



21976

ЗЕМЛЯ  
И

ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА  
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

*Десятая пятилетка — новый важный этап в создании материально-технической базы коммунизма, совершенствовании общественных отношений и формировании нового человека, развитии социалистического образа жизни. Это период усиления интенсификации общественного производства, более полного использования возможностей народного хозяйства для приумножения национального богатства, укрепления экономического могущества и обороноспособности страны.*

**Главная задача десятой пятилетки состоит в последовательном осуществлении курса Коммунистической партии на подъем материального и культурного уровня жизни народа на основе динамичного и пропорционального развития общественного производства и повышения его эффективности, ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда, всемерного улучшения качества работы во всех звеньях народного хозяйства.**

(Из проекта ЦК КПСС к XXV съезду партии «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы»)

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

МАРТ  
АПРЕЛЬ  
2 1976 И  
ЗЕМЛЯ  
ВСЕЛЕННАЯ

Навстречу XXV съезду КПСС

**В номере:**

Наши интервью . . . . .	2
Р. З. Сагдеев — Астрономия и Земля . . . . .	11
Г. С. Хромов — Состояние, перспективы и проблемы развития советской астрономии . . . . .	14
И. А. Кутузов — Состояние и перспективы развития советской геодезии и картографии . . . . .	21
А. С. Гурвич, В. Н. Кубасов, А. А. Леонов, А. И. Симонов, Т. Н. Харитонов — Солнечный барометр . . . . .	28
А. Д. Урсул — Экологические перспективы и космонавтика . . . . .	32
Ю. Д. Буланже — Современные движения земной коры . . . . .	39
Л. Р. Серебрянный — Радиоуглеродные часы отбивают пульс ледниковой эпохи . . . . .	45
А. А. Чернов — Телескопы над облаками . . . . .	52

**ЛЮДИ НАУКИ**

М. Ф. Ребров — Пятнадцатая весна . . . . .	64
Памяти Соломона Борисовича Пикельнера . . . . .	71

**СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ**

Э. Эргма — Сотрудничество социалистических стран в исследовании проблем звездной эволюции . . . . .	73
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

**ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

А. В. Шпилевский — Новая интерпретация таинственного радиоэха . . . . .	74
Л. М. Гиндилис — Модель контакта, а не доказательство зонда . . . . .	78

**ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ**

А. М. Калмыков — Kitabская международная широтная станция . . . . .	83
---------------------------------------------------------------------	----

**ЭКСПЕДИЦИИ**

Ю. П. Непрочнов — «Гломар Челленджер» в Черном море . . . . .	87
---------------------------------------------------------------	----

**ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ**

В. И. Коваль — Главный кратер метеорита Каали . . . . .	91
ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ . . . . .	93

**НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Искусственное «окно» в ионосфере [13]; Четырнадцатый спутник Юпитера [27]; Топография поверхности океана [31]; Нейтрино и вспышки сверхновых звезд [31]; На орбите «Космос-800» [51]; Двойной астрограф на международной параллели [62]; Проблема «СЕТ1» [82]; Наблюдения солнечного затмения в Ярославле [95].

---

## Наши интервью

В канун XXV съезда  
Коммунистической партии Советского Союза  
редакция журнала  
«Земля и Вселенная»  
обратилась к известным ученым  
с просьбой рассказать об основных задачах  
и перспективах  
космических исследований,  
астрономии и геофизики  
в предстоящей десятой пятилетке.

Ниже публикуются ответы ученых:

члена-корреспондента АН СССР Г. А. АВСЮКА

академика В. А. АМБАРЦУМЯНА

кандидата физико-математических наук Ю. В. БАТРАКОВА

члена-корреспондента АН СССР М. С. ЗВЕРЕВА

академика Я. Б. ЗЕЛЬДОВИЧА

академика А. А. МИХАЙЛОВА

академика А. Б. СЕВЕРНОГО

члена-корреспондента АН СССР В. В. СОБОЛЕВА

академика АН ГрузССР Е. К. ХАРАДЗЕ

члена-корреспондента АН УССР В. П. ЦЕСЕВИЧА



Академик  
Александр Александрович  
МИХАЙЛОВ

В наиболее знакомой мне области астрономии — астрометрии необходимо скорейшее и более полное использование новой техники: электроники, автоматики и телемеханики. Если в вычислительной технике произошли значительные, но еще недостаточные сдвиги в результате применения ЭВМ, то в измерительной технике пока еще немало застоя и рутины. Вот почему должны развиваться радиометрические методы, которые обещают большое повышение точности. Нужно также разрабатывать внеатмосферные наблюдения. В перспективе — разработка проблем лунной астрометрии. Все это необходимо для будущего развития и даже преобразования астрометрии.

**Герой Социалистического Труда, директор Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР, академик Виктор Амазаспович АМБАРЦУМЯН**

В фундаментальных науках первоочередной задачей всегда является поиск нового и неизведанного. Предвидеть открытие неизведанного невозможно. Поэтому трудно прогнозировать содержание новых открытий. Однако наука в целом поддается планированию. Не только возможно, но и необходимо определять наиболее перспективные и целесообразные направления поисков, а также планомерно продолжать уже начатые исследования.

Не вдаваясь в подробности, я могу сказать, что нужно резко повысить уровень наблюдательных работ. Если максимально и эффективно использовать все наши большие телескопы, то изучению станут доступны слабейшие объекты — звезды до 23-й величины и щелевые спектры звезд и галактик 18—20-й величины. Новый уровень нашей работы должен быть таким, чтобы обеспечить подробное исследование скоплений галактик, находящихся на расстояниях до 1—2 млрд. пс.

Еще в большей степени, чем в оптической астрономии, нам нужно повысить уровень радиоастрономических работ. В предстоящем десятилетии необходимо создать и освоить систему апертурного синтеза, конечно, не повторяя того, что уже удалось осуществить нашим зарубежным коллегам.

У нас много возможностей усилить работы во внеатмосферной астрономии, где особое внимание следует уделить рентгеновским источникам.



Наконец, необходимо повысить качество подготовки кадров астрономов. И в этой области, как и во многих других, мы должны обратить внимание на качество.

Основные задачи внегалактической астрономии — проникновение в мир удаленных звездных систем и дальнейшее исследование активности ядер галактик. Предстоит исследование слабых галактик и квазаров.

На современных оптических и радиотелескопах необходимо подробно исследовать многие галактики, расположенные на расстояниях до 50 Мпс, в том числе и карликовые звездные системы. Не следует забывать, что существующая морфологическая классификация галактик Хаббла основана главным образом на изучении галактик высокой светимости.

Нужно обратить особое внимание на оптическое изучение радиогалактик и на радионаблюдения объектов,

которые в оптическом диапазоне проявляют себя как нормальные спиральные или неправильные галактики.

Следует повысить уровень изучения компактных галактик (прежде всего, имеющих красный цвет), а также систем компактных объектов, включая небогатые группы компактных галактик.

Я уверен, что в предстоящем десятилетии можно будет поставить и разрешить на основе наблюдений ряд космологических вопросов, в отношении которых мы довольствовались до сих пор умозрительными схемами.

**Трижды Герой Социалистического Труда академик Яков Борисович ЗЕЛЬДОВИЧ**

Релятивистская астрофизика переживает замечательный период, когда предсказания, сделанные много лет назад, сбываются и становятся предметом наблюдательной астрономии. Открыты нейтронные звезды — пульсары, обнаруженные в радиодиапазоне и в рентгеновском излучении. Весьма велика вероятность того, что замечательный рентгеновский источник в созвездии Лебедя окажется коллапсировавшей звездой — черной дырой, входящей в двойную систему вместе с обычной звездой.

Еще недавно занимающихся проблемами релятивистской астрофизики называли «чернодырниками», и это звучало, пожалуй, более обидно, чем «чернокнижники». Теперь это звание (первое, а не второе) мы принимаем



с гордостью. Мы рады констатировать вклад советских ученых в теорию и наблюдения в этой области астрономии.

Сейчас активно исследуется вопрос о возможном присутствии черных дыр в ядрах галактик и внутри квазаров. Не является ли падение вещества в гравитационном поле огромной черной дыры (масса в миллион или миллиард раз больше солнечной) источником всех видов энергии, так ярко проявляющихся в квазарах? Усилия ученых направлены на поиски механизмов (связанных, по-видимому, с излучением и магнитным полем), которые преобразуют энергию падающего вещества — «молчаливого большинства» — в кинетическую энергию малого количества вещества, выбрасываемого с большой скоростью.

Рассмотрение процессов, подчи-

няющихся общей теории относительности и классической электродинамике, механике и атомной физике, становится привычным для теоретиков и наблюдателей. На очереди — увлекательные квантовые процессы в огромных гравитационных полях предельно сжатой Вселенной.

Около 10 лет назад советскими учеными были поставлены вопросы о белых дырах и о первичных черных дырах, образующихся (возможно) из сверхплотного дозвездного вещества. Есть ли такие чудовища в природе? Ответ здесь гораздо менее определенный по сравнению с черными дырами типа рентгеновского источника в созвездии Лебедя, который возник в результате коллапса обычной звезды. Неизвестно, была ли ранняя Вселенная достаточно сильно возмущенной, чтобы образовались первичные черные дыры. Но, как показал английский астроном С. Хоукинг, малые черные дыры должны неуклонно взрываться вследствие квантовых явлений. Исследование этого процесса ставит новые важные задачи перед теоретиками и наблюдателями.

Можно с уверенностью сказать, что кризис жанра и исчерпание тематики не грозит астрономии и, в частности, релятивистской астрофизике в ближайшем будущем. Это жизнеощущение захватывающего потока мне хотелось бы передать читателям «Земли и Вселенной», энтузиастам астрономии.



**Директор Астрономической обсерватории Одесского государственного университета  
член-корреспондент АН УССР  
Владимир Платонович ЦЕСЕВИЧ**

Предстоящая пятилетка должна привести к решению ряда актуальных задач в области исследования нестационарных объектов во Вселенной. К числу этих объектов относятся переменные звезды.

Для советских исследований переменных звезд характерна фундаментальность постановки задач и применяемых методов их решения.

Первоочередная задача состоит в систематизации грандиозного потока информации, касающейся переменных звезд. Уже много лет такую работу проводят московские астрономы. Созданные ими полные, тщательно выверенные «Каталоги пере-

менных звезд» пользуются всемирным признанием. Свою лепту в это общее дело внесли и одесские астрономы, которые создали «Атлас окрестностей более 4500 переменных звезд».

Однако каталоги быстро стареют, поскольку изменяются периоды переменных звезд в зависимости от хода звездной эволюции. Это явление заслуживает самого пристального внимания. Вот почему одесские астрономы, участвуя в международных исследованиях переменных звезд, регулярно следят за двумястами наиболее яркими звездами типа RR Лиры. Новые наблюдения позволили проверить элементы этих звезд, составить каталог, на основе которого краковские астрономы вычисляют эфемериды. Проведение этой работы позволило открыть уникальные объекты — карликовые цефеиды и выяснить причину эффекта Блажко, состоящего в периодическом изменении формы кривой блеска. Оказалось, что этот эффект — следствие интерференции в колебаниях радиуса звезды.

Существенно новое внесли советские астрономы и в изучение звезд типа RW Возничего — этой ранней стадии развития звезды до ее «выхода» на начальную главную последовательность. Бюраканские астрономы подтвердили предсказание, согласно которому на ранней стадии развития звезда проходит через вспышечную фазу.

Будущим работам очень поможет организация в Лондоне и Одессе Центров хранения и распространения неопубликованных наблюдений переменных звезд.



**Заместитель директора Института теоретической астрономии АН СССР кандидат физико-математических наук**

**Юрий Васильевич БАТРАКОВ**

В наше время, когда космические аппараты проникают во все более удаленные области Солнечной системы и значительное развитие получили радиотехнические и лазерные измерения, классические теории, разработанные в небесной механике, оказались недостаточными и возникла необходимость построения новых теорий движения больших планет и Луны, обеспечивающих ту же точность, что и современные методы траекторных измерений. Построение теорий движения больших планет и Луны с учетом новых высокоточных измерений будет одним из важнейших направлений работ в десятой пятилетке.

Преимущества искусственных спут-

ников как инструментов исследования могут проявляться в полной мере только в том случае, если теория их движения станет достаточно полной и точной. Задача построения такой теории будет решаться в десятой пятилетке.

Дальнейшее развитие получают исследования особенностей движения малых тел Солнечной системы — астероидов, комет, спутников планет. Ценность этих исследований связана не только с тем, что они дают богатый фактический материал — точные орбиты небесных тел, точные значения астрономических констант, но и с тем, что они существенно проясняют возможные механизмы образования Солнечной системы.

Современные высокоточные теории движения небесных тел невозможно получать без ЭВМ. Поэтому особенно актуально внедрение ЭВМ в практику вычислений, связанных с построением численных и аналитических теорий движения небесных тел. Необходимо создание комплексов программ, позволяющих строить буквенные теории движения на ЭВМ. Это направление работ будет интенсивно развиваться в десятой пятилетке.

Новое развитие получит и эфемеридная астрономия, перед которой стоит задача внедрения новых значений астрономических констант и новых высокоточных теорий движения небесных тел в практику вычисления эфемерид.

Десятая пятилетка явится важнейшим этапом в развитии небесной механики в нашей стране. Проведение предполагаемых исследований в значительной мере обеспечит базу для

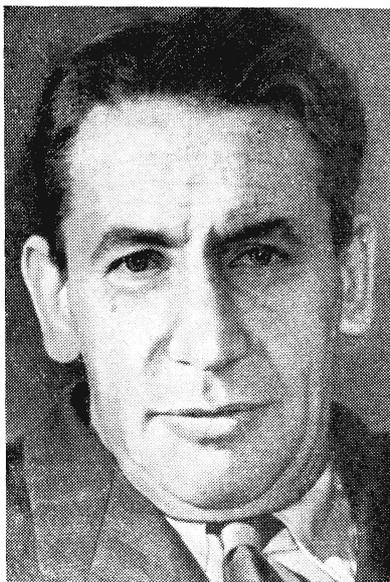
## НАШИ ИНТЕРВЬЮ

дальнейшего использования высокоточных радиотехнических и лазерных наблюдений, а также для успешного осуществления космических экспериментов.

**Директор Крымской астрофизической обсерватории АН СССР  
академик Андрей Борисович  
СЕВЕРНЫЙ**

Солнце — единственная звезда, поверхность которой доступна для подробного изучения. Хотя уже много сделано в изучении процессов, протекающих на поверхности Солнца и лежащих в основе того, что называют солнечной активностью, мы еще плохо понимаем физику этих процессов. Это, отчасти, связано с тем, что изучение до сих пор было в значительной мере односторонним — ограничивалось оптическим и радиодиапазоном. Только с развитием техники космических исследований стали поступать важные сведения об ультрафиолетовом, рентгеновском и гамма-излучении Солнца. Вот почему так много надежд астрономы возлагают на космическую технику, которая вынесет телескопы за пределы атмосферы, где можно исследовать излучения, сосредоточенные в коротковолновом диапазоне.

Самым важным достижением в проблеме активных процессов, пожалуй, стало открытие их тонкой структуры в пространстве и времени: выделение энергии, магнитные поля, движения концентрируются в обла-



стях небольшой характерной длины, сравнимой с разрешением современных телескопов. Нередко эти процессы протекают очень быстро, за время порядка секунды. Задача будущих исследований — выявить, насколько «тонка» эта структура, например, каковы реальные размеры «точек», где образуются вспышки и откуда исходит рентгеновское излучение, каковы реальные сечения тонких «шнуров», из которых состоят протуберанцы, размеры элементов магнитного поля в активных и спокойных областях и т. д. Часто применяемая интерпретация осредненной картины оказывается очень несовершенной.

Как это ни странно, мы мало знаем и о том, что представляет со-

бой Солнце в целом, то есть каким бы его наблюдал человек, вооруженный современной техникой, с расстояния ближайших к нам звезд: сколь постоянно яркость Солнца, какова его форма, неподвижна ли его поверхность или совершает колебания, как ведет себя магнитное поле Солнца в целом. Работы в этом направлении только начинаются, и ответы на поставленные вопросы могут оказаться решающими для проблемы строения и эволюции Солнца, а также звезд, сходных с ним.

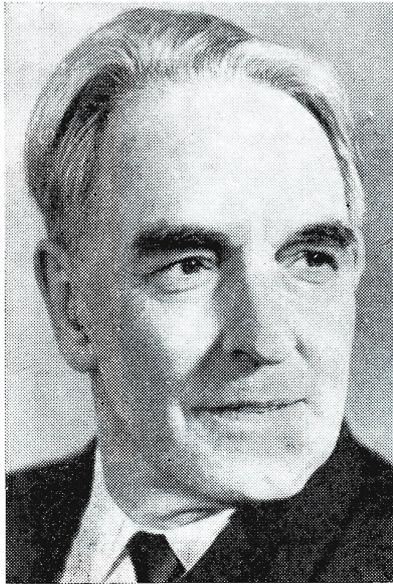
Солнечные возмущения через геомагнитное поле передаются биосфере. Изучено это еще очень слабо, хотя мы и можем прогнозировать «погоду» на Солнце лучше, чем на Земле. Однако наше умение кое-что предсказывать на Солнце ограничивается небольшим интервалом времени и небольшим кругом явлений (например, вспышки). Природа 11-летнего цикла и других закономерностей остается еще в рамках эмпирических связей — настоящего понимания процесса пока нет. Особенно важно для народного хозяйства выявить надежную связь погоды на Земле с солнечной активностью, а также разработать экономически оправданные способы использования солнечной энергии.

**Член-корреспондент АН СССР  
Митрофан Степанович ЗВЕРЕВ**

Благодаря замечательным достижениям радиоастрономии старейшая наука астрометрия сейчас на подъе-

ме. В результате успешной радиолокации Луны и планет и лазерной локации Луны обогатилось содержание астрометрии. Теперь астрометристы непосредственно измеряют не только угловые координаты, но и расстояния до светил. Лазерные наблюдения уголкового отражателя, помещенных на Луне и на искусственных спутниках, позволяют исследовать вращательное движение Земли с точностью, на порядок превышающей точность классических методов. Большие перспективы появились у астрометрии в связи с разработкой радиоинтерферометрических методов измерения угловых координат радиоисточников — квазаров, ядер галактик и др. На радиоинтерферометрах с большими базами уже достигнута точность лучших оптических измерений, но в принципе она может быть повышена в 10—100 раз. Измеряя с радиоинтерферометром угловые расстояния между радиоисточниками, можно после их «урегуливания» построить на небе независимую, весьма точную систему координат, которая сразу будет в высокой степени инерциальной (неподвижной в пространстве), так как расстояния до квазаров и галактик чрезвычайно велики!

Достижения радиоастрономии ставят ряд важных задач перед классической астрометрией. Поскольку наблюдения подавляющего числа светил производятся оптическими методами, необходимо уже теперь принять меры для точной связи будущей радиоастрономической системы координат с классической оптической системой, то есть с фундаментальными каталогами звезд. Главная трудность при этом возникает из-за чрез-



вычайно малого видимого блеска радиоисточников, большинство которых слабее 16-й и даже 18-й звездной величины. Астрометрическая связь ярких фундаментальных звезд со звездами 7—9-й величины уже реализуется в советском «Каталоге слабых звезд». Для последующей связи с радиоисточниками требуются еще промежуточные «сверхслабые» звезды 12—14-й величины. Определение их координат по отношению к объектам из «Каталога слабых звезд» планируется выполнить в ближайшие годы фотографическим методом на широкоугольных астрографах. Для наблюдений самих радиоисточников нужны более мощные инструменты. Список 132 подходящих радиоисточников малых угловых размеров уже составлен в Пулковской обсерватории.

Несмотря на успехи и большие перспективы радиоастрометрии, ряд важнейших задач остается и, несомненно, останется в будущем перед классической астрометрией. Прежде всего, это — дальнейшее усовершенствование фундаментальной системы координат, улучшение ее ориентировки в пространстве, уточнение фундаментальных астрономических постоянных, в первую очередь постоянной прецессии, и завершение на этой основе составления «Каталога слабых звезд». Для решения этих задач необходимо продолжить на ряде обсерваторий меридианные и фотографические наблюдения тел Солнечной системы, абсолютные и относительные определения координат ярких и слабых фундаментальных звезд, фотографирование избранных малых планет и удаленных галактик по плану «Каталога слабых звезд». По-прежнему актуальны составление каталогов точных положений «геодезических звезд», «звезд широтных программ», «зодиакальных звезд», визуальные и фотографические измерения двойных звезд, определение параллаксов, исследование движения различных объектов Галактики, астрометрические исследования Луны и наблюдения искусственных космических объектов.

Во всех этих наблюдениях требуется получение результатов наивысшей точности, часто превышающей достигнутый уровень. Поэтому астрометристы обязаны усиленно работать над повышением точности измерений: модернизировать и тщательно исследовать имеющиеся и разрабатывать новые инструменты, улучшать методы регистрации наблюдений,

широко используя современные автоматические устройства; совершенствовать методы математической обработки наблюдений на ЭВМ. Одно из средств повышения качества наблюдений — установка инструментов на высокогорных станциях.

Наконец, в астрометрических работах особенно важно дальнейшее развитие международного сотрудничества, так как лишь при участии многих обсерваторий разных стран обоих полушарий Земли может быть полноценно решена основная глобальная задача астрометрии — построение высокоточной инерциальной системы координат.

**Академик АН ГрузССР  
Евгений Кириллович ХАРАДЗЕ**

Звездная астрономия, понимаемая как наука о строении и развитии Галактики, питается многочисленными наблюдениями разнообразных явлений звездного мира, данными об основных параметрах множества звезд, а также больших и малых звездных систем и звездных агрегатов.

В новую пятилетку советская астрономия вступает во всеоружии: современные наземные инструменты и космическая техника будут использоваться для целеустремленного накопления наблюдательного материала. Учитывая, что открылись широкие возможности сбора качественно новых данных практически по всему спектру электромагнитного излучения, можно ожидать уточнения, рафини-



галактического ядра и вдоль направлений к полюсам Галактики. Звездные агрегаты, в частности их динамика, также нуждаются в углубленном изучении.

Целенаправленные поиски и исследование распределения межзвездных молекул, а также наблюдений, которые помогут решить вопрос о частоте планетных систем в Галактике, отвечают общим интересам естественных наук сегодняшнего дня и ближайшего будущего.

**Член-корреспондент АН СССР  
Виктор Викторович СОБОЛЕВ**

рования (в некоторых случаях — полной реконструкции) сложившихся представлений о закономерностях, морфологии и развитии звездной и межзвездной материи. В частности, это может касаться закона межзвездного поглощения, методов и интерпретации спектральной классификации звезд, на что указывают первые советские внеатмосферные наблюдения звезд. Может быть уточнена и функция светимости звезд.

Исходя из нынешнего направления интересов исследователей Вселенной, целесообразно в первую очередь изучать пространственное распределение звезд, их движение и расслоение в Галактике по физическим и возрастным характеристикам. Необходимо продолжать исследования морфологии, движений и физико-химического состава звезд и межзвездной среды, особенно в области

До недавнего времени теоретическая астрофизика развивалась в основном как теория звездных спектров. Эта теория помогла выяснить физические условия во внешних слоях звезд и определить их химический состав. При ее разработке астрофизики внесли ценный вклад и в теоретическую спектроскопию. Поскольку для истолкования звездных спектров надо знать оптические свойства атомов, то астрофизики приняли деятельное участие в необходимых квантово-механических расчетах. В частности, они вычислили вероятности переходов для запрещенных линий — характерной особенности спектров газовых туманностей и новых звезд.

В последнее время благодаря полетам космических кораблей начались астрофизические наблюдения в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах. Астрофизики освоили также

## НАШИ ИНТЕРВЬЮ



инфракрасную область спектра, а еще ранее — диапазон радиочастот. Расширение возможностей наблюдений позволит астрофизикам выявить многие новые свойства звезд, туманностей и галактик. Но чтобы достичь этого, необходимо определить излучательную способность различных атомов и молекул во всех участках спектра. Такая работа уже ведется и будет продолжаться в ближайшие годы.

Наблюдения последних лет привели к открытию многих удивительных объектов в нашей Галактике и за ее пределами. К ним, прежде всего, относятся квазары, рентгеновские источники и пульсары. Астрофизики сейчас интенсивно работают и, вероятно, еще долго будут работать над построением моделей этих объектов. Для объяснения протекающих в них

процессов привлекаются такие разделы теоретической физики, как физика плазмы и магнитная гидродинамика. Пока вклад астрофизиков в эти области знаний еще невелик, но постепенно он будет расти.

Таким образом, перед теоретической астрофизикой стоят две важные задачи: объяснение процессов, идущих в различных объектах Вселенной, и участие в разработке тех разделов теоретической физики, которые особенно нужны для астрофизики. Можно указать и третью, не менее важную задачу — отыскание новых физических закономерностей путем анализа результатов наблюдений. Ведь во Вселенной существуют такие физические условия, которые недостижимы в земных лабораториях. Не исключено, например, что при изучении некоторых объектов (квазаров, вспыхивающих звезд и др.) будут открыты новые источники энергии. В связи с этим нелишне напомнить, что поиски источников энергии обычных звезд способствовали открытию и последующему использованию ядерной энергии.

