Румынии, Болгарии, Монголии и других стран. Полеты американских двухместных кораблей серии «Джеминай» также отображены на многих марках с портретами космонавтов и рисунками космических аппаратов. О запусках одноместных кораблей «Меркурий» рассказали почтовые миниатюры десяти стран. В самой Америке вышла только одна такая марка.

**В. А. ОРЛОВ**

**Уважаемые читатели, не забудьте оформить подписку на второе полугодие 1973 года на журнал «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»**



## МАЯТНИК ФУКО ВО ЛЬВОВЕ

Во Львове, на Ставропигайской улице, в бывшем костеле доминиканцев открыт Музей истории атеизма и религии. Экскурсии по музею обычно заканчиваются демонстраци-

*Маятник Фуко, установленный в львовском Музее истории атеизма и религии*

ей маятника Фуко, наглядно подтверждающего вращение Земли. Длина подвеса маятника 43 м, вес металлического шара 48 кг.

Напомним, что впервые эксперимент с маятником провел французский физик Леон Фуко в 1851 году. Длина подвеса его маятника в Парижском пантеоне равнялась 67 м, вес медного шара 28 кг. Самый большой маятник Фуко (98 м) установлен в 1931 году в Исаакиевском соборе Ленинграда.

Профессор  
А. В. БУТРЕВИЧ

# 2 МАРТ АПРЕЛЬ 1973

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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

### Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ  
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН  
Ответственный 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-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOB, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, доктор геол.-мин. наук Ю. М. ШЕЙНМАНН.

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

Художественный редактор  
Л. Я. Шимкина

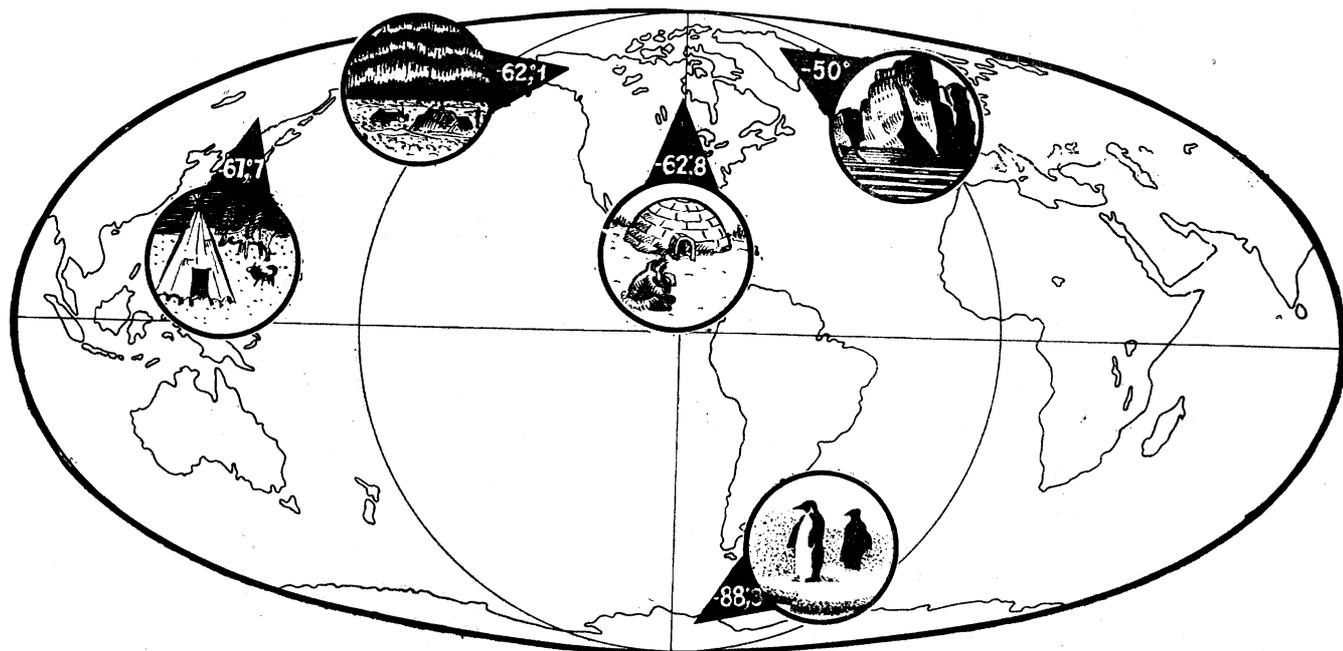
Корректоры:  
Г. Н. Нелидова  
А. Н. Федосеева

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

T-02798. Сдано в набор 28/XII 1972 г. Подписано в печать 9/IV 1973 г. Формат бум. 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 5,0 (8,4). Бум. л. 2,5. Уч.-изд. л. 9,8. Тираж 50.000 экз. Цена 40 коп. Заказ 1553

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

## Холодные точки планеты



Самая низкая температура воздуха у земной поверхности —  $88,3^{\circ}\text{C}$  наблюдалась в августе 1960 года на советской антарктической станции Восток (высота 3488 м). Здесь сейчас находится полюс холода южного полушария.

В нашей стране до 1930 года полюсом холода северного полушария считался Верхоянск, где еще в феврале 1892 года была зарегистрирована температура  $-67,6^{\circ}\text{C}$ . Однако в районе Оймякона на берегу Индигирки, и в среднем, и по абсолютной величине отмечаются более низкие температуры, чем в Верхоянске: в феврале 1933 года температура воздуха в Оймяконе понизилась до  $-67,7^{\circ}\text{C}$ , в это же время на поверхности снега термометр показывал  $-69,6^{\circ}\text{C}$ .

Кроме Якутии, очень низкие температуры, ниже  $-50,^{\circ}\text{C}$ , отмечаются в Канаде. В феврале 1947 года на станции Сизг (высота 578 м) была зарегистрирована температура  $-62,8^{\circ}\text{C}$ .

В США наиболее сильное охлаждение воздуха наблюдается на территории Аляски. В январе 1971 года в горах Эндикотт, на станции Проспект-Крик-Кемп (высота 330 м) температура понизилась до  $-62,1^{\circ}\text{C}$ . Во всех штатах США наиболее низкая температура

$-56,6^{\circ}\text{C}$  была зарегистрирована в 1954 году на станции Роджерс Пасс в горах Монтаны ( $47,05'$  с. ш.,  $112,22'$  з. д., высота 1662 м).

В Гренландии температура может опускаться ниже  $-50^{\circ}\text{C}$  только на станции Норд (высота 350 м).

В Швеции есть лишь две станции, где наблюдается температура ниже  $-50^{\circ}\text{C}$ . Это — Вуоггачольме (высота 600 м) и Лаксбакен (высота 350 м).

При сильном выхолаживании приземного воздуха в атмосфере могут возникать мощные температурные инверсии со скачком температуры  $20^{\circ}\text{C}$  и более. Такие инверсии порождают любопытные звуковые эффекты. Проходящие через атмосферу под большим наклоном звуковые лучи в слоях инверсии испытывают сильное преломление и возвращаются к земле.

За весь период наблюдений на полюсах холода отмечается незначительное, но устойчивое повышение абсолютных минимумов, это отражает отмечаемую в наше время тенденцию к изменению климата планеты.

Профессор  
В. И. АРАБАДЖИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА”

ЦЕНА 40 КОП  
ИНДЕКС 70336