**Председатель секции гляциологии  
Межведомственного геофизического комитета  
член-корреспондент АН СССР  
Григорий Александрович АВСЮК**

Выбор основных направлений гляциологических исследований в СССР в 1976—1980 годах определяется необходимостью всестороннего учета снежно-ледовых ресурсов и их из-



менчивости, интенсивным освоением полярных и высокогорных районов, поиском путей управления стихийными гляциально-нивальными процессами, выполнением международных гляциологических проектов. В соответствии с этими задачами выделяются следующие основные научные проблемы:

разработка теории колебаний ледников, и на ее основе — путей прогнозирования изменений ледников и реконструкции прошлых оледенений. В СССР создается Служба постоянных наблюдений за колебаниями более чем 200 ледников, в том числе пульсирующих;

изучение динамики и современной эволюции Антарктического ледникового покрова. Антарктические исследования будут проводиться в рамках нескольких международных проектов, таких как Международный

антарктический гляциологический проект (МАГП), проект «Гляциология Антарктического полуострова», проект исследования шельфовых ледников. Полученные материалы позволят оценить роль Антарктиды в водном балансе всего земного шара;

изучение режима жидкой воды внутри ледников, процессов на ледниковом ложе и геологической деятельности ледников. Предполагается проходка тоннелей в ледниковых телах и непосредственная экспериментальная проверка внутри- и подледниковых процессов, в частности, вклад жидкой воды внутри льда и на ложе в механизм резких подвижек ледников и геологические явления, связанные со льдом;

расчет и прогноз стока с ледников и из ледниковых районов, изучение возможностей его искусственного регулирования. В рамках Международной гидрологической программы (начата в 1975 году) ведутся исследования на нескольких опорных горно-ледниковых бассейнах, продолжающие работы Международного гидрологического десятилетия. На основе получаемых материалов предстоит составить «Руководство по прогнозу и расчету стока с ледников и из ледниковых районов» и разработать методы регулирования таяния ледников, в частности, путем зачистки их поверхности;

исследование выпадения твердых осадков и формирования снежного покрова в районах со сложной топографией. Совершенствуется система наблюдений в горах за снежным покровом, создаются математические модели формирования и таяния сне-

га в горах, планируется физическое моделирование. Итогом будет выяснение общих законов распределения снежного покрова в условиях сложного горного рельефа;

разработка критериев оценки лавинной опасности, изучение механики снежных лавин, создание научных основ прогноза лавин и конструирования противолавинных сооружений. В числе прочего проектируется создание машинного банка гляциологических данных и прогнозирование лавинной опасности с помощью ЭВМ;

изучение механизма стихийных нивально-гляциальных процессов;

разработка и усовершенствование физических методов изучения снега и льда, создание летающей гляциологической лаборатории. Главные задачи заключаются в разработке методов глубокого бурения льда и анализа ледяного керна, в усовершенствовании аппаратуры для дистанционного (с самолета и вертолета) радиозондирования ледников;

выявление особенностей ледниковых систем в разных условиях климата и рельефа; создание «Атласа снежно-ледовых ресурсов мира». В течение 1976—1980 годов силами всех гляциологических учреждений нашей страны предполагается составить комплексный мировой гляциологический атлас карт примерно из 250 страниц, на которых будет дана всесторонняя характеристика снега и льда на земном шаре. Атлас явится выдающимся произведением в области картографии и гляциологии, подводящим итог гляциологических исследований во всем мире за последние 20—25 лет.

**«Основной задачей советской науки является дальнейшее расширение и углубление исследований закономерностей природы и общества, повышение ее вклада в решение актуальных проблем строительства материально-технической базы коммунизма, ускорения научно-технического прогресса и роста эффективности производства, повышения благосостояния и культуры народа, формирования коммунистического мировоззрения трудящихся».**

(Из проекта ЦК КПСС к XXV съезду партии «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы»)



Академик  
Р. З. САГДЕЕВ

## Астрономия и Земля

Астрономия сыграла выдающуюся роль не только в построении всей картины мироздания, но и в развитии основных методов изучения природы. В астрономии используется дистанционный метод — исследование объектов на очень большом расстоянии. В последние годы этот метод, который астрономы столь успешно применили для того, чтобы обнаруживать даже весьма тонкие эффекты и закономерности, начинает внедряться в совершенно, казалось бы, далекие от астрономии области знаний.

Вначале астрономы регистрировали лишь видимое излучение (свет) небесных объектов — планет, звезд, галактик. Позднее зародилась радиоастрономия. С развитием космической техники, помимо дистанционных методов изучения, появилась возможность проводить прямые эксперименты — исследовать состав и структуру планетных атмосфер приборами, установленными на космических аппаратах. Заем удалось взять и доставить на Землю пробы лунного грунта. Наконец, яркий пример недавних достижений космонавтики — прямое фотографирование и передача панорам места посадки спускаемых аппаратов автоматических станций «Венера-9» и «Венера-10». Казалось бы, такая логическая линия, как переход от дистанционного к прямому исследованию и будет далее преобладать в астрономии. Но в действительности дело обстоит не так просто. Переход этот совершается очень медленно. Я думаю, что в ближайшие десятилетия космические

Статья печатается по материалам доклада на конференции «Космос и человек» (октябрь 1975, Москва).

### **Астрономические методы открывают новые возможности в изучении земной поверхности и биосферы.**

аппараты смогут проводить прямые исследования лишь на поверхности самых доступных планет Солнечной системы. Дистанционному методу будет принадлежать главная роль не только в изучении дальнего и ближнего космоса. Все большее значение он будет приобретать в исследовании того, что происходит рядом и вокруг нас на нашей Земле.

В последние годы к классической астрономии присоединилась еще одна область науки, связанная с космическими исследованиями, иногда ее называют «астрономией наоборот». Оказалось, что, наблюдая нашу планету извне, с орбит искусственных спутников, можно получать информацию о процессах, протекающих на Земле, — в ее биосфере и атмосфере; о процессах, важных для геологии, сельского хозяйства, исследования океана и т. д. Этот дистанционный метод получения информации о Земле, то есть «астрономия наоборот», приобретает уже сегодня очень важное экономическое и прикладное значение.

Как же, наблюдая Землю из космоса, получить информацию, которая существенно дополнила бы и расширила бы информацию, добываемую многочисленными геологическими партиями или обширной сетью метеорологических станций? В чем преимущества такого дистанционного метода получения информации для не-

которых сфер человеческой деятельности?

Все мы видели большое количество фотографий облачного покрова Земли, переданных со спутников. Такие фотоматериалы, конечно, играют значительную роль в метеорологии. Можно поднять спутник на высоту около 40 тыс. км над экватором — туда, где скорость его углового вращения будет совпадать со скоростью вращения Земли. Тогда спутник будет неподвижно «висеть» над одной точкой земной поверхности. Передавая со спутника регулярно, через определенные моменты времени, изображения облачного слоя, можно по движению облаков судить о динамике атмосферы. Полезность такой информации очевидна, и сейчас существуют экономически себя вполне окупающие спутники погоды. Но речь идет о другом — о спутниках службы земной поверхности и биосферы.

На снимках земной поверхности, сделанных в конце зимы, можно установить зону таяния снега. Поля, покрытые снегом, выглядят на них светлыми, а лесные массивы — темными. По этим снимкам можно оценить количество снега в данном районе. Если спутник фотографирует поверхность периодически через 10—15 дней, то можно определить, как меняется количество снега со временем, а значит, прогнозировать содержание влаги в почве в самый ответственный для сельского хозяйства период — перед началом сева. По снимкам из космоса можно выполнять своего рода инвентаризацию земной поверхности.

Обработка космических снимков

очень трудоемка. Сейчас создаются математические программы, позволяющие проводить анализ снимков на ЭВМ. Перевод такой обработки на язык ЭВМ — чрезвычайно сложная задача. Дело не только в необходимости огромного объема вычислений, но и в принципиальной трудности научить машину распознавать образы, запечатленные на снимках.

Каким должен быть алгоритм дешифрирования такого рода дистанционной информации о земной поверхности? Он строится по той же логической схеме, которая уже, наверное, в течение столетия разрабатывается и сейчас широко используется в астрономии. Это — условное разделение звезд на конечное число спектральных классов. Такая классификация во многих случаях используется вместо детального описания спектра каждой звезды в виде полной развертки интенсивности как функции длины волны или частоты. Для ряда источников изученный диапазон длин волн тянется от единиц до десятков тысяч ангстрем с переходом в инфракрасную область спектра. Конечно, разнообразие звездных спектров настолько велико, что дав звезде паспорт с указанием ее спектрального класса, мы не описываем детально ее спектр. Говоря на языке физики, мы строим гистограммы, огрубляя спектры по нескольким основным участкам. В зависимости от того, какой участок спектра звезды приподнят или опущен, ей и дается шифр — спектральный класс. Подобная же идея выдвигается сейчас для дешифрирования космических снимков Земли.

Спектр участков земной поверх-

ности чрезвычайно сложен. Он складывается из спектра отраженного солнечного света и спектра собственного теплового излучения поверхности, максимум которого приходится на инфракрасную область с длиной волны около десятка микрон. Весь этот сложный спектр представляется гистограммой, описывающей интенсивность излучения в диапазоне от 0,5 до 0,6 мкм, затем в диапазоне от 0,6 до 0,7 мкм и т. д. Для получения такой информации фотографируют поверхность Земли через фильтры, соответствующие каждому выбранному диапазону. Один и тот же участок земной поверхности снимается через десяток фильтров. В зависимости от того, как выглядит тот или иной участок Земли при фотографировании с тем или другим фильтром, вводится понятие спектрального класса. Как и в астрономии, спектральный класс будет характеризовать тип данного участка. Классификация по спектральным признакам, которая сейчас используется для исследования Земли из космоса, оказалась очень успешной. Значения интенсивности отраженного солнечного света в нескольких спектральных диапазонах и интенсивности собственного теплового излучения дают богатую информацию о земной поверхности.

Дешифрирование космических снимков, например для целей сельского хозяйства, производится следующим образом. Выбираются участки территории, которые засевают определенной культурой, хотя бы пшеницей. На каждом этапе роста пшеницы снимаются спектры отраженного света. Это можно сделать обычным фотоаппаратом, например,

с самолета. Спектр, характеризующий данную культуру, закладывается в память ЭВМ. Память машины должна хранить в виде гистограмм спектральные характеристики, присущие наиболее интересным сельскохозяйственным культурам. Такую же процедуру можно проделать и с другими земными объектами — лесами, водоемами и т. п. В конце концов в памяти ЭВМ накапливается обширная библиотека спектральных образов.

Снимок земной поверхности, переданный со спутника, анализируется ЭВМ. Она находит элементы одного и того же спектрального типа, оконтуривает их, подсчитывает площади, а затем сопоставляет со спектральной информацией, содержащейся в ее памяти. ЭВМ сообщает, что здесь посеяна такая-то культура на такой-то площади. Если в память машины заложены данные об эволюции спектра той или иной культуры, то ЭВМ может сообщить, сколько месяцев назад посеяна данная культура. Можно даже обнаружить некоторые отличия в спектре территорий, за-



*Каспийское море в районе полуостровов Мангышлак и Бузачи. Цветной снимок синтезирован из трех синхронных черно-белых изображений того же участка земной поверхности, полученных в спектральных диапазонах с максимумом чувствительности 0,47, 0,54 и 0,68 мкм. На снимках видна гряда кучевых облаков, геологические структуры, рельеф мелководий у побережья и островов, подводная растительность и др. Снимки сделаны космонавтами В. Лазаревым и О. Макаровым с пилотируемого космического корабля «Союз-12»*

18

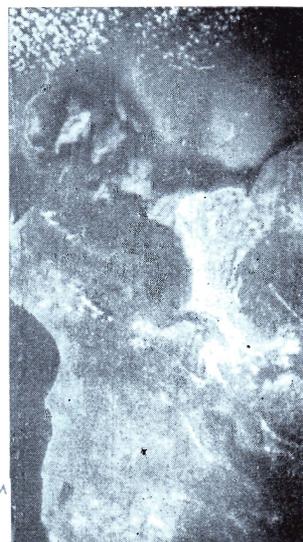
9

13

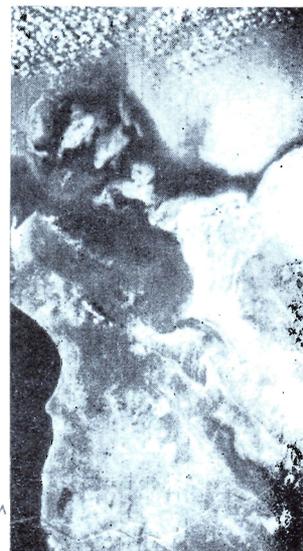
1



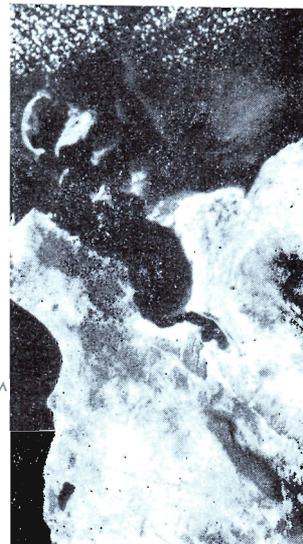
0,47 мкм



0,54 мкм



0,68 мкм







## ИСКУССТВЕННОЕ «ОКНО» В ИОНОСФЕРЕ

Пролет в земной атмосфере ракеты-носителя «Сатурн-5» вызвал в ее верхних слоях кратковременное появление области, из которой почти полностью были «выметены» свободные электроны. Через такие «окна» в ионосфере беспрепятственно проходит низкочастотное радиоизлучение.

Сотрудники Бостонского университета (США) М. Папагианнис и М. Мендильо предложили впредь намеренно создавать «окна» в ионосфере, чтобы сквозь них наблюдать космические источники низкочастотного радиоизлучения, обычно экранируемые ионосферой. Для этого ракета-зонд должна забросить в атмосферу на высоту 50—100 км около 100 кг жидкого молекулярного водорода. Водород вместе с водяными парами, выброшенными двигателем ракеты, диффундирует в вышележащие слои и там вступает в реакцию соединения с атомами кислорода, образуя положительно заряженные ионы, которые затем объединяются с отрицательно заряженными электронами.

В течение получаса плотность свободных электронов в области диаметром не менее 200 км может упасть почти на 95%. Таким образом в ионосфере появляется «окно», точнее вертикальный тоннель протяженностью 1000 км. Естественные процессы постепенно приведут к восполнению запаса свободных электронов и исчезновению тоннеля, но все же он должен просуществовать несколько часов. За это время радиоастрономы смогут выполнить ценные наземные наблюдения в обычно запретной полосе частот 1—6 МГц, а возможно, и на более низких частотах. Радиоастрономы надеются, используя новую методику наблюдений, детально исследовать всплески радиоизлучения Юпитера на декаметровых волнах или возрастание интенсивности галактического радиоизлучения на частоте 3 МГц.

«Nature», 255, 5503, 1975.

сеянных, например, пшеницей, в зависимости от того, как хорошо растет пшеница в данном климатическом поясе. Это определяется содержанием влаги в почве и другими факторами. В будущем ЭВМ предстоит по космическим снимкам земной поверхности оценивать предполагаемый урожай.

В каждом спектральном диапазоне изображение снимается отдельно и выглядит черно-белым. Но можно совместить всю информацию, которая содержится на снимках данного участка Земли, соответствующих числу спектральных диапазонов (а их может быть около десятка). Для этого нужно провести синтез всей информации на цветном изображении точно так, как делается при получении синтезированных цветных снимков. Каждому спектральному диапазону приписывается тот или иной условный цвет, а затем синтезируется одно цветное изображение, которое содержит информацию о всех спектральных диапазонах.

Оптический метод исследования земной поверхности — «астрономия наоборот» — имеет и свои ограничения. Сплошная облачность, например, может полностью закрыть тот или иной участок Земли. В таких случаях, как и в обычной астрономии, может помочь расширение диапазона ис-

следований в длинноволновую область спектра — в инфракрасную, субмиллиметровую и радиоволновую вплоть до метровых волн. Что это дает? Во-первых, изображения в радиодиапазоне можно получать, невзирая на погоду. Во-вторых, спектральная интенсивность в этом диапазоне несет и совершенно новую информацию. Например, радиояркая температура поверхности Земли сильно зависит от влажности, характера почвы, содержания в ней солей. Поэтому данные о влажности почвы, о количестве в ней солей и других минеральных компонентов удобнее получать, исследуя радиоизображения Земли. В-третьих, увеличение длины волны дает возможность просматривать не только самый верхний покров Земли, но и слой, толщина которого порядка длины электромагнитной волны. Так, в метровом диапазоне можно получить информацию о слое толщиной в несколько метров. Очень большой интерес радиозондирование представляет для исследования океана. Я думаю, что в ближайшие несколько лет радиодиапазон будет полностью освоен и объем информации, который мы получим из космоса, существенно расширится.

Изучение Земли из космоса еще не стало рентабельным, идет разработка методов, накопление информации о спектральных и геометрических образах. Но уже в ближайшие годы эти исследования могут дать огромный экономический выигрыш. Для нашей страны, располагающей колоссальными природными запасами, экономическая эффективность космических методов несомненна.

Юрий Алексеевич Гагарин. Этот портрет работы художника А. С. Максимова украшает «Диплом Ю. А. Гагарина» (см. стр. 68)



## Состояние, перспективы и проблемы развития советской астрономии

Пятилетние этапы развития народного хозяйства СССР стали привычными вехами нашей истории и повседневной жизни. На стыке двух пятилеток принято подводить итоги достигнутому и намечать планы на будущее.

От дореволюционной России мы, советские астрономы, унаследовали не так уж много. Пулковская обсерватория с филиалами в Симеизе и Николаеве, обсерватория Московского университета, Энгельгардтовская обсерватория, да несколько старых университетских обсерваторий, приспособленных к потребностям классической астрономии первой половины XIX века,— вот, пожалуй, почти и все. Еще полвека назад сообщество советских астрономов было малочисленным, а их научные интересы сосредотачивались главным образом вокруг традиционных астрометрических и астрономо-геодезических направлений.

В годы первых пятилеток перед страной, ее народным хозяйством стояло много неотложных задач. Требовалось, в частности, создать многоотраслевую отечественную промышленность, в том числе оптико-механическую. Поэтому, хотя интенсивное развитие системы наших астрономических учреждений началось позднее, его фундамент закладывался уже в эпоху первых пятилеток.

Первоначальные количественные и качественные изменения облика советской астрономии произошли в

Изложение доклада на VI съезде Всесоюзного астрономо-геодезического общества (октябрь 1975, Ереван).

**Коммунистическая партия и Советское правительство определили предстоящую десятую пятилетку как пятилетку качества, этап радикального повышения эффективности всего народного хозяйства. Это в полной мере относится и к советской науке, и к астрономии как ее части.**

30-х годах: был организован Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга, возникли Институт теоретической астрономии, обсерватории в Абастумани и Душанбе, была переведена в систему Академии наук Пулковская обсерватория. Основной же рост числа наших астрономических учреждений пришелся на трудные 40-е годы и начало 50-х годов. Именно в это время сформировалась современная система примерно из 30 астрономических обсерваторий, институтов союзной и республиканских академий наук и высшей школы.

На протяжении 50-х и в начале 60-х годов быстро увеличивался штат этих учреждений. Сейчас в них работают около 1500 профессиональных астрономов, половина из которых имеют ученые степени кандидата и доктора наук. Вообще с астрономией в нашей стране связаны судьбы около 4000 человек, не считая преподавателей педагогических вузов, школ, работников планетариев и народных обсерваторий.

Наконец, примерно с середины 50-х годов и по сей день мы получаем современные астрономические ин-

струменты отечественного производства и производства народного предприятия «Карл Цейсс» (ГДР).

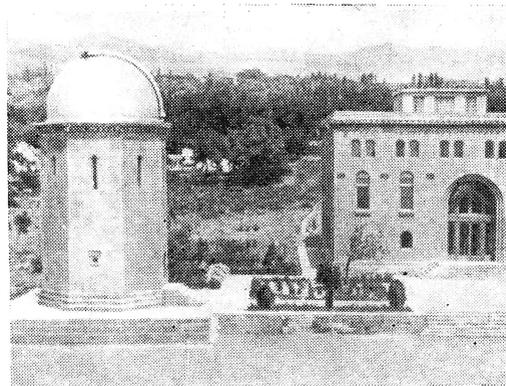
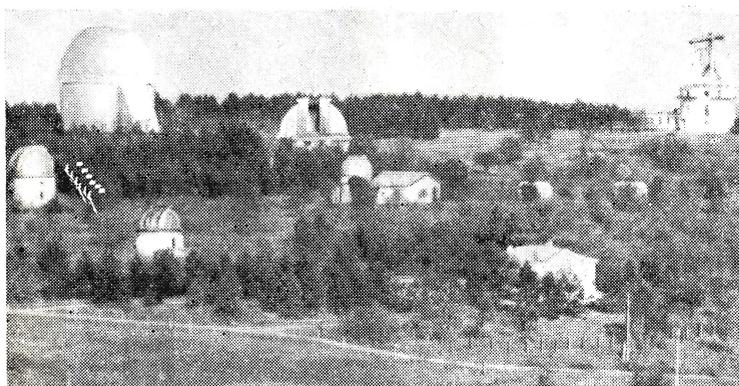
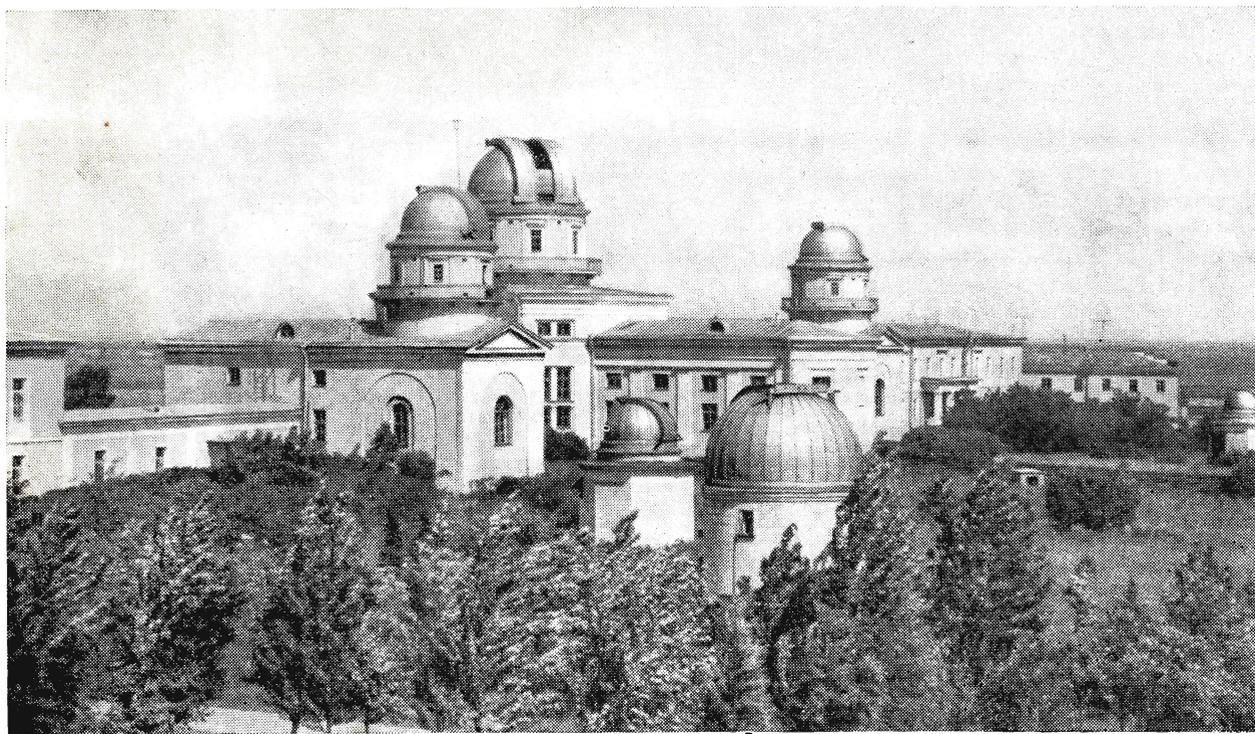
Наверное, не будет преувеличением сказать, что наша система специализированных астрономических учреждений уже достаточно велика и ее дальнейший рост едва ли целесообразен. После организации Специальной астрофизической обсерватории АН СССР на Северном Кавказе мы рассчитываем на создание всего лишь одного, но жизненно важного для будущего советской астрономии крупного наблюдательного центра в Средней Азии — Объединенной среднеазиатской обсерватории. Предпринимаются усилия для развития Уссурийской солнечной станции с целью превращения ее в полноценную, хотя и небольшую астрофизическую обсерваторию.

Провозгласив нецелесообразность дальнейшего увеличения числа самостоятельных астрономических центров, мы сталкиваемся со следующим противоречием: астрономия как наука зиждется на наблюдениях, а примерно 75% наших обсерваторий

■  
*Главная астрономическая обсерватория Академии наук СССР в Пулковке*

■  
*Крымская астрофизическая обсерватория Академии наук СССР*

■  
*Бюраканская астрофизическая обсерватория Академии наук АрмССР*





расположены неудачно — либо в районах с малым количеством ясных ночей, либо вблизи больших городов, создающих подсветку неба и ухудшающих прозрачность атмосферы. Как отечественная, так и зарубежная практика показала, что в этих случаях более выгодна организация подчиненных наблюдательных филиалов и станций в местах с хорошим астроклиматом. Такое решение практически исключает бытовые и социологические трудности, связанные с созданием и поддержанием деятельности крупного изолированного научного учреждения вдали от культурных центров. Возможно, что под этим же углом зрения надо рассматривать будущее некоторых существующих обсерваторий, удаленных от больших городов. Вот почему многие наши обсерватории уже обзавелись пери-

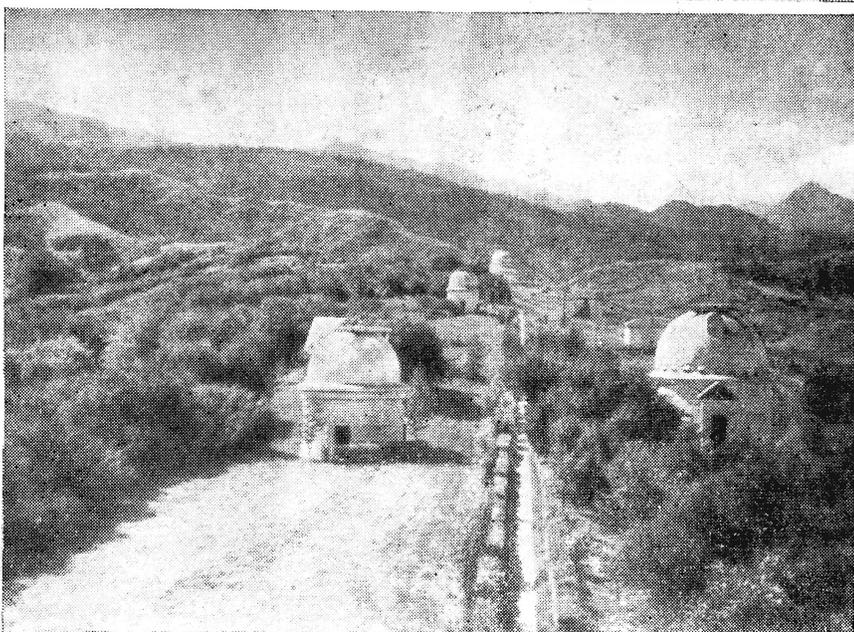
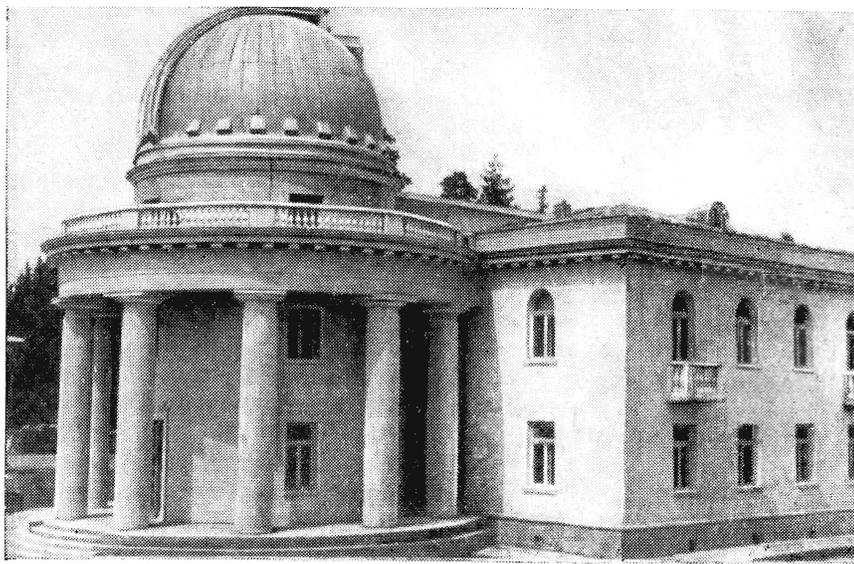
■  
*Абастуманская астрофизическая обсерватория Академии наук ГрузССР*

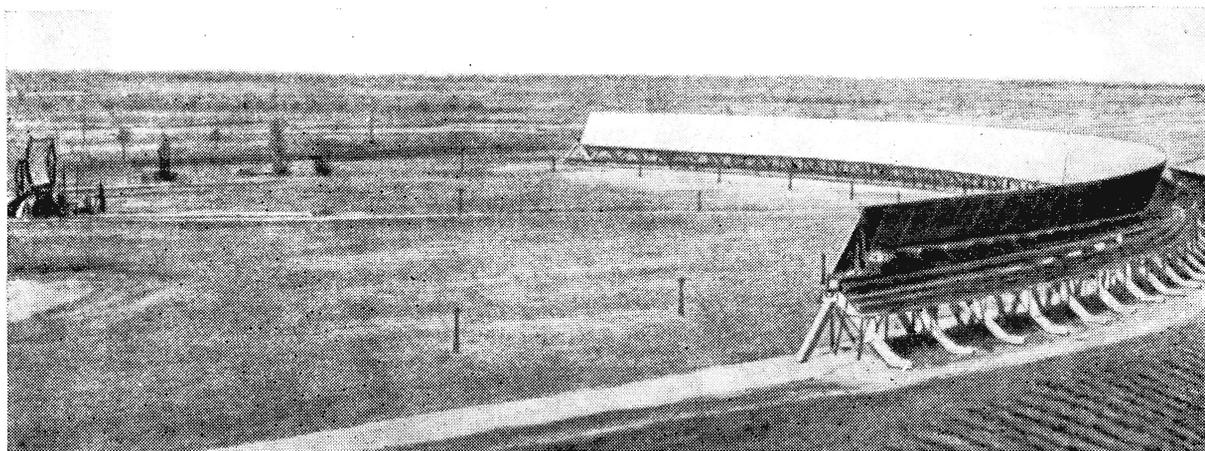
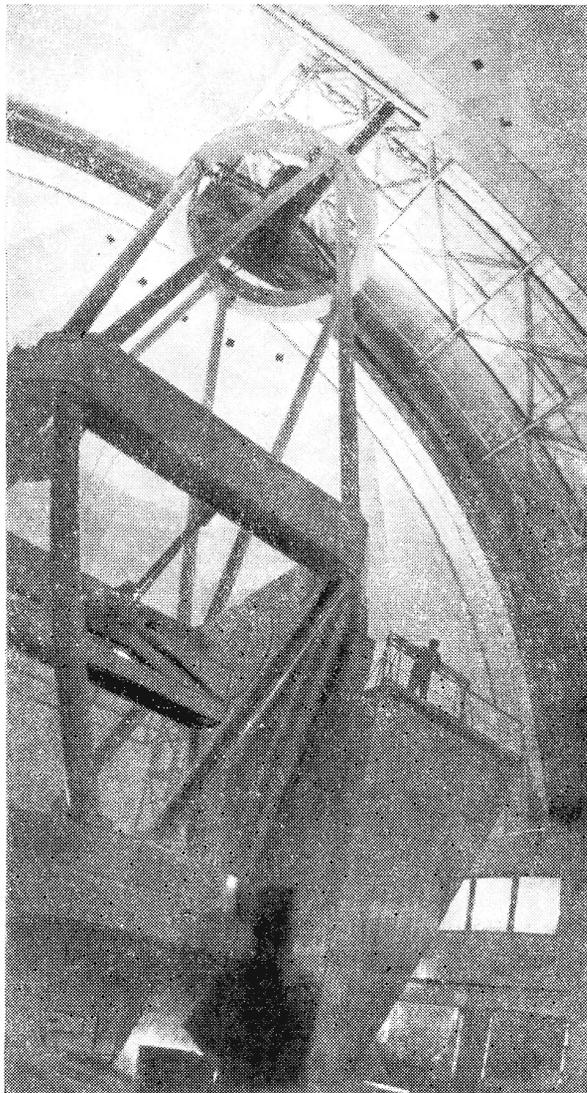
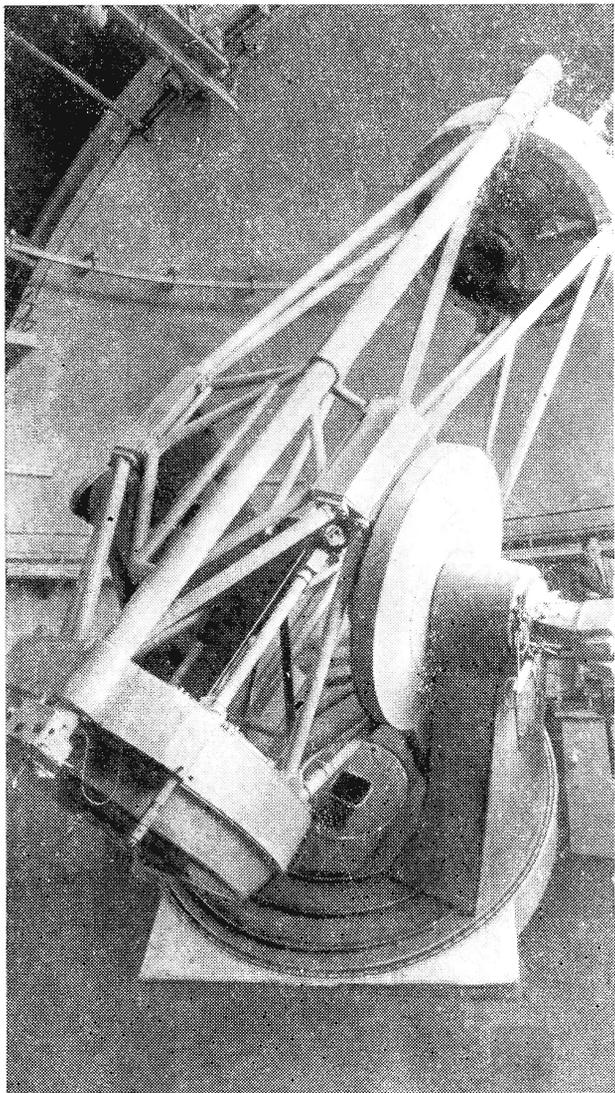
■  
*Обсерватория Астрофизического института Академии наук КазССР*

■  
*Один из крупнейших в Европе 2,6-метровый телескоп Крымской астрофизической обсерватории Академии наук СССР*

■  
*Крупнейший в мире 6-метровый телескоп Специальной астрофизической обсерватории Академии наук СССР*

■  
*Большой радиотелескоп Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР*







ферийными наблюдательными станциями. Другие готовятся к этому. Среди наиболее интересных начинаний можно упомянуть экспедицию Главной астрономической обсерватории АН СССР в горах Восточного Памира на высоте 4200 м. Возможно, в обозримом будущем эта экспедиция превратится в один из главных мировых центров инфракрасной астрономии.

Определенные сомнения возникают в связи с тенденцией развивать маломощные астрономические обсерватории, в большинстве своем университетские. Дорогостоящая модернизация этих учреждений представляется нецелесообразной; наверное, разумнее пойти по пути превращения таких астрономических ячеек в небольшие центры учебной, методической и теоретической работы, предоставив их сотрудникам возможность пользоваться оборудованием ближайшей крупной обсерватории.

Вообще же повышение эффективности труда ученых требует мобилизации ресурсов и вскрытия резервов. То и другое часто связано с организационными трудностями, скрыто за разнообразными проблемами повседневной жизни научных учреждений и их системы в целом. Поэтому мы говорим не только о перспективах, но и о трудностях и проблемах развития отечественной астрономии. Мощный источник повышения эффективности работы астрономов мы видим в кооперации не только мелких, но и ведущих астрономических учреждений. Потребность в объединении ресурсов уже сейчас очевидна и станет первосте-

пенной в близком будущем. Трудности, возникающие на этом пути, исключительно психологического свойства и потому не могут считаться серьезными.

Можно сказать, что облик современной науки определяется сочетанием следующих факторов: научные центры, научное оборудование, научные кадры. О научных центрах мы уже рассказали. Следующий важный вопрос — оборудование.

Отечественная опико-механическая промышленность смогла заняться астрономическими нуждами лишь в начале 50-х годов. К сожалению, темпы поставок и ввода в строй нового астрономического оборудования до последнего времени были очень низкими. В сочетании с опережающим ростом штатной численности наших астрономических обсерваторий и институтов это привело к хроническому недостатку наблюдательного времени на крупных телескопах и невыгодно сказало на уровне и престиже астрономического эксперимента.

Однако сейчас есть основания надеяться, что в ближайшие 5—7 лет наши наблюдательные возможности значительно возрастут. Действительно, не говоря уже о таком крупнейшем достижении, как ввод в строй 6-метрового телескопа, наши обсерватории вскоре получат около десяти астрофизических инструментов диаметром от 100 до 260 см. Позднее, в 80-х годах, предполагается приступить к созданию телескопов диаметром порядка четырех метров, изготовить серию крупных вакуумных

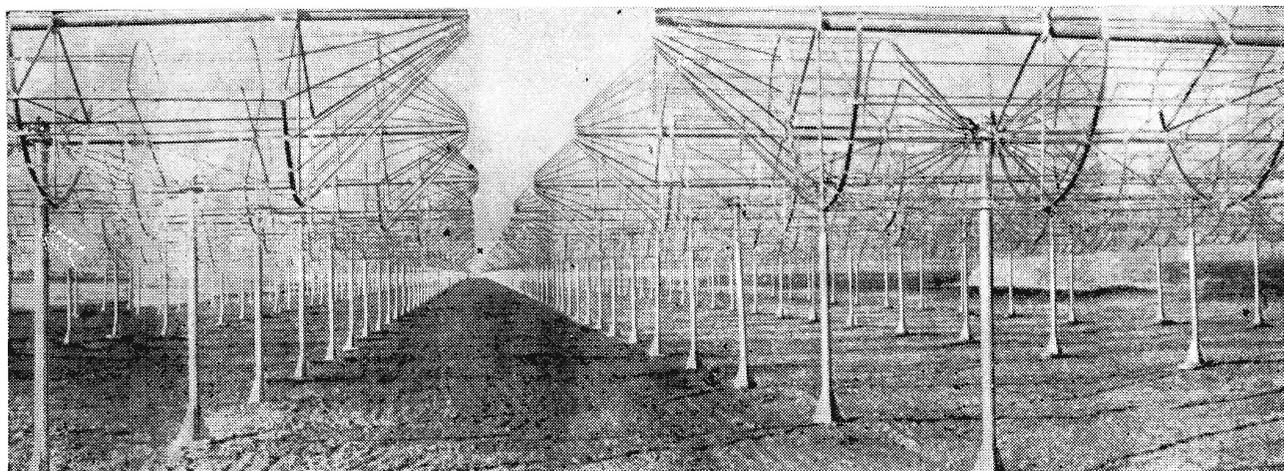
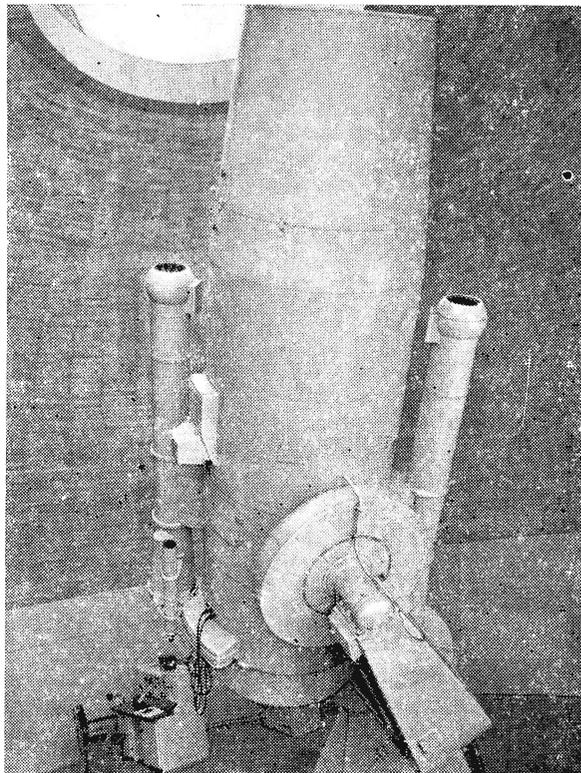
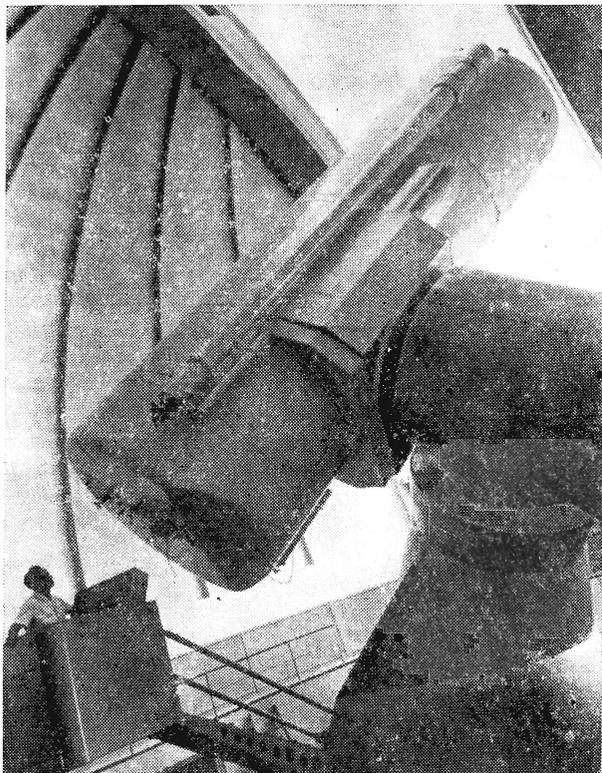
солнечных инструментов, большой телескоп для наблюдений в инфракрасной области спектра.

В последние годы советские астрономы затратили значительные средства и на разработку современных высокочувствительных приемников излучения. Сейчас эти усилия начинают приносить плоды. Мы получаем электронно-оптические преобразователи нескольких типов, первый образец отечественной электронной камеры, предполагается разработка и выпуск серии специализированных телевизионных систем.

В скором времени в обсерватории начнут поступать автоматические микроденситометры с программным управлением. Возможно, что к концу десятой пятилетки мы получим прецизионный измерительный автомат для обработки астрономических негативов.

Улучшилось снабжение наших астрономических обсерваторий современными фотоматериалами — как импортными, так и отечественными фотопленками. Предпринимаются попытки организовать производство астрономических фотопластинок.

Разумеется, реализация всего намеченного в сфере астрономической практики требует и будет требовать значительных усилий всех советских астрономов и Астрономического совета АН СССР как координирующей организации. Несомненно, получение и освоение современной техники регистрации и обработки наблюдательной информации должно резко повысить эффективность и уровень исследований. Однако здесь возникают специфические проблемы, которые должны быть разрешены.

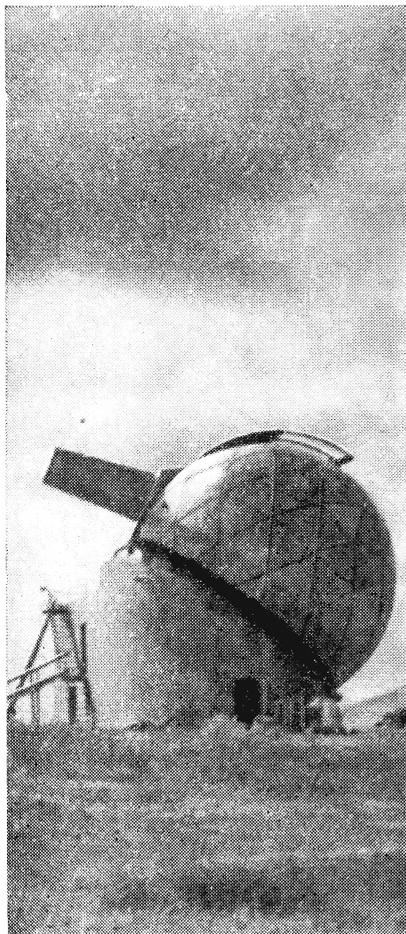
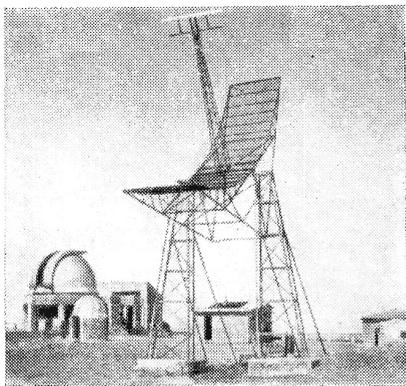


■  
 Рефлектор с зеркалом диаметром 2 м, установленный в Шемягинской астрофизической обсерватории Академии наук АзербССР

■  
 Камера Шмидта Бюраканской астро-

физической обсерватории Академии наук АрмССР

■  
 Радиотелескоп Института радиофизики и электроники Академии наук УССР



■ Одна из антенн радиоинтерферометра Кисловодской горной станции Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР

■ Павильон коронографа Саянской солнечной станции Сибирского отделения Академии наук СССР

Современные светоприемники и автоматизированное лабораторное оборудование настолько сложны, что использовать их способны лишь люди, достаточно подготовленные. Коль скоро это так, остановимся вкратце на проблеме астрономических кадров. Средний возраст сотрудников советских астрономических обсерваторий и институтов сейчас близок к 40 годам; приток молодежи в наши коллективы замедлился. Если подобная ситуация сохранится, последствия могут оказаться печальными. Следовательно, руководителям астрономических учреждений необходимо позаботиться о постоянном притоке молодежи, способной к исследовательской работе.

По имеющимся данным, на многих наших обсерваториях существует диспропорция между профессиональными астрономами и инженерно-техническим персоналом, которого всегда не хватает. Естественно, что это плохо сказывается на качестве и интенсивности эксперимента и грозит стать серьезным препятствием на пути освоения новой техники.

В этой же связи нельзя не упомянуть и о недостатках профессиональной подготовки астрономов в наших университетах. Учебные программы чрезмерно традиционны, они не обеспечивают полноценного ознакомления будущих астрономов, скажем, с современным физическим экспериментом — основой эксперимента астрономического. Наблюдаются тревожные несоответствия в подготовке астрономов по специализациям. Так, на протяжении ряда лет происходит «перепроизводство» астрофизиков-теоретиков. А вот астрофизиков

и радиоастрономов-экспериментаторов выпускается мало, почти прекратилась подготовка астрометристов, недостает небесных механиков. Как показал недавний опрос руководителей астрономических учреждений, мы вскоре столкнемся с резкой нехваткой специалистов перечисленных профилей.

Проблемы роста неизбежно сопутствуют любому развитию. Мы попытались обрисовать как общие перспективы системы советских астрономических учреждений, так и наиболее явные проблемы и трудности ее развития. Пути их преодоления далеко не всегда очевидны, но поиски этих путей необходимы для полноценного развития отечественной астрономии.

Дальнейшее усиление материально-технической базы советских астрономических учреждений — лишь необходимая, но недостаточная предпосылка повышения объема и качества наших исследований в области оптической наземной астрономии. Здесь не обойтись без активных и целенаправленных действий руководителей астрономических учреждений и всей нашей научной общественности — действий, направленных на разрешение общих проблем организации советской астрономической науки. К такому объединению усилий, повышению общественной активности Астрономический совет АН СССР и призывает советских астрономов.



## Состояние и перспективы развития советской геодезии и картографии

### ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И СЪЕМКИ

Геодезические работы в СССР ведутся по всей стране и во всем диапазоне их применения — от решения научных задач (уточнения данных о фигуре и размерах Земли, исследования движений земной коры в сейсмоактивных районах и т. д.) до топографо-геодезического обеспечения строительства городов, поселков и промышленных объектов. Во всем диапазоне масштабов карт и планов производятся топографические съемки, необходимые народному хозяйству, охватывающие целые регионы, области, города, промышленные поселки и сельскохозяйственные объекты.

Астрономо-геодезическая сеть позволяет сейчас получать координаты пунктов, удаленных от исходных на 4—5 тыс. км с ошибкой порядка 2,0—2,5 м, что соответствует относительной ошибке определения больших расстояний между пунктами, равной 1 : 2 000 000, и азимута 0'',1.

Наряду с построением астрономо-геодезической сети постоянно проводились и проводятся большие работы по созданию сплошных геодезических сетей необходимой плотности для планового обоснования топографических съемок. Достигнутые темпы работ по сгущению пунктов опорных геодезических сетей в целом по стране и, особенно, в промышленных и сельскохозяйственных

**«Идя навстречу своему XXV съезду, партия ждет от ученых все более глубокого и смелого исследования новых процессов и явлений, активного вклада в дело научно-технического прогресса, вдумчивого анализа возникающих проблем, ответственных рекомендаций о наилучших способах их решения в интересах укрепления мощи страны, улучшения жизни народов в интересах построения коммунизма»**

**Л. И. Брежнев**

районах, а также в городах и поселках ныне соответствуют поставленным задачам крупномасштабного картографирования.

За истекшие годы в основном закончено построение высотной сети страны. Высокоточная нивелирная сеть СССР по своей протяженности равна десяти земным экваторам, а с заполняющими сетями III и IV классов позволяет опоясать земной шар по экватору более чем 75 раз. По точности построения высотная сеть СССР отвечает всем задачам современного и перспективного развития. Темпы производства нивелирных работ соответствуют поставленным задачам по дальнейшему сгущению пунктов высотной основы топографических съемок и проведению повторного нивелирования в сейсмоактивных районах.

За годы Советской власти в стране создана отечественная промышленность, выпускающая геодезические

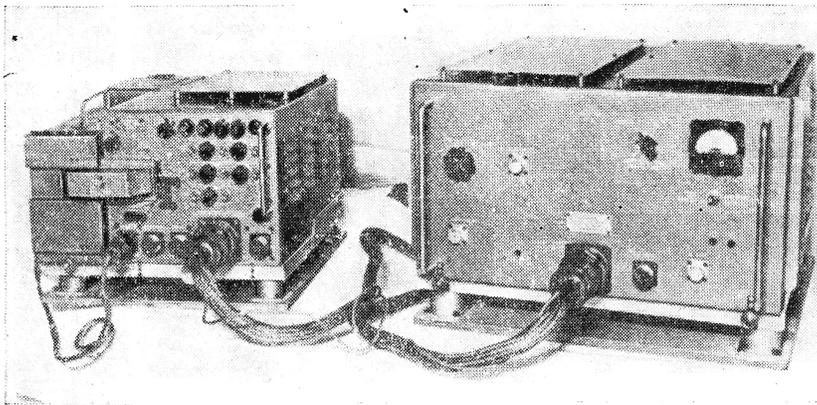
приборы и инструменты, которая ныне практически полностью удовлетворяет потребности министерств и ведомств в различных типах теодолитов и дальнометров, нивелиров и высотомеров.

Если до Великой Октябрьской социалистической революции территория нашей страны была покрыта всего на 10% разрозненными съемками, зачастую выполненными на полуинструментальной основе, то сегодня необъятные пространства Советского Союза полностью обеспечены современными картами масштаба 1:100 000 и мельче; успешно ведутся работы по созданию топографических карт масштаба 1:25 000 и 1:50 000; карты постоянно обновляются и поддерживаются на уровне современных требований.

Особое внимание в последние годы уделяется съемкам в масштабе 1 : 10 000 и крупнее. Карты в масштабе 1:10 000 создаются для сплошных массивов сельскохозяйственных и мелиоративных земель, а также для районов промышленного и городского строительства.

В соответствии с решениями майского (1966) Пленума ЦК КПСС и последующих постановлений ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур», за период восьмой и девятой пятилеток предприятиями ГУГК выполнены топографические съемки в масштабе 1:10 000 на территории южных районов европейской части СССР, на Украине, Кавказе, в Белоруссии и Средней Азии, а также в Западной Сибири и

Изложение доклада на VI съезде Всесоюзного астрономо-геодезического общества (октябрь 1975, Ереван).

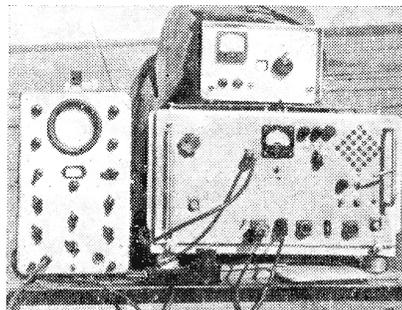


на Дальнем Востоке общей площадью более 120 млн. га. По сравнению с седьмой пятилеткой, съемки в масштабе 1:10 000 возросли в восьмой пятилетке в 18 раз и в девятой — в 3,9 раза. В дальнейшем уровень этих съемок сохранится.

В стране ведутся большие работы по съемкам в масштабе 1:5000 и 1:2000 и крупнее. За пятилетие в Главном управлении объемы работ по съемкам территорий в масштабе 1:2000 и 1:5000 возросли до 7—8 млн. га, в десятой пятилетке они вновь возрастут в 2 раза.

Начиная с 1972 года предприятия Главного управления приступили к планомерному созданию плановой и высотной основы на все города страны и их картографированию в масштабе 1:2000 в застроенной части и в масштабе 1:5000 в перспективных районах застройки. К началу 1976 года 400 городов полностью обеспечены новыми исходными геодезическими данными и картами. В 1976 году запланировано провести топографо-геодезические работы еще в 380 городах, из которых 150 городов получат уточненные планы и карты.

В следующей пятилетке во всех городах страны будет полностью обновлена плановая и высотная основа и созданы современные крупномасштабные карты. Одновременно ГУГК начал планомерное картографирование поселков городского типа, сельских населенных пунктов, а также съемку подземных коммуникаций в городах.



Съемки в масштабе 1:1000 и 1:500 в основном ведутся проектными институтами Госстроя СССР (ТИСИЗ), а в последние годы предприятия ГУГК тоже наращивают объемы таких работ.

#### КАРТОГРАФИЯ

Не менее разительные успехи достигнуты в области отечественной картографии. Если в первые годы развития картографической службы страны все ее оборудование составляли две плоские литографские машины, три переводных станка и один фотоаппарат, то в настоящее время картопромышленность ГУГК обладает



*Самолетный радиодальномер РДС. Он состоит из самолетной и наземной радиостанций. С помощью системы РДС определяются расстояния через значительные водные пространства, а также уточняются координаты центральных точек аэроснимков при топографических съемках*

необходимыми мощностями для удовлетворения основных потребностей в картах и атласах. Если в первые годы становления службы можно было лишь мечтать о выпуске единиц картографических произведений, то теперь годовой тематический план составительских и издательских работ ГУГК содержит до 600—700 наименований карт и атласов. Среднегодовой тираж выпускаемых карт и атласов превышает 60 млн. экземпляров.

За годы Советской власти сформировалась отечественная картография как наука, имеющая необходимые ответвления и большую связь с географией и другими науками о Земле.

В настоящее время потребности народного хозяйства в геодезических данных и картографической продукции удовлетворяются полностью. В восьмой пятилетке практически пришлось удвоить объемы топографо-геодезических и картографических работ. В девятом пятилетии эти объемы вновь возросли почти в 2 раза по сравнению с восьмой пятилеткой.

Основной задачей подразделений Главного управления и на ближайшие годы остается изыскание более прогрессивных методов и средств производства топографо-геодезических и картографических работ.

#### НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

Этой задаче подчинена деятельность научно-исследовательских институтов Главного управления геодезии и картографии и его Научно-редакционной картосоставительской части. В настоящее время в Главном управлении успешно функционируют

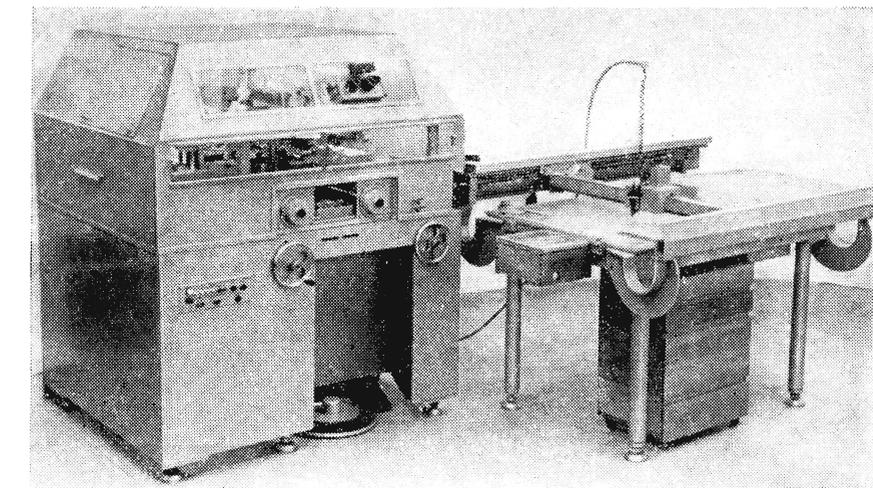
три научные организации: Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии, занимающийся исследованиями по научным проблемам геодезии и картографии, а также разработкой вопросов теории и практики топографо-геодезических и картографических работ, включая вопросы экономики развития отрасли в целом; Научно-исследовательский институт прикладной геодезии, который ведет разработку применения геодезии и фотограмметрии в инженерном и строительном деле, и вновь организованный и ныне активно развивающий свою деятельность Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа», предназначенный для разработки теории и методов изучения природных ресурсов, выполняемых совместно с институтами Академии наук СССР и институтами министерств и ведомств.

#### БЛИЖАЙШЕЕ БУДУЩЕЕ

Анализ потребности народного хозяйства в топографо-геодезических и картографических материалах на последующий 15-летний период выдвигает перед топографо-геодезической службой СССР необходимость решения следующих основных задач:

**1. В области геодезических работ:** завершение построения государственных геодезических сетей высокой точности на территории всей страны и увеличение плотности этих сетей в обжитых и экономически развитых районах;

дальнейшее совершенствование астрономо-геодезической сети по-



средством более высокой степени точности базисных и астрономических измерений и использования новейших достижений науки и техники;

уравнивание астрономо-геодезической сети и последующее уравнивание всех сплошных сетей в единой системе при использовании современных быстродействующих электронно-вычислительных машин;

создание на базе использования быстродействующей электронно-вычислительной техники автоматизированной каталогизации геодезических данных;

дальнейшее развитие высокоточных нивелирных работ с целью завершения государственной нивелирной сети достаточной плотности на всей территории страны и проведение повторного высокоточного нивелирования.

Повторные высокоточные нивелирные работы, как и астрономо-геодезические работы повышенной точности, в последнее время приобретают все большее значение, так как достигнутые точности определения взаимного положения пунктов в плане и по высоте позволяют изучать

*Универсальный стереофотограмметрический прибор СЦ-1. Прибор служит для составления крупномасштабных карт*

динамику движения земной коры во времени, что имеет особое значение для развития науки о Земле, в частности, для изучения сейсмических явлений, дрейфа континентов и т. д.

**2. В области топографических работ:** первостепенной задачей топографо-геодезической службы страны является наращивание темпов оперативного выполнения крупномасштабных топографических съемок общего и специального назначения по заявкам различных отраслей народного хозяйства.

Особое внимание в ближайшие годы должно быть уделено картографированию в масштабах 1:5000—1:2000 всех городов и населенных пунктов страны.

В настоящее время возникает задача постоянного контроля за соответствием карт и местности, ведения постоянного дежурства и, по мере накопления изменений, обновления карт. Необходимо систематически обновлять карты, чтобы поддерживать их на современном уровне.

**3. В области специальных видов топографо-геодезических работ:**

Топографо-геодезической службе страны предстоит приступить в планируемом периоде к систематическим работам по топографическому и геодезическому изучению шельфа.

Поиск полезных ископаемых на больших глубинах на суше — дорого-

стоящая и сложная работа, которая может быть эффективной лишь при надежном прогнозировании на основе более точного геодезического и картографического изучения нашей планеты.

Одна из задач состоит также в изучении фигуры и гравитационного поля и картографировании поверхности Луны и ближайших планет.

### ЗАДАЧИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Запросы народного хозяйства и населения страны к картографической продукции постоянно растут. Поэтому в задачи картографического производства входят размножение топографических карт, создание различных карт и атласов и их печать в необходимом количестве.

В планируемый период имеется в виду резко расширить ассортимент и увеличить тиражи картографических произведений для народного потребления. Особое внимание должно быть уделено тематической картографии, так как потребность народного хозяйства в тематических (отраслевых) картах постоянно растет. Предполагается резко расширить мощности составительского и редакционного производства. Мощности составительского производства в последующее пятилетие возрастут в 1,5—2 раза.

### НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Общими усилиями геодезистов и геофизиков осуществляется точная гравиметрическая съемка территории

страны. Ее данные вместе с данными астрономо-геодезической сети углубляют наши знания о фигуре и гравитационном поле Земли. Информация об отклонении действительной фигуры Земли и земного гравитационного поля от идеальных моделей — источник ценных данных о внутреннем строении Земли, о физическом состоянии ее глубинных слоев и т. д.

Достигнутые точности наземных классических астрономо-геодезических и гравиметрических работ практически уже выше требований их хозяйственного использования и вплотную приближают нас к решению фундаментальной научной проблемы, связанной с изучением изменений взаимного положения точек планеты и гравитационного поля во времени.

Исследования в этом направлении на протяжении ряда лет ведут совместно Главное управление геодезии и картографии и ряд институтов Академии наук СССР и академий союзных республик. Некоторые из этих исследований в последнее десятилетие стали объектом тесного международного научно-технического сотрудничества социалистических стран. Так, например, в результате совместных усилий Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, СССР, Румынии и Чехословакии на основе анализа повторных высокоточных нивелировок и океанографических наблюдений изучены вертикальные движения земной коры Восточной Европы и в 1971 году завершено составление карты вертикальных движений земной коры на этой территории в масштабе 1:2 500 000. В ближайшее десятилетие, после окончания Главным управлением геодезии и картографии обшир-

ных работ по созданию сети высокоточного нивелирования азиатской части СССР, будут созданы карты вертикальных движений земной коры для всей территории страны. (См. статью, опубликованную в этом номере журнала на стр. 39—45.)

Эти карты помогут решению многих важных проблем геологии, геофизики, геоморфологии, в том числе проблем о строении земной коры и верхней мантии. Вместе с тем, они будут эффективно использоваться при разведке недр, при проектировании крупных гидротехнических сооружений, для поддержания на современном уровне государственной нивелирной сети, служащей единой высотной основой для топографических и инженерно-изыскательских работ.

Работы геодезической службы страны (повышение точности астрономо-геодезических сетей, повторное высокоточное нивелирование, высокоточные абсолютные и относительные измерения силы тяжести, наблюдения за колебаниями уровней морей) должны дать единственные в своем роде данные о горизонтальных и вертикальных перемещениях земной коры, изменениях средних уровней океанов и морей, деформациях фигуры Земли и изменениях ее гравитационного поля. Особое научное и практическое значение эти работы будут иметь для раскрытия механизма тектонических процессов, происходящих в сейсмоактивных районах.

Уверенность в возможности решения средствами геодезии фундаментальных проблем науки о Земле подкрепляется появлением принципиально новых технических возмож-



■  
*В труднодоступные районы достав-  
ляют геодезистов и топографов вер-  
толеты*

ностей в связи с освоением космического пространства. Геодезия должна максимально использовать все возрастающие возможности космической техники. Методы точного наблюдения искусственных спутников Земли (ИСЗ) с применением фотографических камер, радиотехнической доплеровской и радиодальномерной аппаратуры, лазерных дальномеров уже сейчас позволяют с большой точностью определять положение станций наблюдения относительно центра масс Земли.

Для регистрации положения точек на земной поверхности и гравитационного поля Земли технически может быть создана система «высоких» спутников — носителей координат. При наблюдении с помощью очень точных лазерных систем, подобных использующимся для светолокации Луны, положение этих спутников будет рассчитываться с точностью до метра и даже точнее, а положение станций слежения будет устанавливаться на основе длинных рядов наблюдений с погрешностью до одного или нескольких дециметров.

Использование ИСЗ, оснащенных точными радиовысотомерами, открывает новые пути в изучении фигуры Земли на морях и океанах.

Уточнению фундаментальных геодезических и астрономических постоянных поможет анализ радиотехнических наблюдений искусственных космических объектов, направленных к Луне и планетам, а также искусственных спутников Луны и планет.

Радиотехнические наблюдения позволяют устанавливать с погрешностью в несколько метров расстоя-



ния до оси вращения Земли и разности долгот станций наблюдения.

Еще более высокую точность определения координат (в перспективе порядка нескольких сантиметров) способны обеспечить методы светолокации с помощью квантовых генераторов. Большие успехи уже достигнуты Физическим институтом АН СССР имени Лебедева, Крымской астрофизической обсерваторией АН СССР и рядом лабораторий в США и Франции.

Большие задачи стоят сейчас перед картографами. Необходимость инвентаризации и рационального использования естественных ресурсов страны в современных условиях предъявляет особые требования к картографии, географии и всему циклу наук о Земле. Особенно тесно взаимодействуют между собой науки о Земле и тематическая картография. Ни одна из ведущих проблем наук о Земле, включая обеспечение человечества пресной водой, изучение ресурсов Мирового океана, комп-

лексное исследование шельфовых зон, установление биологической продуктивности земель и др., не может быть решена без соответствующего картографического обеспечения.

Особого внимания заслуживает проблема комплексного тематического картографирования (карты лесов, геоботанические, сельскохозяйственные и др.). Известно, что эффективность серии карт, созданной в процессе комплексного картографирования, значительно выше, чем разрозненных карт аналогичной тематики и тех же масштабов. К сожалению, вопросы комплексного картографирования обычно ставятся и решаются картографами, а не географами, которые могли бы выполнять эту работу заранее и, вероятно, на более высоком научном уровне. Активное участие географов в решении методических вопросов комплексного картографирования будет способствовать общему успеху работ. Сотрудничество специалистов в области наук о Земле и картографии, координация работ по картографии, выполняемых различными учреждениями и организациями, приобретают на современном этапе особый смысл.

■  
*Трудовые будни топографов*

## АВТОМАТИЗАЦИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Одна из наиболее сложных проблем автоматизации — разработка математических методов, алгоритмов и программ моделирования на ЭВМ закономерностей составления карт. Ряд картографических процессов не имеет достаточно строгих математических критериев и формализованных правил, однако проведенные в последнее время исследования показали, что с помощью ЭВМ можно достаточно надежно устанавливать объективные закономерности генерализации содержания карт.

Еще одно направление автоматизации связано с разработкой устройств для воспроизведения на основании цифровой информации, полученной от ЭВМ, картографического изображения в виде издательских оригиналов карт.

Современное развитие фототехники, а также достижения химии в создании малодеформирующихся полиэфирных и других полимерных материалов значительно расширили пути совершенствования картографического производства. Появилась возможность упростить многие технологические процессы, облегчить труд картографов, повысить его производительность и культуру. Использование пластика позволяет перейти к гравированию карт, что улучшает качество изображения и ведет к механизации их оформления.

Происходит переход к новой технологии воспроизводства многокрасочных карт. Большие перспективы в художественном улучшении картографических изданий и в ускорении производственных процессов может открыть применение цветоделительных автоматов.

Исторически сложилось, что различные этапы картографирования разобщены. Независимо друг от друга выполняются полевые геодезические измерения, аэрофотосъемка, дешифрирование снимков, фотограмметрические, составительские и издательские работы. Поэтому главная для научно-технического прогресса в картографии задача — это создание автоматической картографической

системы, связывающей в единый, четко отлаженный комплекс все звенья; получение, анализ, обработка, выдача и использование картографической информации. В дальнейшем весь процесс подготовки карт к изданию должен быть автоматизирован.

Мы считаем, что удовлетворение запросов народного хозяйства в части обеспечения топографическими картами и геодезической основой должно идти в двух направлениях. В первых — расширение объектов работ и ассортимента топографической продукции, при обеспечении оперативности в выполнении работ и доведении продукции до заказчика. Во вторых — изучение применимости той или иной топографической продукции и изучение требований потребителей к этой продукции. Случаи завышения требований к топографическим материалам со стороны проектировщиков встречаются часто, и при соответствующей оптимизации этих требований можно значительно сократить объем топографических работ и ускорить выдачу заказчикам топографических материалов.

Успешное решение рассмотренных проблем позволит поднять на новый уровень научное значение геодезии и картографии, а также более оперативно обеспечивать народное хозяйство топографо-геодезическими данными и картографической продукцией.

## ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ СПУТНИК ЮПИТЕРА

В 1975 году Ч. Коуел, которому принадлежит честь открытия тринадцатого спутника Юпитера, обнаружил у этой планеты еще одну луну. Свое открытие Коуел сделал на 122-сантиметровом телескопе системы Шмидта обсерватории Маунт Паломар.

Новый спутник Юпитера 21-й звездной величины, то есть в 10 раз слабее тринадцатого спутника, который с трудом различим в самые сильные телескопы. Таким образом, «новичок» — самый слабый спутник из всех известных в Солнечной системе. Судя по угловому расстоянию спутника от Юпитера, он находится не менее чем в 10,8 млн. км от планеты. Кроме Коуела четырнадцатый спутник удалось сфотографировать и астрономам обсерватории Китт Пик.

До недавнего времени спутники Юпитера чаще всего обозначались порядковым номером согласно последовательности их открытия. Только четыре самых ярких галилеевых спутника имели официальные названия. Пятому спутнику Юпитера имя Амальтея дал К. Фламмаршон, но оно не было утверждено. И вот Международный астрономический союз решил присвоить имена остальным спутникам планеты. Спутники с шестого по тринадцатый будут теперь называться Гималия, Элара, Пасифе, Синопе, Лизистея, Карме, Аванке и Леда. В латинском написании этих имен последняя буква «а» означает, что спутник обладает прямым движением вокруг планеты, а буква «е» — обратным.

В выборе названий Международный астрономический союз руководствовался в основном предложениями немецкого филолога И. Блунка. Имя тринадцатому спутнику (Леда) дал первооткрыватель Ч. Коуел. Возможно, он предложит имя и четырнадцатому спутнику. Утверждение всех названий будет сделано в 1976 году на Генеральной ассамблее Международного астрономического союза в Гренобле.

«International Astronomical Union Circular», 2845, 2846, 2855, 1975.



Кандидат физико-математических наук А. С. ГУРВИЧ  
Дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР В. Н. КУБАСОВ  
Дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР А. А. ЛЕОНОВ  
А. И. СИМОНОВ,  
Т. Н. ХАРИТОНОВА

## Солнечный барометр

Восход и закат Солнца каждый раз волнуют наблюдателя. Опускаясь к горизонту, ослепительно белый диск Солнца желтеет, приобретает все оттенки оранжевого и красного цвета и темнобагровым исчезает. Меняется не только цвет, но и видимая форма: у горизонта Солнце «сплющивается», и в ясную погоду можно наблюдать весьма причудливые очертания светила. Красочная картина космических восходов и закатов отмечалась многими космонавтами и астронавтами.

Кажущееся изменение фигуры Солнца обусловлено искривлением световых лучей, или рефракцией света в атмосфере. Любопытно отметить, что разработка теории рефракции была начата еще Птолемеем, он же составил первые таблицы углов рефракции в земной атмосфере, необходимые для астрономических наблюдений. Современная теория рефракции в атмосфере доведена до высокой степени совершенства. Некоторые ее следствия используются, например, в геодезии, астрономии и, в частности, для определения параметров планетных атмосфер по наблюдениям покрытия звезд Венерой, Марсом, Юпитером и Нептуном, когда звезды просматриваются через атмосферу планет.

Причина рефракции кроется в изменении плотности воздуха с высотой. При наблюдении внеземного источника света с поверхности Земли рефракция тем больше, чем ближе источник к горизонту, и поэтому световые лучи, идущие от верхнего и нижнего края Солнца, изгибаются по-разному. Рефракция тем больше, чем плотнее воздух. Вот почему у поверхности Земли рефракцию соз-

**Измерение рефракции световых лучей в атмосфере Земли с космического корабля — перспективный метод определения плотности воздуха в широком диапазоне изменения высот.**

дают в основном нижние слои атмосферы. При наблюдении же внеземного источника с борта космического корабля определяющее влияние оказывают наиболее плотные слои воздуха, сквозь которые солнечные лучи проходят с наименьшей высотой над поверхностью Земли. Рефракция и распределение плотности по высоте связаны простым интегральным уравнением. Проводя измерения рефракции при разных высотах луча над земной поверхностью и решая это уравнение, не сложно определить и изменение плотности воздуха с высотой.

Для метеорологии необходимо знать атмосферное давление по всему глобусу на различных высотах. Метеорологи измеряют давление барометрами и барометрическими датчиками, поднимаемыми на шарах-зондах. Пользуясь такими методами, практически невозможно получить необходимые данные на обширных территориях, особенно над океанами. Создание искусственных спутников Земли открыло возможность определять температуру, состояние облачности и другие метеорологические характеристики над всей планетой практически одновременно. Однако существующие спутники не могут непосредственно измерить давление

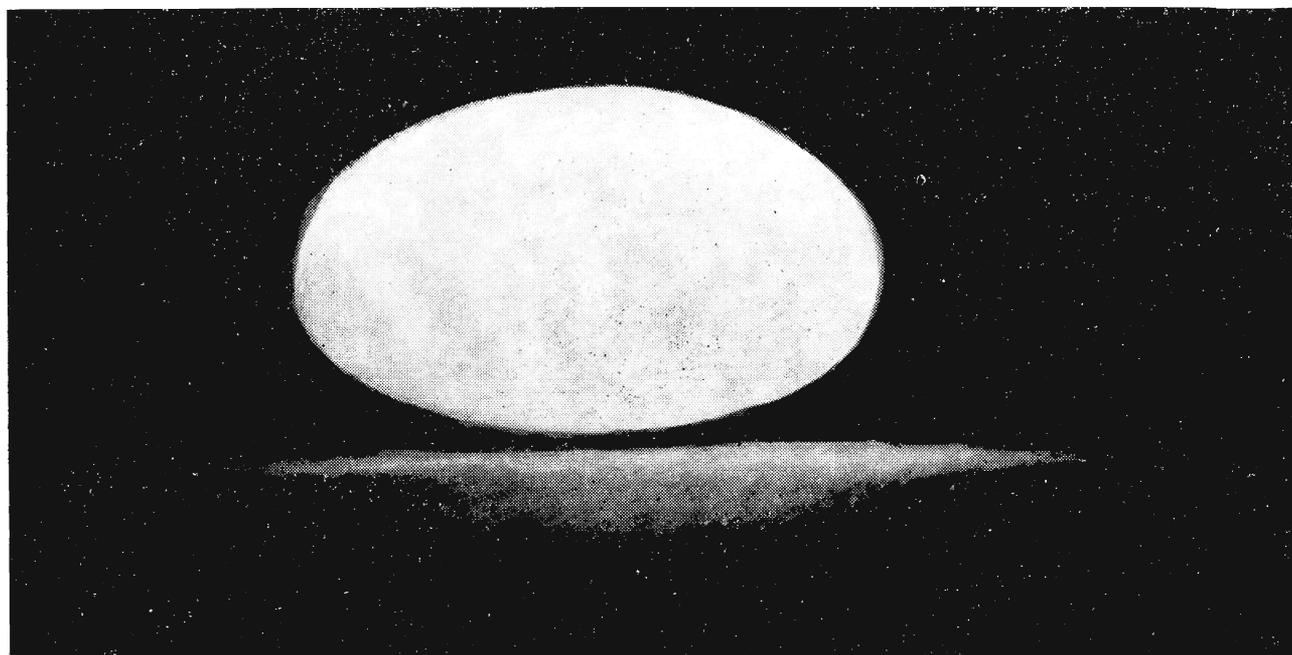
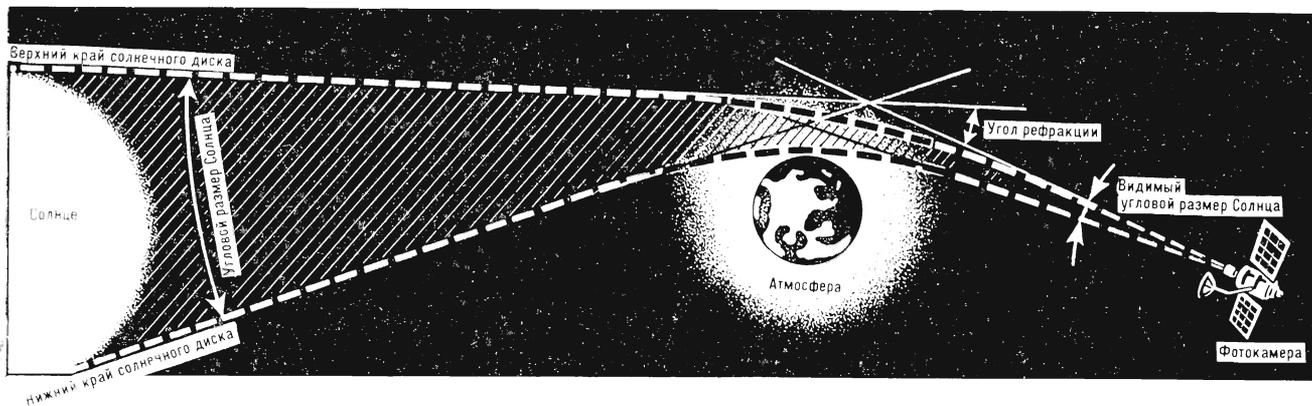
воздуха с необходимой точностью. Но давление ( $P$ ), температура ( $T$ ) и плотность воздуха ( $\rho$ ) связаны простым уравнением состояния:

$$P = \rho RT/\mu,$$

где  $\mu$  — молекулярный вес воздуха, а  $R$  — универсальная газовая постоянная. Эта формула позволяет определить давление воздуха по результатам измерения его температуры и плотности. Приборы, установленные на метеорологических спутниках, позволяют измерить вертикальное распределение температуры воздуха. Если же будет известно распределение плотности по высоте, то пользуясь уравнением состояния, можно определить и давление воздуха на различных высотах.

Во время совместного полета космических кораблей «Союз» и «Аполлон» в июле 1975 года проведен специальный эксперимент по изучению рефракции солнечных лучей в земной атмосфере. Во время этого эксперимента, проходившего на 84-м витке незадолго до восхода Солнца, фотокамера «Союза-19» была ориентирована в направлении ожидаемого появления солнечного диска. Как только верхний край светила показался из-за горизонта, началась съемка. На фотопленке последовательно кадр за кадром фиксировалась картина восхода вплоть до момента, когда Солнце поднялось настолько высоко, что его лучи, попадающие в объектив фотокамеры, не проходили через атмосферу.

Во время эксперимента луч света от нижнего края Солнца, прежде чем попасть в объектив фотоаппарата, проходит через более плотные слои атмосферы и искривляется значитель-



■  
*Схема, иллюстрирующая ход световых лучей во время эксперимента на борту космического корабля «Союз-19». Для наглядности угловые размеры Солнца преувеличены*

■  
*Снимок восходящего Солнца, полученный в июле 1975 года с борта космического корабля «Союз-19» на 84-ом витке. Рефракция лучей, проходящих через земную атмосферу, сплющивает фигуру Солнца. Светящаяся полоска внизу — земной горизонт*

но сильнее, чем луч света от верхнего края Солнца. Поэтому видимый угловой размер Солнца в вертикальном направлении оказывается меньше, чем истинный угловой размер. Особенно легко убедиться в этом, построив ход лучей не от Солнца к аппарату, а в противоположном направлении, учитывая, что лучи, проходящие ниже, искривляются сильнее. Лучи света, идущие через атмосферу к фотоаппарату от точек, расположенных на концах горизонтального диаметра солнечного диска, проходят в атмосфере на равных вы-

сотах и поэтому искривляются одинаково в вертикальной плоскости, и поэтому горизонтальный диаметр передается на фотопленку без рефракционных искажений. Весьма малая горизонтальная рефракция, связанная с изменением давления и плотности воздуха в горизонтальном направлении, не проявляется при фотографировании Солнца. Фотография Солнца, полученная с борта космического корабля «Союз-19», наглядно показывает влияние рефракции на ход солнечных лучей в атмосфере Земли.

Геометрия проводившегося экспе-



римента — положение Солнца и корабля относительно центра Земли и друг друга — была хорошо известна, и это позволило определить зависимость плотности воздуха от высоты. Решение такой задачи значительно облегчалось тем, что по фотографиям легко было определить разность рефракций лучей, идущих от верхнего и нижнего края солнечного диска. Для этого было достаточно измерить сплюснутость солнечного диска. Измерение разности рефракций не требует точного ориентирования фотокамеры, и поэтому его провести гораздо легче, чем измерение абсолютных значений углов рефракций, не превышающих одного градуса.

Рефракция в атмосфере зависит от длины световой волны: чем более коротковолновое излучение, тем больше рефракция при прочих равных условиях. В этом отношении земная атмосфера напоминает гигантскую призму, которая разлагает «белый» солнечный свет на его спектральные составляющие. Зависимость рефракции от длины световой волны называется дисперсией рефракции. Именно дисперсия рефракции приводит к редко наблюдаемому на Земле появлению зеленой вспышки или зеленого луча в последний момент перед заходом Солнца. Причина этого явления заключается в том, что в коротковолновой части солнечного спектра рефракция сильнее, чем в длинноволновой, и поэтому, когда в красных лучах Солнца уже не видно за горизонтом, зеленые лучи, которые искривляются сильнее, еще попадают к наблюдателю. Зеленый луч редко наблюдается, потому что коротковолновое излучение значи-

тельно сильнее ослабляется атмосферой, особенно при наличии пыли, и для наблюдения «зеленой вспышки» необходим исключительно чистый воздух.

В эксперименте на корабле «Союз-19» фотографирование проводилось на черно-белую пленку, специально подобранную для передачи больших световых контрастов, чтобы охватить изменение яркости Солнца от момента его восхода до выхода из-за атмосферы. Для того чтобы получить резкое изображение края Солнца на фотографии и исключить влияние дисперсии рефракции, съемка на борту корабля «Союз-19» производилась с красным светофильтром. Красный светофильтр уменьшал также перепад яркостей от кадра к кадру.

Успешное завершение эксперимента по измерению рефракции с корабля «Союз-19» и хорошее совпадение теоретических расчетов с результатами измерений показывают, что рефракция солнечных лучей в атмосфере позволяет определить плотность воздуха. Таким образом, в принципе, решается задача об определении давления в атмосфере со спутников. В приведенном эксперименте внеземным источником света, необходимым для определения плотности воздуха, служило Солнце.

Однако, лучи, идущие к спутнику, пронизывают земную атмосферу лишь в области терминатора. Можно предполагать, что в недалеком будущем начнет действовать космическая метеорологическая обсерватория, измеряющая необходимый для прогноза погоды полный комплекс метеорологических параметров, включая атмосферное давление. В такой об-

серватории вместо Солнца источниками света будут служить малые спутники-маяки. Луч света со спутника-маяка будет направлен на метеорологический спутник. Все спутники, входящие в состав такой обсерватории, будут двигаться по одной и той же орбите, но расстояние между ними должно подбираться так, чтобы световые лучи от маяков к метеорологическому спутнику проходили на разном удалении от поверхности Земли. Измерения углов рефракции или дисперсии рефракции (если маяки будут многоцветными) позволят определить плотность воздуха на разных высотах над поверхностью Земли. Измерение температуры, проводимое с метеорологического спутника по собственному излучению атмосферы в инфракрасном или микроволновом диапазонах длин волн, даст возможность вычислять атмосферное давление непрерывно во всей воздушной оболочке, опоясывающей земной шар. Такая система, разумеется, потребует большой работы ученых и конструкторов, но тем не менее представляется вполне реальной и выполнимой в не столь далеком будущем.



## ТОПОГРАФИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА

На борту станции «Скайлэб» проведен эксперимент с радиолокационным высотомером. В эксперименте фиксировалось время возвращения сигналов, излучаемых устройством на спутнике и отражающихся от поверхности воды. Из этих данных определяли расстояние между орбитой спутника и поверхностью океана. Орбита рассчитывалась по радионаблюдениям, и хотя абсолютная точность определения ее высоты составляла около 25 м, орбита достаточно стабильна. Ее использование в качестве координатной оси позволило получить чрезвычайно интересные результаты. Оказалось, что поверхность океана покрыта своеобразными холмами и долинами.

В сообщении приводятся два примера топографических профилей: для района плато Блейк и для глубоководного желоба Пуэрто-Рико.

Рельеф поверхности океана определялся как отклонение водной поверхности от эллипсоида с большой полуосью 6378155 м и сжатием 1/298,255. Для оценки расстояний на земной поверхности можно принять, что скорость спутника составляет 8 км/с. На графиках видно, что топо-



А — проекция части орбиты «Скайлэба» на поверхность Земли (второй экипаж, 4-й виток, 4 июня 1973 года); Б — топография водной поверхности [по данным высотомера] и океанического дна в подспутниковых точках. Видны границы плато Блейк (левый фрагмент) и желоб Пуэрто-Рико (правый фрагмент)



А — проекция части орбиты «Скайлэба» на поверхность Земли (третий экипаж, 11-й виток, 2 сентября 1973 года); Б — топография водной поверхности (по данным высотомера) и океанического дна в подспутниковых точках. Слева — одиночный пик, справа — вершина, принадлежащая подводному хребту у восточного побережья Бразилии

графические неровности водной поверхности достигают 15 м.

Поднятия и депрессии океанической поверхности обнаружены также и в ряде других мест. Во многих случаях они коррелируют с рельефом океанического дна.

Поскольку поверхность океана представляет собой, вообще говоря, эквипотенциальную поверхность, «очевидно, — как пишут авторы сообщения, — перспективность использования спутникового высотомера для картирования распределения плотностей в земной коре и для исследования геологической структуры Земли».

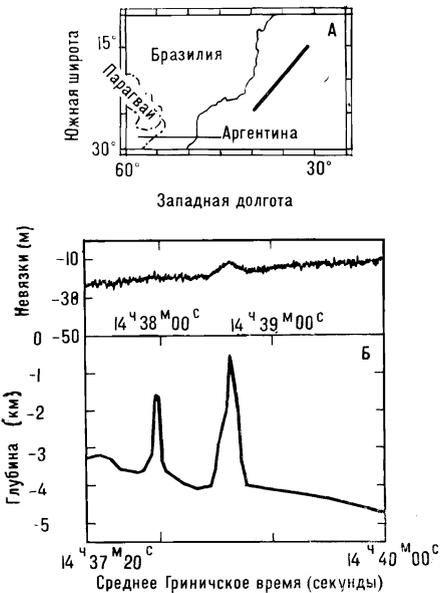
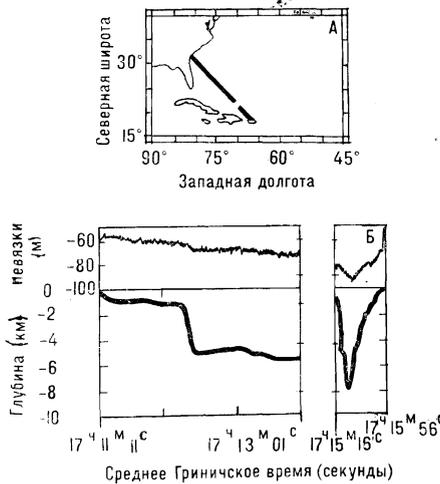
«Science», 186, 1208, 1974.

## НЕЙТРИНО И ВСПЫШКИ СВЕРХНОВЫХ ЗВЕЗД

Протекание катастрофического сжатия (коллапса) звезды существенно определяется тем, как быстро звезда теряет энергию. Колоссальную энергию — около  $10^{53}$  эрг уносят нейтрино — частицы без массы покоя, слабо взаимодействующие с веществом и обладающие огромной проникающей способностью. Если бы оболочка коллапсирующей звезды могла получить всего 10% этой энергии, то и ее бы хватило для выброса оболочки в окружающее пространство. Наблюдался бы эффект вспышки сверхновой.

На основе последних достижений астрофизики и физики элементарных частиц американские исследователи Арнетт и Шрам рисуют такую картину гравитационного коллапса. В центре предсверхновой плотность вещества больше  $2 \cdot 10^{14}$  г/см<sup>3</sup> и температура порядка  $10^{10}$  К. Вещество здесь состоит из отдельных протонов, нейтронов и электронов. В таком веществе происходит захват электронов протонами, в результате чего образуются нейтроны и нейтрино с энергией около 16 мэВ. Нейтрино выходят из самых плотных слоев и попадают в область, где есть атомные ядра. Рассеиваясь на них, нейтрино передают им часть своего импульса, создавая эффективное давление, направленное от центра звезды наружу. Если это давление способно преодолеть силу гравитационного притяжения, то оболочка коллапсирующей звезды разлетится и произойдет взрыв сверхновой. В центре останется нейтронная звезда, а вещество, прошедшее через стадию больших температур и плотностей, будет выброшено в межзвездное пространство. Этим, возможно, объясняется происхождение космических лучей и концентрация тяжелых элементов в космическом пространстве.

«Astrophysical Journal», 198, 1, 1975.





Доктор философских наук,  
профессор А. Д. УРСУЛ

## Экологические перспективы и космонавтика

**Директивы девятого пятилетнего плана, предусматривая усиление охраны природы, нацеливали на то, чтобы научнотехнический прогресс сочетался с хозяйским отношением к природным ресурсам, с бережным отношением к окружающей среде. В десятой пятилетке будут продолжены работы по дальнейшему улучшению охраны природы, рациональному использованию природных ресурсов.**

**Большую помощь в решении этой всенародной задачи может оказать и оказывает космонавтика. На XXIV съезде КПСС было намечено проводить научные работы в космосе, непосредственно связанные с проблемой окружающей среды. В новой пятилетке советская космическая программа нацелена также на продолжение исследований, которые выражают стремление Коммунистической партии и Советского правительства сделать космос сферой международного сотрудничества во имя прогресса и процветания всего человечества.**

### ЗЕМНОЙ «РАЗВОРОТ» КОСМОНАВТИКИ

«Человечество не останется вечно на Земле»\*, — эта часть письма К. Э. Циолковского к Б. Н. Воробьеву (будущему исследователю творчества ученого) общеизвестна, и с ней вполне можно согласиться. Действительно, если человечество претендует на вечное существование и развитие, оно когда-то должно покинуть Землю. Но когда? В ближайшие десятилетия, столетия? По-видимому, гораздо позже и в силу тех причин, которые мы сейчас вряд ли отчетливо можем осознать.

До того как возникнут эти причины, человечество не собирается переселяться в космические дали, оно предпочитает оставаться на Земле. Даже те его представители, которым была доверена космическая миссия, — космонавты и астронавты, в особенности после длительных полетов, с огромной радостью возвращались на родную планету, неоднократно отмечая, что нет ничего прекраснее Земли и более желанного момента, чем встреча с ней. Пожалуй, они больше других могут оценить преимущества жизни на Земле — ведь им случалось ненадолго покидать ее. Первый космический полет человека начался с облета земного шара: Юрий Гагарин видел Землю с корабля-спутника «Восток» и восхищался ее красотой. Но оставим пока эмоционально-психологи-

скую сторону вопроса и обратимся к объективной логике «космического движения».

Казалось бы, это движение отчетливо и ясно характеризуется прямой направленностью — от Земли в космос. Однако в этой прямой концепции «космизма» на современном этапе появилось новое движение — из космоса к Земле. Оно не означает отказа от освоения внеземных пространств, а выражает ориентацию все большей части космических исследований и ракетно-космической техники на использование космоса для землян. В односторонней концепции «космизма» оформилась своего рода «обратная связь», ориентирующая не на бегство с Земли, а на ее более тесную связь с космосом, формируемую людьми и устанавливаемую лишь на уровне социальной формы движения материи.

Поворот космонавтики «лицом к Земле» подчеркивают многие видные специалисты в области космических исследований. Например, член-корреспондент АН СССР К. Я. Кондратьев отмечает, что этот поворот в значительной степени вызван всеобщей озабоченностью ученых изменением экологической обстановки в отдельных районах земного шара и даже на планете в целом, происходящих под влиянием хозяйственной деятельности человека («Земля и Вселенная», № 1, 1974, стр. 38—42.— Ред.).

В настоящее время складывается новая отрасль научного знания — космическая экология, изучающая закономерности и возможности использования астронавтических

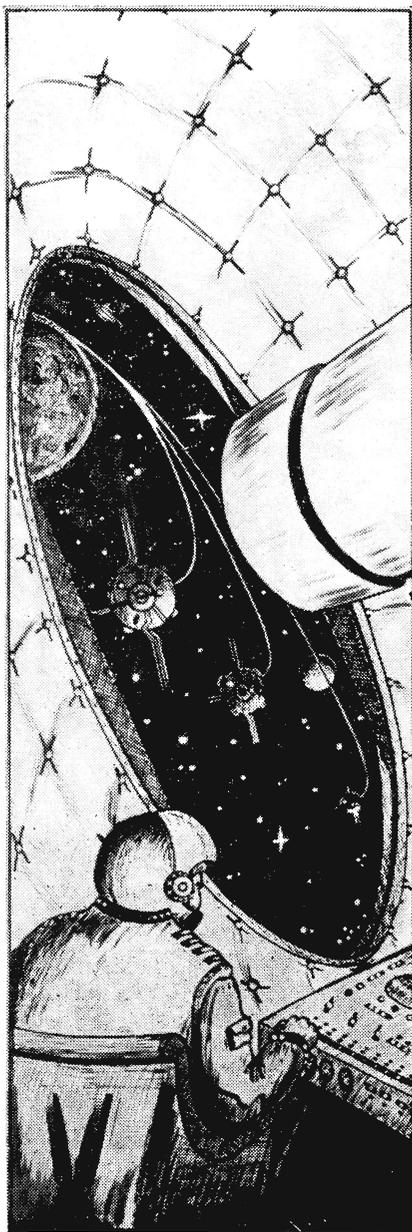
\* К. Э. Циолковский. Собр. соч. «Т. II. Реактивные летательные аппараты». М., Изд-во АН СССР, 1954, стр. 3.



средств в решении экологической проблемы.

### КОСМИЧЕСКИЕ ГОРИЗОНТЫ ЭКОЛОГИИ

Как известно, экологическая проблема в наше время возникла в связи с тем, что резко обострилось противоречие между темпами и масштабами хозяйственной деятельности людей и реакцией окружающей среды. Создался конфликт «человек и природа»: отравлена часть биосферы, вымерли или вымирают многие виды животных, загрязнены водные и воздушные пространства, на грани истощения оказались некоторые природные ресурсы. Сейчас предпринимаются меры для ликвидации экологических неурядиц, ведутся работы в области охраны природы, совершенствуются методы использования природных ресурсов. Что же может дать космонавтика для решения назревающих между человеком и природой конфликтов? Попытаемся рассмотреть эти перспективы в **пространственно-временном, вещественно-энергетическом, информационном аспектах**, то есть в плане основных сторон взаимодействия природы и общества. Актуальность такого «прогностического» исследования обуславливается еще и тем, что нередко экологи, анализируя проблемы окружающей среды, абстрагируются от ее космической составляющей, полагая что эта проблема решается чисто земными средствами и мероприятиями: сейчас — строительством очистных сооружений, а в более отдаленном будущем — безотходным производством и развитой технологией утилизации отходов.



Помощь космонавтики в решении экологической проблемы в первом упомянутом выше аспекте заключается в возможности использования третьего измерения пространства в полной мере для наблюдения и глобального обзора. Этим целям третье измерение — космическое пространство — служит главным образом в настоящее время. Космическое пространство — это тоже окружающая человека среда, так или иначе оказывающая влияние не только на Землю, но и на ее биосферу. Космос постепенно превращается в пространство, где сейчас пока мало и эпизодически, а затем постоянно будут жить и трудиться большие группы людей. Осваиваемые вездесущие просторы как бы свидетельствуют о том, что приспособление социального прогресса к ограниченному объему планеты отныне уже не является единственной перспективой человечества.

Выход техники, а затем и людей за пределы Земли оказал существенное влияние и на временные характеристики нашей цивилизации, ее взаимодействия с природой. Несмотря на то, что все человечество обитает на своей планете, для него кончился чисто геоцентрический период развития и началась новая, космическая эра. Эта эра открывает новые пространственно-временные перспективы человечеству, даже если люди в силу каких-либо причин когда-то решат навсегда покинуть Землю. Речь идет о возможности безграничного и бесконечного прогресса человечества во Вселенной, являющейся новой альтернативой считавшегося ранее неизбежным



конца человечества, гибели земного разума.\*

Освоение Вселенной открыло новые горизонты для накопления информации в сфере взаимодействия природы и общества, то есть социосфере. Весь период освоения космоса с первого полета искусственного спутника Земли можно назвать информационным. (Поступала информация о космосе и о Земле из космоса.) Самое главное, самое ценное, что передают из космоса на Землю и что доставляют приземлившиеся космические аппараты, это — информация, необходимая науке и технике и народному хозяйству. Благодаря этим сведениям мы узнаем о планете и деятельности на ней людей гораздо больше, нежели прежде, в докосмический период.

По сравнению с пространственно-временным и информационным аспектами более важное значение в решении экологической проблемы имеет, пожалуй, аспект вещественно-энергетический. Больше всего современников беспокоят все возрастающее губительное действие отходов производства на биосферу, а также истощение природных ресурсов планеты. В этом плане будущее развитие космонавтики может дать человечеству многое.

Космонавтика поставит на службу человечеству новые источники энергии и вещества. Например, можно будет утилизировать в более полном объеме солнечную энергию, а в

дальнейшем использовать вещество планет и астероидов. Изучение космических источников энергии и вещества поможет их искусственному воспроизведению на Земле, добавлению к имеющимся и традиционным земным энергетическим ресурсам новых, созданных по аналогии с их космическими оригиналами. Не исключено, что в будущем основные энергетические источники придется вынести за пределы планеты, ибо создание на Земле генераторов энергии с полной утилизацией тепловых отходов, без термического загрязнения, в принципе, невозможно. А чрезмерное увеличение энергетической мощности нашей цивилизации на планете недопустимо: перегрев поверхности Земли и атмосферы приведет к неблагоприятным экологическим последствиям. Вот почему вынесение энергетических комплексов и их отходов за пределы планеты представляется одним из перспективных направлений космонавтики в решении экологической проблемы, преодолении теплового и энергетического барьера. Однако этот вывод касается не только энергетического производства.

#### «ИНДУСТРИЯ В ЭФИРЕ». ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ДОСТОИНСТВА

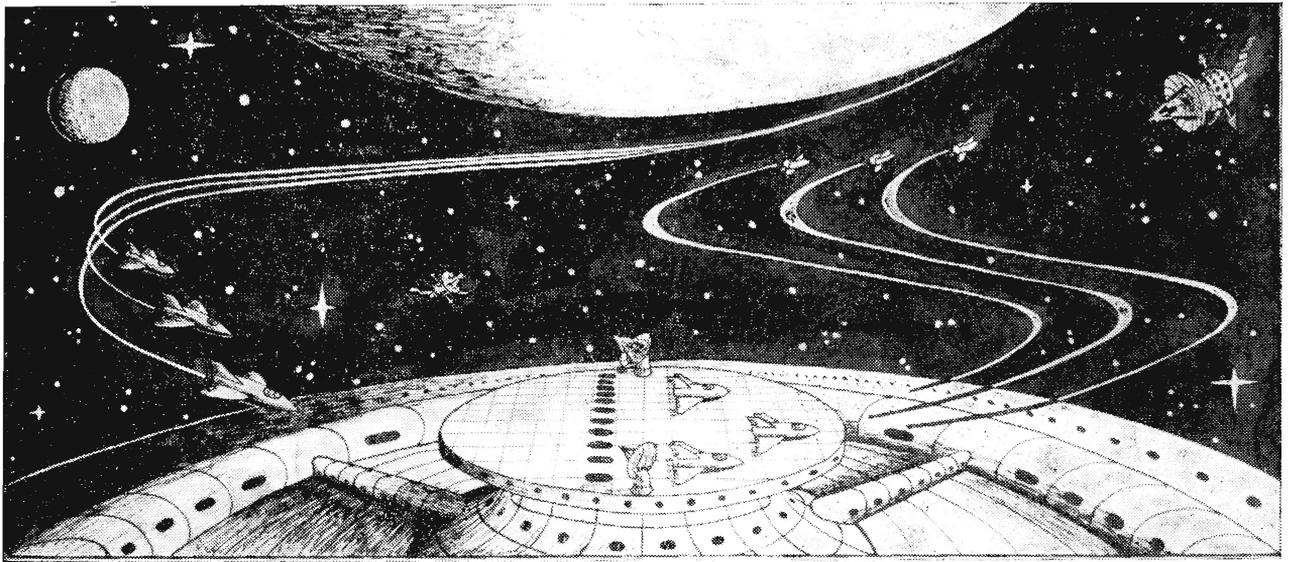
Все виды производств, выбрасывающих особо вредные и чрезмерные отходы, можно в будущем (когда стоимость космических перевозок намного уменьшится) разместить в космосе. Однако в космическом пространстве существуют идеальные условия и для таких видов индустрии, которым просто «неуютно» в земных

условиях, — для полупроводникового, электронного, вакуумного, радиационного, криогенного и др.

Когда говорят о возможном вынесении в космос производств, вредных для биосферы Земли, считают, что экологическая проблема тем самым не решается, а просто «переносится». Ведь «засоряя» космос, мы ставим преграды на пути человека в звездные дали. Конечно, в определенной мере и сейчас ближний космос засоряется в результате запуска аппаратов, которые затем перестают функционировать и, становясь космическим «металлоломом», вращаются по геоцентрическим и другим орбитам. Для того чтобы избежать непродуманного засорения космоса, необходимо объединить планы и усилия всех космических держав уже сейчас, на заре космической эры, учесть в них экологические требования.

Расширение международного сотрудничества в освоении космоса открывает возможность выбора оптимальных путей проникновения ее в мирных, гуманных целях. Это будет исключать вредное воздействие на окружающую среду на планете. Организацию же в космосе производственных комплексов отнюдь нельзя расценивать только как засорение космической среды. Вредные для биосферы Земли отходы производств за пределами планеты естественным образом будут «вплестаться» в происходящие там радиационные, магнитные и другие космические процессы. Это означает не засорение космического пространства, а использование его условий,

\* Е. Т. Фаддеев. Идея бессмертия человечества у К. Э. Циолковского. «Философские науки», № 2, 1975.



сил и процессов для того, чтобы не отравлять биосферу. Бессмысленно прятать отходы атомной энергетики в глубине соляных копей, если вынесение в космос есть по сути дела помещение их в «родную» стихию.

Итак, исключительно сложная проблема на Земле — в космосе может не стать проблемой. Тем более, что производственная деятельность вне Земли с самого начала (если она будет там широко развиваться) основана на замкнутом экологическом цикле. Замкнутые экологические циклы в космосе вначале проектировались по аналогии с теми процессами, которые происходят на Земле. Но в нынешней экологической ситуации актуальным становится использование космических проектов и в сугубо земных целях — для создания безотходных технологических цик-

лов и жизнеобеспечения людей, живущих на планете.

Конечно, мы можем мечтать и о том, что в будущем, пусть отдаленном, все виды производств, скольконибудь вредно воздействующих на биосферу и человека, окажутся за пределами планеты. Их губительные выбросы вольются в естественное течение космических процессов, не причиняя вреда всему живому, а Земля останется жилым домом, местом отдыха и творческого труда большей части человечества. Вот тогда производство, впервые зародившееся на Земле, утратит свои исключительно геоцентрические свойства и станет общественным космическим процессом.

#### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ КОНЦЕПЦИИ «БЕГСТВА С ЗЕМЛИ»

Даже в наш век автоматизации и кибернетики было бы наивным считать, что индустрия и «сельское хозяйство» в космосе полностью обойдутся без участия человека. Ясно, что вынос производственных комплексов за пределы Земли вызовет миграцию части населения — космос постепенно будет обживаться, заселяться. Но и сейчас, и в ближайшем будущем это обживание станет не самоцелью, а лишь средством содействия прогрессу цивилизации на планете. Некоторые зарубежные авторы (А. Лануа, Ф. Фиорио и др.) рассматривают космонавтику как средство грядущего бегства человечества, не сумевшего справиться с на-



двигающейся экологической угрозой и потому решившего навсегда покинуть загрязненную им и обезображенную планету. Этот взгляд выражает неверие в возможности человечества справиться с экологическими трудностями на Земле, оправдывает агрессивное, хищническое отношение к природе Земли, усматривая в космонавтике не метод улучшения современной экологической ситуации, а лишь крайнее средство «исхода» человечества со ставшей ему ненужной колыбели — планеты.

Начало космической эры — не начало массового переселения людей за пределы Земли. Космическая эра сегодня — это служение землянам и, в частности, содействие в решении экологической проблемы. Альтернатива «либо Земля, либо космос» выглядит в свете современного социального и космического прогресса анахронизмом. Космос и Земля взаимосвязаны. Эта связь существовала и до появления человека, и до космонавтики. Ныне эту связь укрепляет сам человек, запуская в космос технику и возвращая ее на Землю для блага людей. Космическая техника — это бумеранг, возвращающийся с небесными дарами и, прежде всего, с ценнейшей информацией о Вселенной.

Разумеется, нельзя исключить возможность того, что когда-либо в астрономической перспективе человечество, как об этом мечтал К. Э. Циолковский, оставит Землю и устремится в далекие космические миры. Но если это и произойдет, то отнюдь не в силу экологической безысходности человеческого суще-

ствования на Земле, не потому, что проблема окружающей среды здесь в принципе не поддается решению. Человечество в состоянии предотвратить экологическую катастрофу и земными, и космическими средствами, не покидая нашу планету полностью. С другой стороны, по-видимому, верно и то, что экологическая катастрофа может застигнуть людей раньше, чем они успеют построить множество космических кораблей и оставить Землю. И почему условия, которые они встретят в иных мирах, должны оказаться лучше, чем наша планета? Ясно, что бегство с Земли — это не решение экологической проблемы, а, действительно, лишь перенесение ее в космические дали.

Те, кто планирует бегство с отравленной планеты, рискуют вовсе с нее не улететь, ибо их доктрина не ориентирует на улучшение экологической ситуации, и, следовательно, хотя бы они этого или нет, ведет к усугублению экологического конфликта. С окончательно загрязненной Земли либо никто не улетит, либо горстка космических «счастливчиков» столкнется за пределами планеты с такими трудностями, которые приведут их опять-таки к печальному концу. Выход один: использовать космонавтику не для того, чтобы навсегда покинуть Землю, а для решения экологической проблемы и других земных человеческих дел.

Космонавтика — это новое и эффективное средство решения или содействия в решении ряда проблем, поставленных современным научно-техническим и социальным прогрессом. Космонавтика помогает лучше

и полнее представить себе роль человека на Земле и во Вселенной. И если раньше человек мыслился лишь как земное существо (вспомним определение человека, данное Аристотелем) — и это нашло свое выражение в мифе об Антее, — то теперь говорят о человеке как о существе космическом. Но если углубиться в историю, то мы обнаружим не только мифы о единстве Земли и человека, но и более широкую мифологизированную концепцию о взаимосвязи человека и космоса. Согласно философским воззрениям древних греков, космос очевиден, а сам человек космозирован, он представляет собой частицу самого космоса, мыслимого наподобие человека.

Конечно, сейчас еще нет полного единства, но мы находимся на пути к нему. Формируются действительные, а не мнимые связи человека с Землей и с космосом. Степень и масштабы обратного воздействия человека на космос растут, а потому можно уже говорить о становлении системы «Человек — Земля — Космос».

#### «ЧЕЛОВЕК — ЗЕМЛЯ — ВСЕЛЕННАЯ»

В этой системе все ее компоненты взаимодействуют между собой, причем активным системообразующим центром выступает Человек (Человечество). В ней можно выделить три пары процессов, соответствующих прямым и обратным связям между компонентами.

Во-первых, процессы взаимодействия между Землей и космосом, которые происходили и до появления человека. В них главную роль играют



гравитационные, магнитные, радиационные и др.

Во-вторых, взаимодействие земной природы и общества, которое привело к современной экологической ситуации с ее угрожающими симптомами, с ее региональными и глобальными конфликтами и неурядицами. Здесь, с одной стороны, происходило воздействие земной природы на человека (которое было замечено философами прежде всего), а с другой стороны — преобразование человеком природы. Лишь в последнее время стало ясно, что эти процессы не происходят независимо друг от друга и что человек не может преобразовывать природу, не рискуя получить нежелательный результат, отрицательную реакцию окружающей среды.

В-третьих, взаимодействие между человеком и космосом, проявляющееся, с одной стороны, во влиянии последнего на общество, а с другой — в социальном охвате космоса, или, условно говоря, его «социализации».

Кроме того, эти три пары процессов на современном этапе развития космонавтики начинают взаимодействовать и между собой, создавая целостность, которой ранее не существовало. Теперь стало очевидным, что понятие «окружающая среда» для человека основательно расширилось, «наполнилось» космосом, его телами и пространством. Космос можно рассматривать и как среду, где человек может жить и работать, и как среду, воздействующую на нашу планету.

В связи с этим можно говорить о протекании двух диалектически

взаимосвязанных процессов — экологизации космоса и космизации экологии. Экологизация космоса — это расширение сферы обитания человека, его взаимодействия с природой до космических масштабов, выход сферы взаимодействия общества и природы за пределы планеты, это процесс освоения, «социализации» Вселенной. С другой стороны, происходит космизация экологии, когда все больше и больше начинают использоваться космические средства для решения стоящей перед человечеством проблемы окружающей среды. Именно на этом пути происходит становление космической экологии.

Охрана биосферы и социосферы Земли неразрывно связана с развитием космонавтики, с космизацией нашего миропонимания и стиля мышления. Как известно, способ мышления в системе «Общество — Земля» является геоцентрическим и был эффективным до тех пор, пока потребности и нужды человечества, его деятельность вращались в земном мире. Однако в космическую эру этот стиль мышления и мировоззрения устарел, ибо он не принимал во внимание или игнорировал космос и космонавтику.

Преодоление геоцентризма, в том числе и в решении экологической проблемы, отнюдь не привело к победе прямолинейного «космизма». Геоцентризм сохранился не в том виде, как он был раньше, он стал «геоцентризмом космическим», и содержание его составляет направленность космонавтики на Землю, на решение земных, в частности, экологических проблем человечест-

ва. Как видим, существовавший столетия (и даже тысячелетия) геоцентризм мышления и деятельности под влиянием первых результатов теоретической и практической космонавтики сменился чистым «космизмом», ныне же, на новом этапе, произошел переход к «космическому геоцентризму». Но это не прежний геоцентризм, а новый «геоцентризм», поскольку Земля — обитель человечества. И настоящая и будущая космическая деятельность призвана реализовать тезис, который поставило самое передовое общество на Земле, — направить все усилия, все средства и земные и космические для счастья и процветания человечества. Развитие советской космонавтики с самого начала космической эры демонстрирует воплощение лозунга, начертанного в Программе нашей партии: «Все во имя человека, для блага человека».

#### ПОПРАВКА

В журнале № 1 за 1976 год на странице 49, в третьем абзаце сверху первой колонки следует читать: у Марса масса в 10 раз меньше земной.



## Современные движения земной коры

### ЛИТОСФЕРА ПОДВИЖНА

Более пятидесяти лет назад многие специалисты, занимающиеся изучением литосферы, были склонны считать, что лик Земли давно сформировался и мы живем на окончательно успокоившейся планете. Однако пристальное изучение фактов, накопленных особенно за последние десятилетия, говорит о другом: литосфера Земли находится в непрерывном движении. Эти движения вызываются многими причинами эндогенного и экзогенного характера. Например, движение земной коры, вызванное землетрясениями, имеет характер периодических колебаний с периодом в несколько секунд. Заметные периодические движения возникают благодаря приливообразующим силам Луны и Солнца. Приливные движения очень сложны и их закономерности довольно хорошо изучены (основная волна имеет период, близкий к 12 часам, ее амплитуда в средних широтах достигает 30 см и более).

Наблюдаются колебательные движения земной коры квазипериодического характера. Так, в эпицентральной зоне эти движения, вероятно, связаны с процессами подготовки землетрясений.

Наблюдаются как вертикальные, так и горизонтальные движения строго одного направления. К сожалению, мы еще не знаем их причин. Очень возможно, что этим движениям тоже присущ колебательный характер, но их период столь велик, что за короткий срок их изучения они воспринимаются как движения одного направления.

С позиций мобилизма, земную кору

**Колебательные движения земной коры — периодические и квазипериодические, вертикальные и горизонтальные — интересуют многих специалистов, изучающих нашу планету.**



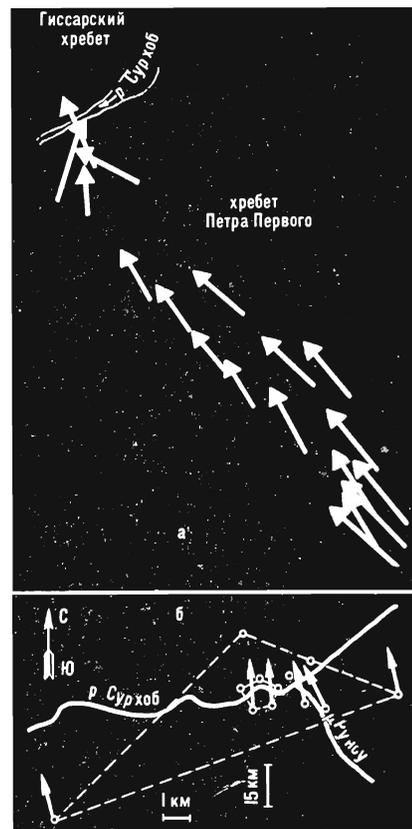
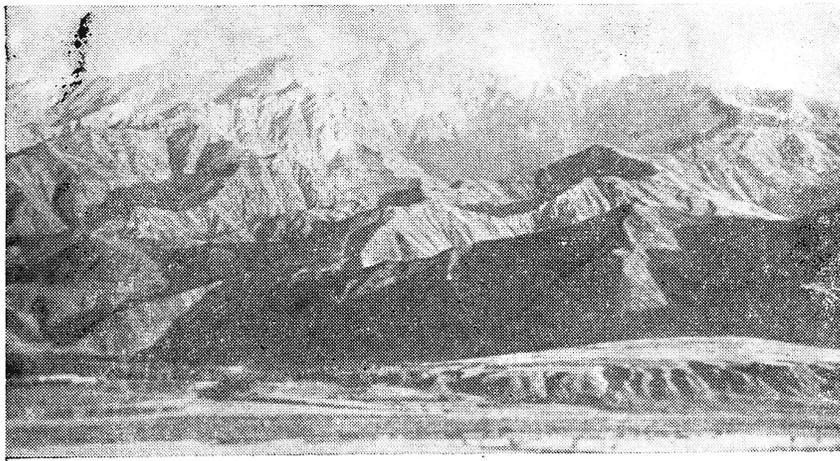
можно представить мозаикой крупнейших тектонических плит, которые находятся в непрерывном движении относительно друг друга («Земля и Вселенная», № 5, 1974, стр. 20—28.— Ред.). Причины их движений пока достоверно не установлены, но, вероятно, они связаны с неравномерностью распределения тепла внутри планеты, что порождает перемещение глубинного вещества, а оно в свою очередь вызывает движение земной коры. Однако эта схема очень условна, разработкой ее заняты многие ученые мира.

Наиболее заметное движение тектонических плит может быть выявлено

*Нивелирный полигон на склонах Гиссарского хребта и хребта Петра Первого*

но на их границах. Так, геодезическими измерениями в настоящее время установлены две весьма активные зоны: движения вдоль разлома Сан-Андреас (Калифорния) и на стыке Индийской и Евразийской плит. Современные движения вдоль разлома Сан-Андреас хорошо известны, им посвящены многочисленные и детальные публикации, и поэтому здесь можно ограничиться лишь упоминанием, что на стыке Тихоокеанской и Американской плит на протяжении многих сот километров земная кора перемещается со скоростью около 3 см в год.

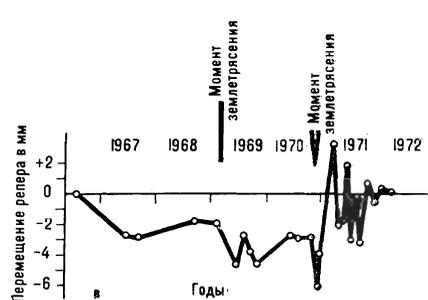
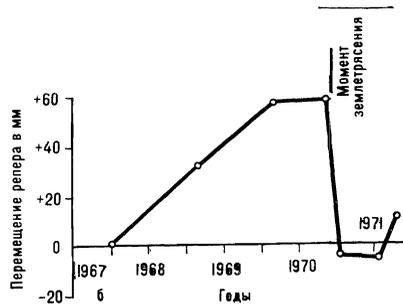
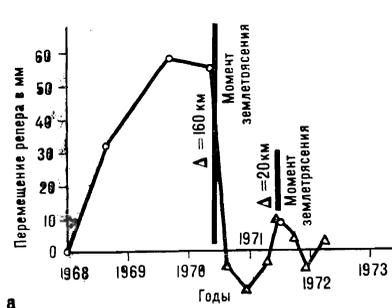
С точки зрения теории тектоники плит и изучения современных движений земной коры наибольший интерес представляет зона больших разломов, находящихся между Индийской и Евразийской литосферными плитами, в частности район в Таджикистане между Гиссарским хребтом и хребтом Петра Первого. Изучение современных движений земной коры там было начато около 30 лет назад. Этот район был выбран для наблюдений по предложению известного знатока тектонических движений в Таджикистане И. Е. Губина. В те времена мало кто думал о теории тектонических плит. Район привлекал ученых своей очень высокой сейсмической активностью. Первоначально там проводились только повторные высокоточные нивелировки и сейсмические наблюдения с надеждой выявить корреляционные связи между вертикальными движениями земной коры и землетрясениями. Несколько позже по инициативе В. А. Магницкого и В. В. Данилова были организованы первые геодезические измере-



■ Хребет Петра Первого

■ Гиссарский хребет

■ ■  
 Векторы сдвигов земной коры на Гармском полигоне по измерениям 1968 года (а). Векторы сдвигов по результатам повторных измерений на более удаленных пунктах Гармского полигона (б)



ния для изучения возможных горизонтальных движений земной коры. Однако из-за больших технических затруднений точность линейно-угловых измерений в горах оказалась недостаточной. Эти работы были прекращены, и все внимание исследователей сосредоточилось на изучении вертикальных движений и их связи с землетрясениями. Был создан сравнительно небольшой нивелирный полигон. Репера были заложены в коренных кристаллических породах Гиссарского хребта и южного склона хребта Петра Первого. Значительная часть реперов, как выяснилось много позже, оказалась в зоне огромного разлома.

#### ПОВТОРНОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Итак, начиная с 1957 года на этом полигоне ежегодно или один раз в два года проводилось повторное нивелирование высокой точности. Довольно быстро мы убедились в том, что репера, заложённые в основании Гиссарского хребта, достаточно стабильны и их перемещения по высоте лежат в пределах ошибок измерений. В то же время репера в основании хребта Петра Первого ведут себя по-разному. Одни меняют свою высоту незначительно, другие перемещаются вверх с относительно небольшой скоростью, а иные движутся с удивительным постоянством, сохраняя скорость 15—20 мм в год.

Многочисленные измерения показывали, что перед землетрясением скорость движения репера вверх заметно возрастала, а после землетрясения — уменьшалась, асимптотически приближаясь к его средней невоз-

муженной скорости. Удивительным было то, что почти такая же картина наблюдалась и на геодинамических полигонах в Алма-Ате и Ташкенте. Очень близкие результаты были получены и японскими учеными. Они даже вывели формулу, связывающую глубину фокуса землетрясения и его мощность со скоростью движения репера. Эти результаты были настолько убедительны, что казалось, еще немного усилий — и будет найден способ прогноза землетрясений.

Однако при рассмотрении изменения скорости движения репера всегда возникали затруднения с определением характера движения репера непосредственно перед землетрясением. Единственным выходом из этой ситуации казалось повышение частоты опроса.

Было принято решение проводить повторное нивелирование ежемесячно. И что же? Вместо уточнения характера движения перед землетрясением мы практически не обнаружили связи между изменением скорости движения репера и временем самого землетрясения!.. Этими измерениями было установлено, что в исследуемом районе земная кора испытывает непрерывные движения иногда довольно большой амплиту-

ды, которые не связаны с процессами подготовки землетрясения. Полученный результат вернул нас в смысле прогноза землетрясений практически на позиции, которые мы занимали в решении этой проблемы лет 7—8 назад... Однако затраченный труд и приобретенные знания оказались полезными, но несколько в другой области.

Во время частых повторных нивелирований был накоплен весьма большой экспериментальный материал. Выяснилось, во-первых, что движения всех реперов хорошо согласуются по фазе, и, во-вторых, с удалением от исходного пункта, считавшегося неподвижным, амплитуда колебаний возрастает почти пропорционально расстоянию от него. Эти два факта позволяют утверждать, что данная система реперов относится к единому блоку земной коры, который под воздействием каких-то неизвестных нам причин колеблется как единое недеформируемое тело.

Таким образом, рассматривая движение группы реперов, можно установить границы блоков, которые колеблются независимо друг от друга, то есть установить линии разломов. Это дало возможность на основании повторного нивелирования составить представление о блоковой структуре района, где расположен полигон.

Совершенно аналогичный результат был получен на Алма-атинском полигоне. Там полигон закладывался много позже Гармского, и, естественно, при выборе места закладки реперов мы стремились учесть опыт, накопленный в Гарме. Результаты предварительных геофизических работ должны были выявить разломы, по



*Движения репера на полигоне в горах Алма-Ате. Перед подземным толчком репер поднимается, после — опускается. Δ — расстояние до эпицентра землетрясения (а). На Алма-атинском полигоне после землетрясения репер заметно опустился (б). На Гармском полигоне при увеличении частоты наблюдений корреляция между землетрясением и движением репера не обнаружена (в)*

бортам которых и предстояло заложить репера.

Первые же повторные нивелирования показали, что геофизический метод разведки дает далеко не полное представление о границах блоков. Нивелировка это «чувствует» более точно. Последующие наблюдения подтвердили правильность геодезических данных.

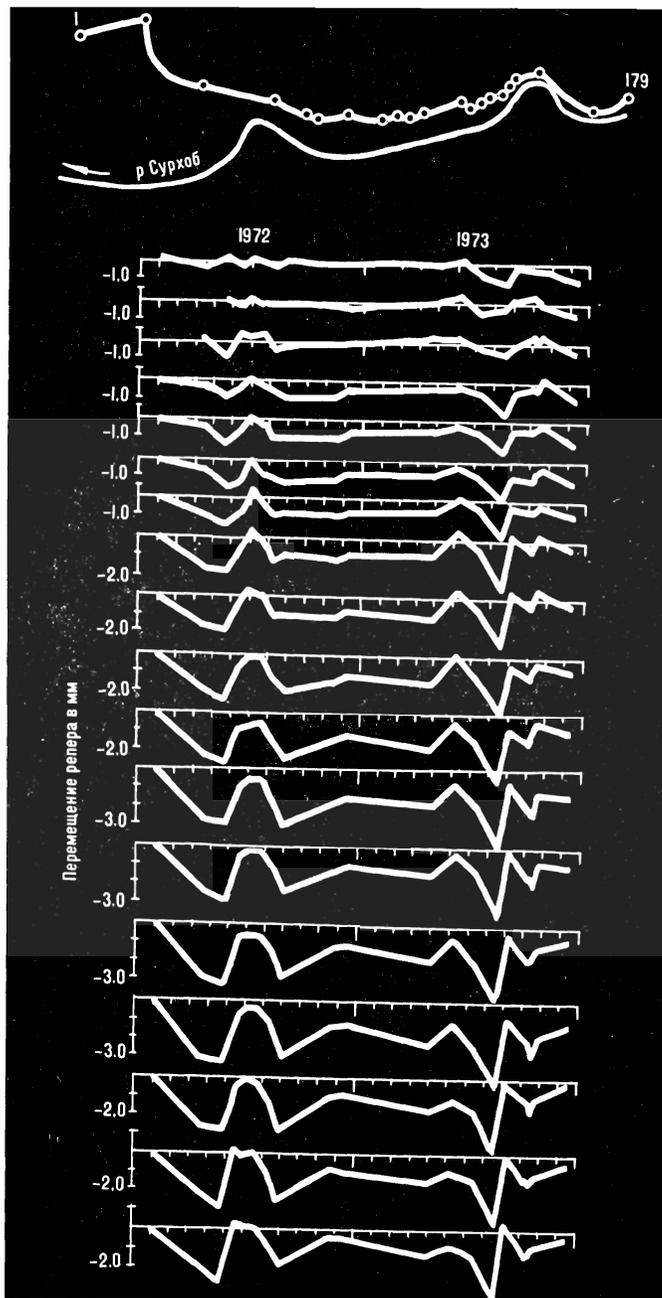
Может ли иметь практическое применение полученный результат? Оказывается, да... Этот метод уже нашел применение при разведке нефти в Белоруссии, проводятся опытные работы по его применению на Северном Кавказе. В Белоруссии повторное нивелирование позволяет выявлять скрытые под мощным слоем наносов тектонические разломы, которые не обнаруживаются геофизическими методами разведки. Более того, повторное нивелирование позволяет обнаруживать мобильные зоны, в которых происходит разрушение заложенных скважин. Если учесть высокую стоимость каждой скважины, можно рассчитывать, что такое районирование сэкономит немалые затраты на бурение.

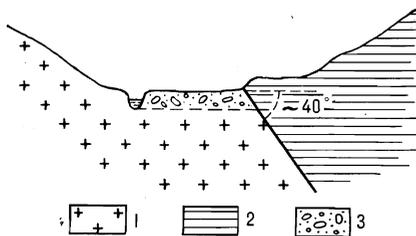
#### ЕСТЬ ЛИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ?

Вернемся к работам в Гарме. В конце 60-х годов существенно повысилась точность линейно-угловых измерений. К тому же, явно обрисовывалась перспектива применения методов, основанных на лазерной технике. Все это и стало предпосылкой к организации повторных измерений, сделанных 20 лет назад под руководством профессора В. В. Данилова.

Каково же было всеобщее удивление, когда после проведения измерений выяснилось, что все геодезические знаки, заложенные в хребте Петра Первого, оказались передвинутыми в северном направлении на величину порядка 40 см. Может быть, это ошибка в измерениях, сделанных при закладке первой эпохи? Повто-

■ ■  
*Перемещение реперов, иллюстрирующее движение блока земной коры. Репера заложены в борту Гиссарского хребта. Совпадение движения по фазе и рост амплитуды колебаний по мере удаления от начальной точки свидетельствуют о том, что этот блок колеблется как единое недеформируемое тело. Сверху показано расположение реперов*





рили измерения через год — знаки передвинулись еще на 18 мм. Может быть, это случайное оползневое явление, захватывающее только расположение нашего полигона? Расширили полигон, увеличив его площадь в несколько раз, — результат тот же. Новые знаки дали смещение около 2 см в год.

Было решено проверить это явление другим путем. Для этого экстензометры — приборы, позволяющие измерять весьма малые перемещения горных пород, установили в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Один — в направлении север-юг, другой — восток-запад. Сразу же прибор, ориентированный по меридиану, показал смещения, примерно в 100 раз большие, чем в перпендикулярном направлении. Тут уже не осталось сомнений, что действительно хребет Петра Первого в силу каких-то причин движется в направлении к Гиссарскому хребту со скоростью 16—18 мм в год. Для того, чтобы эта громадина двигалась со скоростью 2 см в год, нужны поистине титанические силы! Откуда берется энергия? Куда девается материал, заключенный между хребтами? На какую глубину простирается движение? Эти и многие другие вопросы требуют ответа, но мы его пока дать не можем...

Таким образом, на Гармском полигоне мы имеем возможность наблюдать горизонтальные и вертикальные движения земной коры, связанные с перемещением хребта Петра Первого. Анализируя поведение блоков в зоне разлома, можно построить модель этого движения. Оказывается, хребет Петра Первого, двигаясь на

север, одновременно приподнимается. Полный вектор его движения направлен на север и наклонен под углом  $40^\circ$  к горизонту, а его абсолютная величина — 24 мм в год. Вот эти результаты и привлекли наше внимание к тектонике плит.

Если посмотреть на географическую карту Средней Азии с главнейшими разломами, то трудно отказаться от мысли, что именно в этом районе происходит стык Евроазиатской и Индийской плит. Это подтверждают и точные геодезические измерения, и высокая сейсмическая активность. Однако окончательно можно решить вопрос о «внедрении» Индийской плиты в Евразию, только построив «геодезический мост» между стабильными участками этих плит. При этом «опорами» такого моста должны быть промежуточные геодезические пункты. Современные геодезические средства позволяют получить однозначный ответ через несколько лет после начала работ («Земля и Вселенная», № 4, 1975, стр. 6—14.— Ред.).

#### ОТ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНОВ — К ПОСТРОЕНИЮ КАРТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

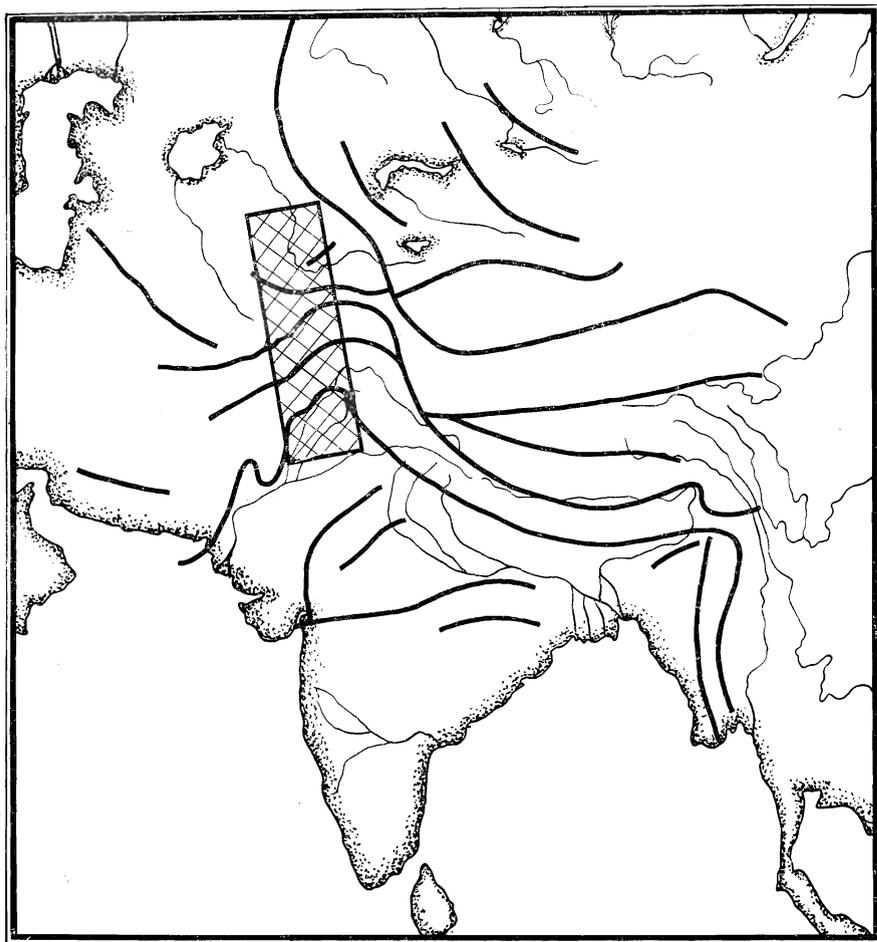
Рассказ о современных движениях земной коры в Средней Азии иллюстрирует лишь небольшую часть работ, выполняемых по этой проблеме. На территории Советского Союза в настоящее время действуют 22 гео-

*Двухмерная модель движения хребта Петра Первого; 1 — кристаллические породы, которыми сложен Гиссарский хребет; 2 — породы, слагающие хребет Петра Первого; 3 — аллювиальные отложения*

динамических полигона, расположенных в различных районах нашей страны. Назначение этих полигонов едино — накопление данных по современным движениям земной коры и изучение их связи с местными геолого-тектоническими условиями и сейсмичностью. Работы на полигонах координируются специальной комиссией при Междуведомственном геофизическом комитете Академии наук СССР. Она является национальным корреспондирующим органом Международной комиссии (CRCM), созданной в 1960 году по инициативе советского ученого профессора Ю. А. Мещерякова, большого энтузиаста и неутомимого исследователя современных движений земной коры.

В задачу комиссии входит не только изучение современных движений на геодинамических полигонах. Важный раздел ее работ составляет изучение вертикальных движений земной коры больших территорий. Это дело довольно сложное, трудоемкое и дорогое. Обычно для таких целей используется нивелирование наивысшей точности, повторенное через довольно большие промежутки времени в 20—30, а то и более лет. При составлении карт молчаливо принимается, что вертикальные движения на изучаемой территории постоянны по величине и знаку. Однако так ли это?

Насколько сложен характер вертикальных движений и насколько они изменчивы во времени, можно увидеть из данных повторного нивелирования, выполненного в Алма-Ате в 1969, 1970 и 1971 годах. Если бы скорости были постоянны, то карты должны бы быть одинаковыми, а они



Тектоническая схема района контакта Индийской и Евразийской литосферных плит. Разломы в земной коре показаны линиями, заштрихована область наиболее интенсивных горизонтальных движений, где расположен геодинамический полигон. На схеме видно, как внедряется Индийская плита в Евразийскую, в результате чего, вероятно, образовалась величайшая в мире горная система

существенно отличаются одна от другой.

Как же быть? Не строить карт вертикальных движений, ожидая, когда будет изучен каждый участок региона? Нет, это было бы неправильно. Алма-атинский полигон относится к предгорью — к району с большой сейсмической активностью, к зоне 9-балльных землетрясений. Именно здесь и проявляется вся сложность

движений земной коры, связанная с формированием лика Земли.

На земном шаре есть места, где движения земной коры удивительно постоянны. К таким районам относится Фенноскандия. Здесь наблюдается подъем суши со скоростью порядка 8—10 мм в год. Отмечается также поднятие Украинского щита со скоростью 4—6 мм в год. Регулярное опускание суши можно ожидать в северо-восточной части Европейской территории Советского Союза. Но пока мало данных для окончательного суждения.

При составлении карт вертикальных движений необходимо иметь в виду еще одно очень важное обстоятельство. Речь идет о накоплении ошибок измерений. Абсолютные скорости вертикальных движений определяются на основе наблюдений за уровнем морей и океанов (отсчеты по футштоку). Внутри континента скорости передаются с помощью регистрации высот методом нивелирования. А где измерения — там ошибки, поскольку абсолютно точных измерений не существует. Поэтому, чем дальше исследуемый район от ближайшего футштока, тем больше ошибка в определении скорости движений земной коры.

При изучении движений земной коры на больших территориях всегда приходится учитывать эти два фактора, которые в основном и определяют надежность наших суждений о движениях земной коры. Отсюда становится очевидной крайняя сложность изучения вертикальных движений, например в центральной части Средней Азии. Эти районы расположены так далеко от морей и океанов,

## Радиоуглеродные часы отбивают пульс ледниковой эпохи

что там определить абсолютную скорость вертикальных движений земной коры в настоящее время практически невозможно.

Изучению современных движений земной коры на больших территориях существенную помощь оказывают систематические наблюдения на геодинамических полигонах. Геодинамические полигоны — это надежные репера, характеризующие стабильность или нестабильность движений земной коры.

Работы по составлению карт современных движений земной коры по существу только начинаются. В сотрудничестве коллектива ученых и геодезических служб социалистических стран составлена первая карта вертикальных скоростей современных движений земной коры Восточной Европы. Эта карта издана Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР в 1973 году. Много позже, только в конце 1975 года, аналогичная карта была опубликована в Финляндии для территории Фенноскандии. Можно ожидать появления такой карты для США в ближайшие 3—5 лет. Там в настоящее время развернуты большие работы по повторным нивелировкам. Для Западной Европы трудно назвать даже ориентировочный срок, когда такая карта может быть подготовлена к изданию.

Таким образом, изучение современных движений земной коры затрагивает интересы широкого комплекса наук о Земле.

**Открытие процессов радиоактивного распада способствовало развитию совершенно новой отрасли знания — радиогеологии, или ядерной геохронологии, занимающейся изучением истории Земли на абсолютной хронологической основе. Внимание исследователей длительное время концентрировалось на датировании древних геологических формаций, возникших задолго до появления человечества. В последние 15—20 лет благодаря внедрению радиоуглеродного метода удалось установить возраст последнего покровного оледенения и других событий в новейшей истории Земли. Подробнее с вопросами, затронутыми в публикуемой ниже статье, интересующиеся могут познакомиться, прочитав брошюру Л. Р. Серебрянного и Я.-М. К. Пуннинга «Роль радиоуглерода в изучении истории Земли» («Знание», 1976).**

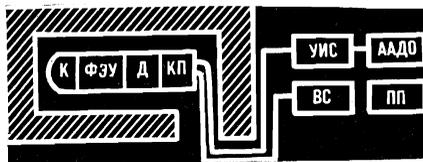
### ОБРАЗОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОГО УГЛЕРОДА

Углерод, распространенный в природе, имеет два стабильных изотопа:  $C^{12}$  (98,9%) и  $C^{13}$  (1,1%). Кроме этого, есть еще пять радиоактивных изотопов, из них четыре характеризуются незначительными периодами полураспада:  $C^{10}$  — 19,1 секунды,  $C^{11}$  — 20,5 минут,  $C^{15}$  и  $C^{16}$  — менее 1 секунды, тогда как период полураспада изотопа  $C^{14}$ , называемого

радиоуглеродом, 5600—5700 лет. Концентрация  $C^{14}$  в природе крайне мала, например, в живых растениях один атом этого изотопа приходится на  $10^{12}$  атомов  $C^{12}$ .

Еще в конце 40-х годов в лабораторных условиях удалось синтезировать радиоуглерод при взаимодействии медленных нейтронов с азотом. Впоследствии выяснилось, что в верхних слоях атмосферы нейтроны космического излучения сталкиваются с молекулами азота, и в результате образуется около 10 кг  $C^{14}$  в год. Радиоуглерод вскоре окисляется до радиоактивной углекислоты  $C^{14}O_2$ , которая быстро распространяется в атмосфере, биосфере и гидросфере нашей планеты.

В теории радиоуглеродного датирования есть существенное условие: предполагается, что скорость образования  $C^{14}$  за последние десятки тысяч лет практически не изменялась. В общем это, конечно, верно, но зная, что концентрация атмосферного азота оставалась стабильной, вполне можно допустить, что формирование  $C^{14}$  зависело от колебаний потока нейтронов. Эти колебания могли быть вызваны главным образом циклическими пульсациями магнитного поля Земли, причем длительность каждого цикла не превышала 7—8 тыс. лет. Различия в скорости образования  $C^{14}$  возникают также в связи с солнечной активностью и вспышками сверхновых звезд. В принципе поправки за счет периодических колебаний в концентрации  $C^{14}$  удалось вычислить, и теперь используются специальные калибровочные кривые и номограммы, с помощью которых легко опреде-



ляются истинные значения возраста.

Исследованы также и другие факторы, действующие на концентрацию  $C^{14}$  на Земле. В результате испытания ядерного и термоядерного оружия с 1945 года по сравнению с естественным фоном содержание  $C^{14}$  в атмосфере северного полушария к середине 1961 года возросло на 27%, южного — на 18%. После прекращения ядерных испытаний (1963) концентрация  $C^{14}$  в атмосфере постепенно приближается к нормальной. Есть, однако, немаловажный фактор, осложняющий этот процесс. Дело в том, что за последние 100 лет в условиях растущей индустриализации атмосфера Земли пополнилась большим количеством углекислого газа, не содержащего  $C^{14}$ , за счет сжигания угля и нефти.

Поскольку абсолютный возраст устанавливается при непосредственном сопоставлении концентрации  $C^{14}$  в древнем и однотипном современном материале, в качестве современного эталона первоначально использовалась древесина, образовавшаяся ранее середины прошлого века, то есть до начала промышленной революции. В 1959 году договорились принять щавелевую кислоту, хранящуюся в Национальном бюро стандартов США, за единый эталон, по которому в большинстве радиоуглеродных лабораторий мира калиброваны счетные установки.

Содержание  $C^{14}$  в атмосфере уменьшается также под влиянием вулканической деятельности, что особенно заметно в зонах активного вулканизма. Анализ годичных колец деревьев из этих районов показал, что периодам вулканических извер-

жений отвечают кольца с пониженной концентрацией.

Надо заметить, что небольшие отклонения от средних значений концентрации  $C^{14}$  возникают также за счет избирательного накопления изотопов углерода в разнотипных объектах. Например, в растениях больше концентрируется  $C^{12}$ , как более легкий и более подвижный в термодинамическом отношении, чем  $C^{13}$ . Зато карбонатные осадки обогащаются более тяжелыми изотопами  $C^{13}$  и  $C^{14}$ . Регистрация разделения изотопов углерода проводится при помощи точных аналитических приборов — масс-спектрометров. При определении возраста по  $C^{14}$  во многих лабораториях вводятся соответствующие поправки: вычисляется отношение  $C^{13}/C^{12}$ , а изменение для  $C^{14}$  принимается вдвое большим, чем для  $C^{13}$ .

#### РАСПАД РАДИОУГЛЕРОДА И ЕГО РЕГИСТРАЦИЯ

Процесс накопления  $C^{14}$  в природе сопровождается радиоактивным распадом данного изотопа, при этом вновь образуются атомы азота и освобождаются электроны (с максимальной кинетической энергией

*Блок-схема одноканального сцинтилляционного счетчика для регистрации  $C^{14}$ : К — кювета, ФЭУ — фотозумножитель, Д — делитель высокого напряжения, КП — катодный повторитель, ААДО — амплитудный одноканальный анализатор, ПП — пересчетный прибор, УИС — усилитель, ВС — высоковольтный выпрямитель*

каждой бета-частицы порядка 160 кэВ). Таким образом, концентрация  $C^{14}$  остается постоянной. Это и положено в основу радиоуглеродного метода определения абсолютного возраста.

По истечении 5600—5700 лет количество атомов  $C^{14}$  сокращается вдвое и в том же темпе уменьшается удельная активность. В организме человека, например, ежеминутно распадается 200 тыс. атомов  $C^{14}$ , а в 1 кг древесины — 2—3 тыс.

Все эти процессы, конечно, происходят в живых организмах или иных углеродсодержащих материалах, связанных с обменным резервуаром углерода. Если эта связь прекращается, например, вследствие отмирания организмов или захоронения молодых карбонатных осадков, то концентрация  $C^{14}$  последовательно убывает на 1% за каждые 30 лет. Полностью учесть все распады очень трудно, поэтому ведется регистрация только в определенном диапазоне. Чтобы вычислить возраст, необходимо параллельно определять активность образца с заранее известной активностью. Сложность высокоточной регистрации активности  $C^{14}$  возрастает с увеличением возраста образца. На уровне современной техники есть реальные возможности для определения возраста образцов вплоть до 55—60 тыс. лет.

Методика измерения активности  $C^{14}$  в природных материалах непрерывно совершенствуется. В настоящее время наиболее распространен сцинтилляционный метод, основанный на способности определенных растворов преобразовывать часть поглощаемой ими энергии бета-излу-



чения в световые вспышки — сцинтилляции. Органические соединения, синтезированные из исследуемых образцов, вводят в состав растворителей — жидких сцинтилляторов. Следовательно, в сцинтилляционном растворе присутствует углерод образца. Регистрация сцинтилляций проводится с помощью точных приборов — фотоэлектронных умножителей, действие которых основано на фотоэффекте и вторичной электронной эмиссии.

Но прежде чем приступить к измерению активности  $C^{14}$ , необходимо устранить разнообразные загрязнения, которые могут вызвать искажение возраста. В естественных условиях образец после отмирания или захоронения может вступить в реакцию с подземными водами, содержащими углекислоту из древних известняков. В этом случае нельзя исключить «удревнение» возраста образца. Напротив, «омоложение» возраста может быть связано с воздействием поверхностных вод, микроорганизмов, корней деревьев и т. д. Поэтому еще при отборе образцов исследователи тщательно фиксируют все предполагаемые источники загрязнений, а затем в лаборатории применяют механические и химические способы очистки образцов. Весьма эффективным средством контроля при определении возраста служит параллельное датирование нескольких типов углеродсодержащих материалов из одного слоя либо анализ отдельных фракций одного и того же образца (например, целлюлозы и лигнина, извлеченных из древесины; органической и неорганической фракций костей; внешних

и внутренних частей раковин моллюсков и т. д.).

Самое убедительное доказательство правильности датировок — совпадение полученных результатов с данными других хронологических методов, с геологическими и археологическими оценками возраста. К сожалению, подавляющее большинство этих методов позволяет получить лишь относительные значения возраста и далеко не безупречны. В качестве примера сошлемся на результаты определения возраста материалов по древнейшей истории Египта. Все датировки, установленные по содержанию изотопа  $C^{14}$  для образцов середины II тысячелетия до н. э., оказались более молодыми. Анализ получившихся расхождений показал, что историческая хронология была произвольно расширена на несколько столетий (не считая упоминавшихся выше отклонений за счет колебаний концентрации  $C^{14}$  в атмосфере).

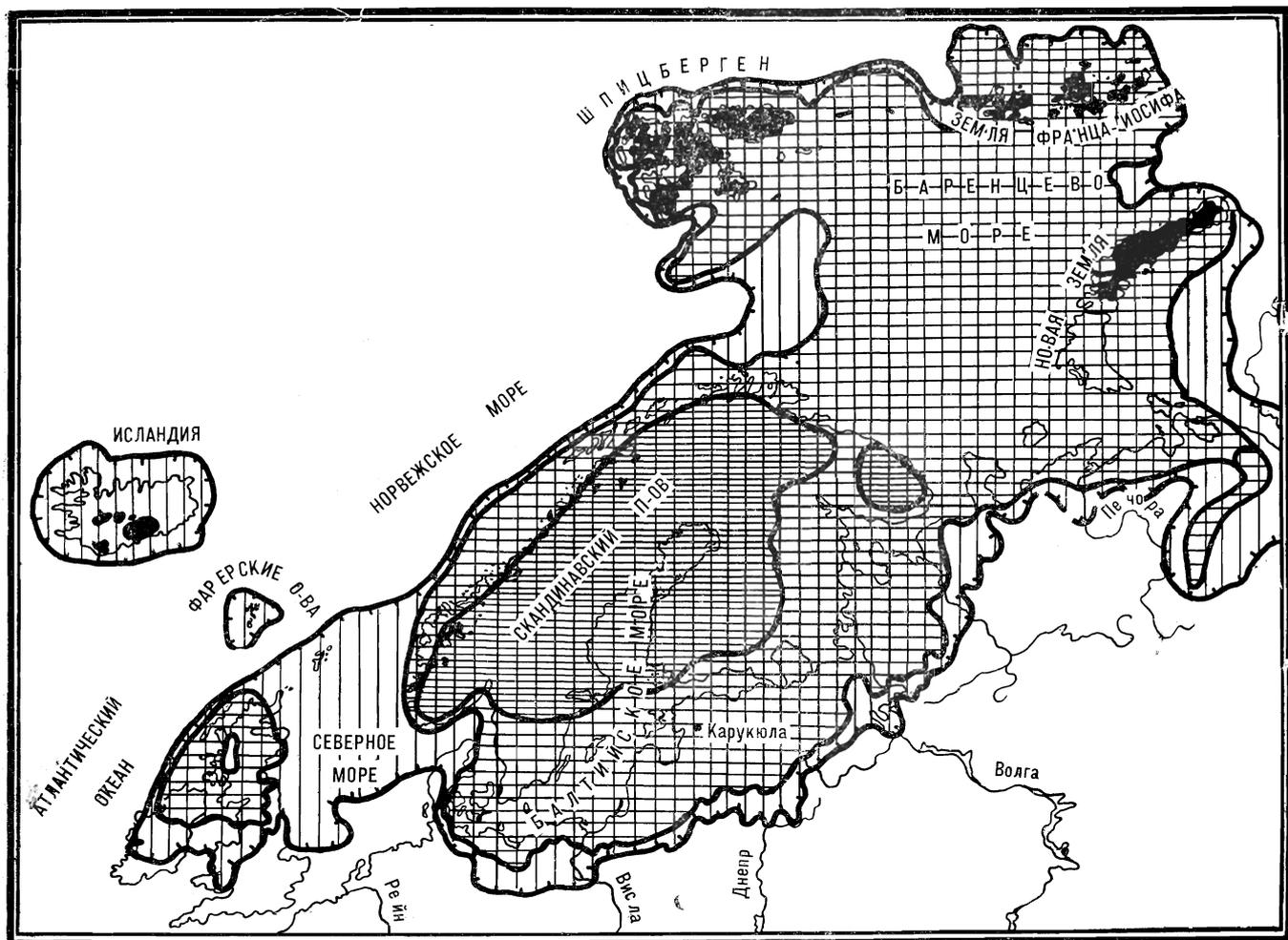
Используя поправочные коэффициенты и соблюдая при отборе, обработке и измерении активности образцов все меры предосторожности, можно добиться, чтобы радиоуглеродный метод отражал истинный возраст материалов, образовавшихся за последние 10 тыс. лет. Гораздо сложнее обстоит дело с датированием более древних образцов. Здесь, к сожалению, часть полученных по  $C^{14}$  значений возраста содержит погрешности, что особенно сказывается для образцов в 40—50 тыс. лет и более, причем устранение этих погрешностей требует немалых усилий.

Возникает вопрос: какова точность

определения возраста по содержанию  $C^{14}$ ? Можно ли с учетом всех поправок установить возраст с точностью, положим, в один год? Такую точность, конечно, нельзя обеспечить хотя бы потому, что точно не установлено истинное значение периода полураспада  $C^{14}$ . Датировка по  $C^{14}$ , как правило, указывается вместе со средней статистической ошибкой, которая определяет интервал, в котором заключено значение возраста с некоторой вероятностью. Например, датировка  $1140 \pm 65$  лет означает, что вероятность нахождения истинного возраста образца в пределах от 1075 до 1205 лет составляет 68%. При удвоении средней статистической ошибки датировка получается  $1140 \pm 130$  лет, вероятность нахождения истинного возраста в пределах от 1010 до 1270 лет возрастает до 95%. Утроение средней статистической ошибки до  $\pm 195$  лет показывает, что практически указанный возраст абсолютно точно заключен в диапазоне от 945 до 1335 лет (вероятность 99%).

## ХРОНОЛОГИЯ ПОСЛЕДНЕГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ЕВРОПЫ

Сфера действия радиоуглеродного метода (55—60 тыс. лет) в истории Земли охватывает конец ледникового периода — плейстоцена и последующее время — голоцен. Ледниковый период характеризовался развитием оледенений, покрывающих значительно большую площадь нашей планеты, чем в настоящее время. Если современные ледники и ледниковые покровы занимают примерно 16 млн. км<sup>2</sup>, а морские льды — до 80 млн. км<sup>2</sup>, то во время максимального



оледенения в плейстоцене эти показатели увеличивались примерно втрое.

В областях, подвергавшихся повальному оледенению, местами сохранились слои с остатками теплолюбивых растений и животных. Такие материалы, свидетельствующие о каких-то неледниковых условиях, о перерывах в развитии оледенения, в

*Распространение последнего ледникового покрова на севере Европы. (разреженная клетка); черным фоном показаны современные ледники; вертикальной штриховкой — ранневалдайский ледниковый покров; густой сетью прямоугольников — последняя стадия отступления оледенения 10 тыс. лет назад*

первую очередь представлялись для радиоуглеродного анализа. В некоторых районах удалось получить довольно подробную информацию для заключений о динамике ледниковых процессов.

На юго-западе Эстонии, в районе Карукюла, близ города Килинги-Нымме при бурении в глубокой древней долине была обнаружена толща ледниковых отложений — морен разного состава, переслаивающихся с песками. Под плотной верхней мореной в шурфах были вскрыты спрессованные слои торфа и озерных илов с многочисленными стволами и ветками деревьев, плодами и семенами различных растений, а в одном месте удалось обнаружить скопление скелетов рыб.

Неоднократное радиоуглеродное датирование образцов древесины и торфа дало конечные значения возраста в интервале от 50 до 40 тыс. лет назад. Тщательное изучение микроскопических растительных остатков, включая пыльцу и споры, показало, что озерные и болотные осадки накапливались в районе Карукюла в природной обстановке современного типа. Отсюда появился термин «карукюлаское межледниковье», предложенный автором совместно с А. В. Раукасом и Я.-М. К. Пуннингом в 1967 году для обозначения крупного неледникового интервала в плейстоценовой истории Русской равнины.

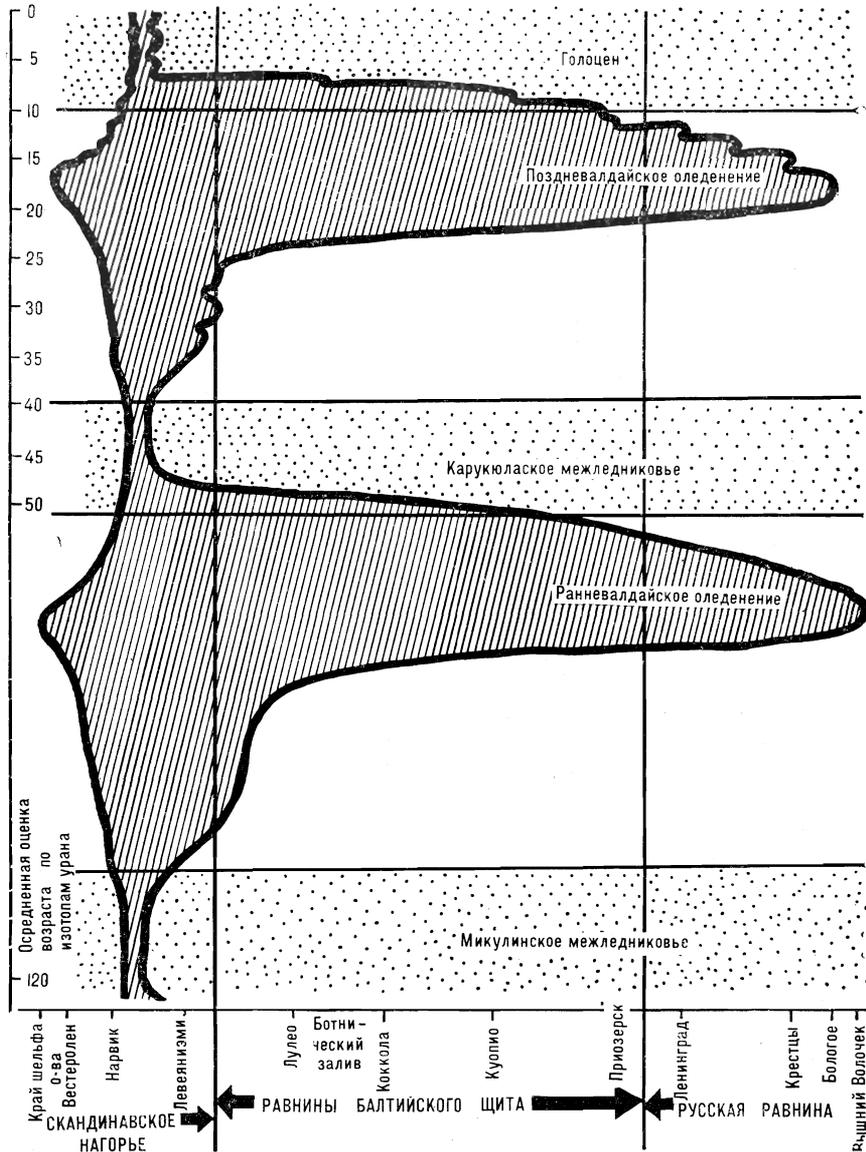
Сходные радиоуглеродные датировки были установлены и в других

пунктах Русской равнины со свидетельствами теплолюбивого характера ископаемой флоры и фауны. Тем не менее для окончательного доказательства межледниковой природы интервала между 50 и 40 тыс. лет назад необходимо было проверить одно существенное положение: требовалось подтвердить, что ледниковый покров тогда полностью исчезал не только на периферии, но и в центре области древнего оледенения.

Это положение вполне доказано. За последние годы конечные радиоуглеродные датировки порядка 40—50 тыс. лет назад были получены для северных районов Скандинавии, Финляндии, Кольского полуострова. Здесь, согласно геологическим представлениям, располагалась центральная часть европейского ледникового покрова, а верхняя морена была отложена во время последнего оледенения. Морские и озерно-болотные осадки, залегающие под этой мореной, накапливались в обстановке редкостной северной тайги и безрезового криволесья, произрастаю-

*Пространственно-временные соотношения оледенений и межледниковий позднего плейстоцена на севере Европы (по профилю Нарвик — Ленинград — Вышний Волочек). Схема составлена на основании стратиграфических, палеонтологических и геохронологических данных. Помимо оледенений и межледниковий выделены продолжительные переходные интервалы, во время которых ледники не выходили далеко за пределы Скандинавского нагорья. На Русской равнине покровные оледенения были довольно непродолжительными*

Возраст по  $^{14}\text{C}$  тыс. лет назад



щих в настоящее время в тех же местностях. Следовательно, природные процессы в позднем плейстоцене и в современных условиях имели сходную направленность, но прерывались во время формирования верхней морены, когда на севере Европы развивалось последнее покровное оледенение (поздневалдайское).

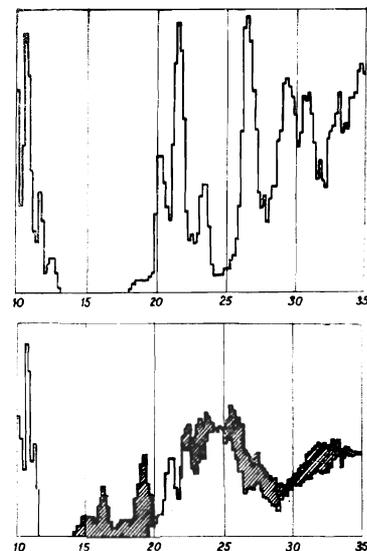
Долго ли продолжался этот холодный период? Сами результаты датирования карююласких межледниковых отложений позволяют значительно ограничить временной диапазон последнего покровного оледенения (между тем еще совсем недавно были распространены представления о громадной продолжительности оледенений). Эту тенденцию подкрепили определения возраста отложений с менее теплолюбивой ископаемой флорой и фауной, которые формировались по окончании карююлаского межледниковья. Геологические разрезы с подобными отложениями, датированными по  $C^{14}$  в диапазоне 40—25 тыс. лет назад, обнаружены на территории, которую занимал поздневалдайский ледниковый покров, также под верхней мореной. Значит, в указанном интервале времени этот ледниковый покров еще не существовал.

Принимая во внимание некоторые особенности залегания ледниковых отложений в предгорной полосе Скандинавского нагорья и наличие датированных по  $C^{14}$  подморенных осадков за пределами предгорий, можно прийти к выводу, что только между 32 и 29 тыс. лет назад оледенение Скандинавского нагорья достигало довольно больших масштабов и в предгорьях существовали о-

ромные ледники подножий, которые, сливаясь, распространялись на возвышенности на севере Швеции и Финляндии. За этим исключением, в интервале от 40 до 25 тыс. лет назад оледенение на севере Европы не выходило далеко за пределы Скандинавского нагорья.

Данные радиоуглеродного метода показывают, что разрастание ледникового покрова от предгорий к равнинным районам Скандинавии произошло после 25 тыс. лет назад. Самые молодые датировки ископаемых органических образований, залегающих под верхней мореной, оказались порядка 22—21 тыс. лет назад даже на периферии области последнего оледенения. Так возникло предположение, что максимальное распространение ледникового покрова имело место около 20 тыс. лет назад или, вероятно, немного позднее. Соответственно, экспансия последнего ледникового покрова на равнинах Средней и Восточной Европы оказалась довольно непродолжительной. Это несколько расходится с теоретическими представлениями гляциологов, считавших, что рост ледникового покрова занимал в 2—3 раза больше времени, чем его деградация.

Радиоуглеродный метод был успешно применен для изучения динамики оледенения горных стран. Немалый объем новой информации удалось получить для Альпийской области, где детальные исследования ледниковых отложений и связанных с ними форм рельефа ведутся с конца XIX века. Именно на этой территории зародилась концепция классического вюрмского оледенения —



последнего в плейстоценовой истории Альп. Тогда только крутые скальные вершины и гребни гор поднимались над поверхностью льда, а в предгорьях ледники подножий сливались между собой.

По данным радиоуглеродного метода, интервал, предшествовавший последнему оледенению Альп, оказался довольно продолжительным. Самые молодые датировки образцов, взятых под верхней мореной, около 23—25 тыс. лет назад, самые древ-

*Гистограммы радиоуглеродных датировок образцов древесины и торфа из Центральной Европы (вверху) и сталагмитов из пещер Альпийской области (внизу), причем штриховкой выделены датировки образцов из пещер на юге этой области (данные М. Гайха). Цифры на горизонтальных осях — возраст от 1950 года*



ние — 40—45 тыс. В последнем случае вмещающие отложения содержали остатки теплолюбивых растений, что дало повод австрийскому палеоботанику А. Фрицу выделить самостоятельное межледниковье — низзлахское. Это аналог карукюла-ского межледниковья в более северных районах Европы.

Даже в центре Альп, близ города Инсбрук под верхней мореной были вскрыты слоистые озерные осадки с листьями ивы, ветками сосны, облепихи и зеленой ольхи, с остатками рыб. Древесные образцы подвергались радиоуглеродному анализу, который показал, что между 32 и 25 тыс. лет назад окрестности Инсбрука были свободны от льдов и заняты пресноводным водоемом. Температуры тогда были немного ниже современных, причем похолодание заметно выражено между 32 и 29 тыс. лет назад, когда, судя по результатам определения дейтерия в ископаемых растительных остатках, температуры были ниже современных на 4—5°. Датирование древесины из надморенных отложений помогло установить, что льды покинули район Инсбрука около 11 тыс. лет назад.

Таким образом, исследования, проведенные в разных частях Европы с применением радиоуглеродного метода, позволили выявить одни и те же временные вехи в эволюции оледенения: межледниковье (между 50 и 40 тыс. лет) — длительное предледниковье (между 40 и 25 тыс. лет) — последнее оледенение (между 25 и 10 тыс. лет назад).

Любопытное и совершенно независимое подтверждение этой последовательности событий поступило в

результате радиоуглеродного анализа натечных образований из альпийских пещер. Установлено, что в период наибольшего развития оледенений рост этих отложений прерывался. В послеледниковое время темпы накопления сталагмитов составляли 20—50 мм в столетие, а в период между 35 и 22 тыс. лет в среднем были несколько меньшими. Можно предполагать, что в условиях прохладного и влажного климата предледниковья на склонах гор существовал сомкнутый покров мхов и лишайников, ограничивавший просачивание углекислоты. Правда, в отдельные фазы этот процесс все же интенсифицировался, судя по ускоренному росту сталагмитов.

Детальный анализ радиоуглеродных данных, относящихся к пещерам разных районов Альп, указывает на некоторые пространственные закономерности в развитии климата и оледенения. Например, если для всей этой горной страны рост сталагмитов совершенно прекращался между 18 и 13 тыс. лет назад, то на юге — между 14 и 12 тыс.

Применение радиоуглеродного метода открыло путь для пространственного сопоставления событий ледниковой истории в разных частях света. В итоге выяснилась весьма сходная картина динамики покровного оледенения в конце плейстоцена. И в Сибири, и в Северной Америке, и в Новой Зеландии была установлена та же последовательность, что и в Европе, причем расхождения в определениях возраста оказались невелики. Это замечательное совпадение служит веским доказательством тесных связей между деятель-

ностью Солнца и процессами, протекающими в земной атмосфере и гидросфере.

Возможности совершенствования радиоуглеродного метода еще не исчерпаны до конца. Благодаря специальной технике изотопного обогащения, вероятно, удастся продвинуть предел определения возраста до 70 тыс. лет. Это, однако, мало изменит существующую ситуацию, так как одновременно понизится и достоверность датировок. Открытие нового метода, опирающегося на использование изотопа с периодом полураспада 100 или 200 тыс. лет, оказалось бы самым эффективным средством для изучения истории более древних этапов ледникового периода Земли на абсолютной хронологической основе.

## НА ОРБИТЕ «КОСМОС-800»

3 февраля 1976 года в Советском Союзе произведен запуск очередного искусственного спутника Земли «Космос-800».

На борту спутника установлена научная аппаратура, предназначенная для продолжения исследований космического пространства.

Спутник выведен на орбиту с параметрами: начальный период обращения 105 минут; максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) 1027 км; минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) 1000 км; наклонение орбиты 83°.

Кроме научной аппаратуры на спутнике имеются: радиосистема для точного измерения элементов орбиты; радиотелеметрическая система для передачи на Землю данных о работе приборов и научной аппаратуры.

Установленная на спутнике аппаратура работает нормально. Координационно-вычислительный центр ведет обработку поступающей информации. (Сообщение ТАСС от 4 февраля 1976 года)



## Телескопы над облаками

### С ЧЕГО НАЧИНАЛАСЬ БАЛЛОННАЯ АСТРОНОМИЯ

Первый подъем на аэростате воздухоплатателя из Рязани в 1731 году остался незамеченным в мире. Сведения об этом полете сохранились только в рукописном документе «О воздушном летании в России». Но вот 21 ноября 1793 года на большом воздушном шаре, построенном братьями Жозефом и Этьеном Монгольфье, в воздух вновь поднялся человек. Вслед за этим полетом последовали другие.

30 июня 1804 года академик Я. Д. Захаров совершил в Петербурге первый полет на воздушном шаре с научными целями. В то время исследователей интересовала сама среда, в которой дрейфовали аэростаты. Лишь в 1870 году корзину аэростата занял астроном. Это был французский исследователь Солнца Ж. Жансен.

Астрономы наблюдали с аэростатов солнечные затмения и зодиакальный свет, изучали спектр Солнца и фотографировали его поверхность, вели наблюдения за кометами и падающими звездами. Что же заставляло астрономов совершать эти, на первых порах далеко не безопасные, полеты на воздушных шарах?

Уже давно стало хрестоматийным выражение «человечество живет на дне воздушного океана». Атмосфера надежно защищает все живое на Земле от губительного воздействия низких температур и глубокого вакуума, царящих в Космосе, от жестких рентгеновских и ультрафиолетовых лучей Солнца, от метеоров. По той же причине ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма-излуче-

**Со времени первого полета на воздушном шаре прошло без малого два с половиной века. Но аэростаты и сегодня продолжают служить людям. Нашла применение баллонная техника и в астрономии.**



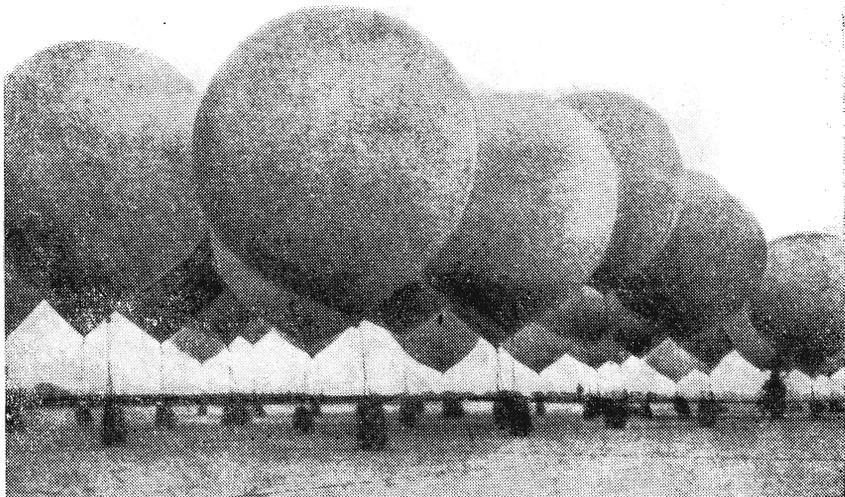
ние космических светил совершенно недоступно для исследователей, работающих в наземных обсерваториях.

Есть и еще одно крайне досадное для астрономов обстоятельство: воздушная толща атмосферы пребывает в постоянном движении, не зная ни секунды покоя. То и дело изменяются плотность воздушных масс, их температура, что в свою очередь вызывает нерегулярные изменения коэффициента преломления световых потоков.

Вследствие неоднородности атмосферы и постоянной переменчивости ее оптических свойств, зоркость, или, выражаясь на языке астрономов, разрешающая способность, телескопов резко снижается. Изображения исследуемых небесных объектов получаются искаженными, недостаточно четкими. Иными словами, пока лучи пройдут сквозь толщу атмосферы, часть ценнейшей информации безвозвратно пропадает, а часть — утрачивает свою достоверность.

При подъеме астрономических инструментов на большую высоту полностью, или почти полностью, используется их разрешающая сила и становится доступной тонкая структура астрономических объектов, например грануляция фотосферы Солнца. Выход за пределы тропосферы, где сосредоточено более  $\frac{4}{5}$  всей массы атмосферного воздуха, в разреженное пространство стратосферы позволяет также исследовать астрономические объекты в далекой инфракрасной области

■ Полет первого воздушного шара братьев Монгольфье 18 июня 1783 года



спектра. Это обстоятельство, в частности, дает возможность изучать состав атмосферы и свойства поверхности Марса, Венеры и других планет. Со стратостатов, оборудованных необходимой аппаратурой, можно также успешно вести исследования галактических туманностей, скоплений межзвездной пыли и газов, изучать химический состав звезд.

Вот только несколько эпизодов из богатой событиями баллонной астрономии наших дней.

#### ПЕРВЫЕ СТРАТОСФЕРНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ

Во Франции, где сильны традиции воздухоплавания, в 50-е годы несколько стратосферных полетов совершил молодой астроном из Медонской обсерватории Одуэн Дольфюс, сын известного французского воздухоплователя Шарля Дольфюса. Любопытно, что свою воздухоплавательную карьеру Одуэн Дольфюс начал в возрасте восьми лет, поднявшись на воздушном шаре вместе со своим отцом.

Впервые астрономические исследования с борта аэростата О. Дольфюс провел в 1951 году. В 1954 году он повторил высотный полет на аэростате, во время которого изучалось содержание водяных паров в атмосфере Марса и наблюдалось свечение ночного неба. Спустя два года О. Дольфюс вместе со своими английскими коллегами Д. Блэкуэллом и Д. Дьюхерстом получили с аэростата интересные снимки грануляции и одного из солнечных пятен.

Полеты в открытой корзине на высоте 6000—7000 м не удовлетворяли

Дольфюса. Весной 1959 года снаряжается очередная высотная экспедиция. На сей раз герметическая гондола подвешивается к стратостату, который состоял из... 105 метеорологических шаров диаметром 183 см каждый, нанизанных гроздьями по три шара на общий несущий трос.

Идею такого стратостата подал Жан Пиккар. В многобаллонном аэростате, как он считал, не потребуются разрывные полотнища и маневровые клапаны. При спуске достаточно подорвать порохом зарядом несколько шаров — и оставшаяся гроздь мягко опустится на землю. В момент приземления подрывается уже сам трос, на котором крепятся шары, и гондола с аэронавтами остается на месте.

Чтобы проверить свою идею на деле, Пиккар построил аэростат «Плеяды» — несколько десятков небольших шаров, сделанных из очень тонкой и эластичной резины. В пробном полете, состоявшемся в 1937 году в США, «Плеяды» поднялись на высоту 3000 м. Чтобы достичь

■ *Многобаллонный аэростат Медонской обсерватории, с борта которого проводил исследования Венеры О. Дольфюс*

большой высоты, нужно было увеличить число шаров или объем. Естественно, стоимость такого опыта возрастала, но средств для продолжения экспериментов у Пиккара не нашлось. К тому же «Плеяды» вскоре сгорели во время пожара.

Спустя много лет опытом Пиккара воспользовался О. Дольфюс. 22 апреля 1969 года в воздух поднялся многобаллонный стратостат. Он достиг высоты 13 100 м и в продолжении нескольких часов дрейфовал в стратосфере. А каковы были результаты подъема? Изучая спектр Венеры, Дольфюс обнаружил в атмосфере «утренней звезды» пары воды!

По примеру О. Дольфюса американские исследователи решили применить стратостаты для изучения инфракрасной области спектра Солнца и планет. В 1956 году с этой целью отправляется в полет стратостат «Стратолаб-1», пилотируемый военными аэронавтами М. Россом и М. Левисом. Эксперимент подготовила группа специалистов во главе с Джоном Стронгом из университета Дж. Гопкинса.

Оболочку для «Стратолаба» поставила фирма «Винцен». Основатель фирмы немецкий авиационный инженер О. Винцен, эмигрировавший в США, разработал технологию производства

баллонов из обычной полиэтиленовой пленки. Для упрочения пленки в нее впаивались «меридианы» — жгуты из стекловолокна. К концам их крепилась герметическая гондола, в которой была аппаратура для астрофизических исследований, включая телескоп со спектрографом. «Стратолаб-1» с легчайшей синтетической оболочкой объемом 56 600 м<sup>3</sup>, что примерно вдвое больше объема таких известных дирижаблей, как «Норвегия» или «Италия», достиг 23 164 м и несколько часов крейсировал на этой высоте, увлекаемый течениями воздуха.

Затем в стратосферу поднимаются еще несколько стратостатов этой серии. Особенно интересен был полет четвертой стратосферной лаборатории с 16-дюймовым телескопом на борту в конце ноября 1959 года, продолжавшийся двадцать восемь с половиной часов. М. Росс и И. Мур достигли высоты 24 680 м и провели наблюдения атмосферы Венеры. Они получили записи линий поглощения в спектре солнечного инфракрасного излучения, отраженного «утренней звездой». И поистине на космическую высоту—34 670 м—поднялся спустя два года экипаж «Стратолаба-5» М. Росс и В. Празер.

Не менее широкую известность получили исследовательские полеты стратостатов «Мэнхай», изготовленных той же фирмой. Как и «Стратолабы», они имели синтетическую оболочку примерно такого же объема.

Полеты стратосферных обсерваторий вызвали большой интерес в ученом мире. Ведь выход в стратосферу на высоту 30—34 км обеспечивает практически полное исполь-

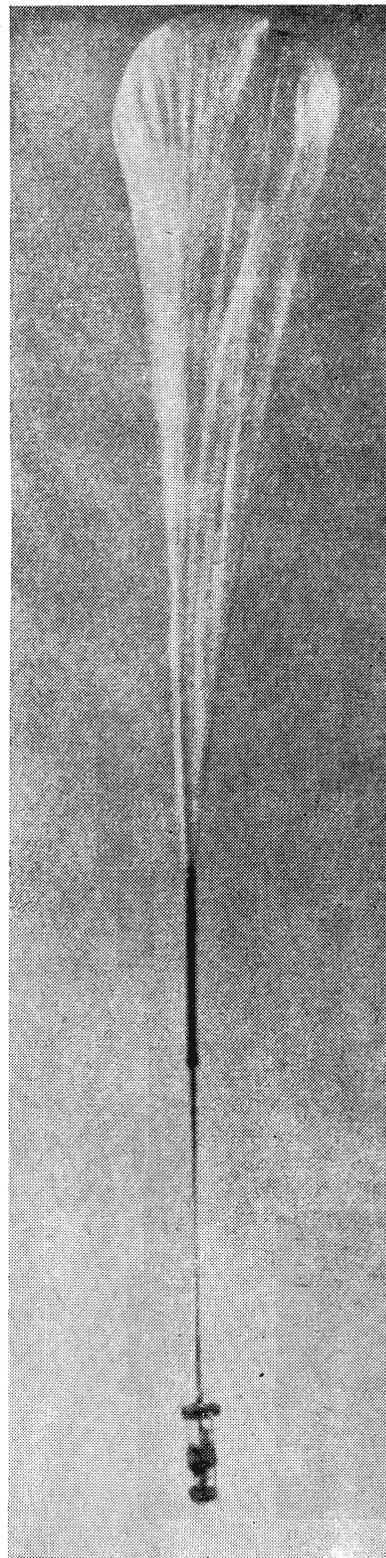
зование разрешающей силы телескопов, исследование почти всего спектра излучения небесных светил в любое время.

### ИССЛЕДУЕТСЯ ИНФРАКРАСНЫЙ СПЕКТР СВЕТИЛ

В середине 50-х годов наряду с пилотируемыми появляются высотные автоматические стратостаты, используемые для изучения светил.

По мнению астрономов, участие человека в стратосферных полетах в ряде случаев нецелесообразно. Дело не только в том, что такие рейды сопряжены с риском и требуют достаточно дорогой и к тому же довольно громоздкой системы жизнеобеспечения — герметической гондолы или скафандра с запасами дыхательной смеси, пресной воды, пищи. Человек, находящийся на борту стратостата, волей-неволей создает механическое возмущение, и, как бы оно ни казалось малым, затрудняет точную наводку аппаратуры и может даже повлиять на достоверность полученных результатов. При беспилотном полете аппаратура автоматически отыскивает нужный объект, наводит на него инструменты и ведет наблюдения по заранее заданной программе.

В сентябре 1957 года в Миннеаполисе группа сотрудников астрономической обсерватории Принстонского университета осуществила подъем высотного аэростата, на борту которого находился управляемый по радио 12-дюймовый телескоп. Огромный прозрачный аэростат, сверкая под ослепительными лучами солнца, поднялся на высоту 25 000 м и поле-



■ Высотный аэростат «Стратоскоп»



тел, подчиняясь воле ветров. В направлении его дрейфа на небольшом самолете и автомобилях, оборудованных приемниками радиосигналов от аэростата, устремились астрономы.

«Работают ли телескоп и фотокамеры, размещенные под куполом воздушного шара? Все ли снимки удались?» — волновались ученые. На борту стратостата находилось 300 м пленки.

В назначенный срок по радиокоманде с Земли взорвался пороховой заряд. В бинокли было хорошо видно, как в один миг разлетелась на тысячи кусков оболочка «Стратоскопа» — так назывался высотный автоматический аэростат, — раскрылся купол парашюта и контейнер с аппаратурой, мерно покачиваясь, начал спускаться.

Организатор подъема аэростата доктор Мартин Шварцшильд, один из рьяных сторонников баллонной астрономии, так вспоминал этот день: «Парашют опустил свой груз на поле в 250 км к востоку от Миннеаполиса. На самолете мы достигли места приземления через четверть часа после падения парашюта. Осмотрев оборудование, которое было лишь слегка повреждено, мы погрузили его в фургон, предварительно взяв кинокамеру с отснятой пленкой, и двинулись домой. Прибыв туда к полуночи, мы таким образом затратили сутки на весь эксперимент. Но мы до того устали, что должны были отправиться в постель, оставив без ответа жгучий вопрос о том, удачно ли прошел эксперимент. На следующее утро мы начали проявлять пленку. Уже первые 30 м пленки не были

пустыми, как это нам казалось в ночных кошмарах. Вся аппаратура работала хорошо, и мы получили несколько фотографий, совершенно изумительных по качеству. Конечно, получение хороших снимков с высоты 25 км было не простым делом, ибо из-за сильного солнечного излучения аппаратура перегревалась. И это при наружной температуре около 50° ниже нуля! Перемешивание теплого и холодного, даже очень разреженного воздуха создает серьезные помехи для наблюдений. Именно из-за этого немалое количество снимков, к огорчению всех участвовавших в запуске «Стратоскопа», оказались испорченными.

Чтобы повысить качество фотографий, были улучшены оптическая схема телескопа, система его наведения, электромеханическое и электронное оборудование. Дополнили установку системы телеуправления и телеметрии. Модернизированный «Стратоскоп» совершил четыре подъема: 11 июля, 17 августа, 24 сентября и 4 октября 1959 года. Наиболее важными в научном отношении были три последних полета. Так, 17 августа из 8000 кадров фотосферы Солнца, снятых в стратосфере, 400 оказались хорошего качества.

Используя беспилотные стратостаты, продолжала исследования инфракрасного излучения и группа астрофизиков из университета Дж. Гопкинса, хотя и у них не все проходило так гладко, как хотелось

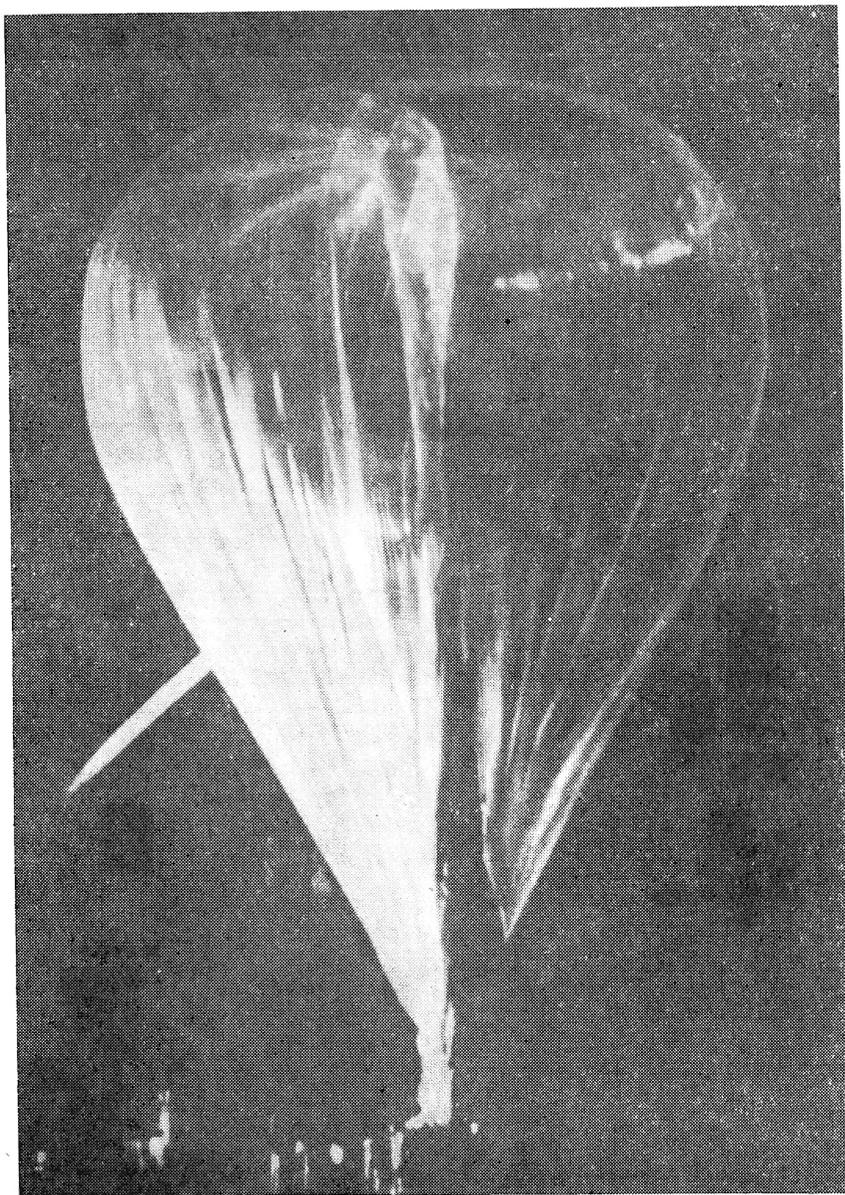
■  
*Солнечная поверхность. Фотография получена на 12-дюймовом телескопе «Стратоскопа» на высоте 24 км*

бы. «В 1961 году мы начали разрабатывать программу подъема стратостатов без экипажа. Однако в 1962 году нас ожидал жестокий удар: во время испытательных полетов мы потеряли три полиэтиленовых стратостата. Следующий год был для нас ненамного удачнее. 4 мая 1963 года мы впервые испробовали более прочный аэростат с оболочкой из полиэфирных смол, но на этот раз отказала наша аппаратура. 10 мая, после того как аппаратура была наскоро исправлена, мы поместили ее на стратостат с полиэтиленовой оболочкой. Стратостат снова взорвался», — констатировал руководитель работ Д. Стронг.

Первая удача пришла лишь в феврале 1964 года, когда был подготовлен новый высотный аэростат с оболочкой из полиэфирных смол, оснащенный аппаратурой для исследования Венеры. Полет преследовал одну цель — измерение количества солнечной инфракрасной радиации, отраженной поверхностью Венеры в длинах волн, поглощаемых парами воды. Впрочем, не обошлось без осложнений и на этот раз.

Курс стратостата, рассчитанный согласно прогнозу направления и силы ветра, в действительности оказался совсем иным. Аппаратура для точной наводки на Венеру начала работать, когда стратостат находился на расстоянии 160 км от предполагаемой позиции. Но в конце концов ошибка была исправлена и в течение нескольких часов планета находилась в поле зрения приборов.

После того как материалы февральского запуска были обработаны, ученые сделали попытку определить



природу облаков в атмосфере Венеры. Состоит ли закрывающий планету облачный слой из паров воды или, может быть, это лед, пыль или даже сложные органические молекулы? 28 октября 1964 года был произведен новый подъем автоматического стратостата с усовершенствованной аппаратурой, обеспечивающей получение спектра инфракрасного излучения облачного покрова Венеры. На высоте 26 км приборы автоматического слежения нацелили телескоп на Венеру и более трех часов проводилось наблюдение планеты. При этом спектрометр не только сканировал инфракрасный спектр Венеры, но также выполнил сравнительное сканирование солнечного спектра.

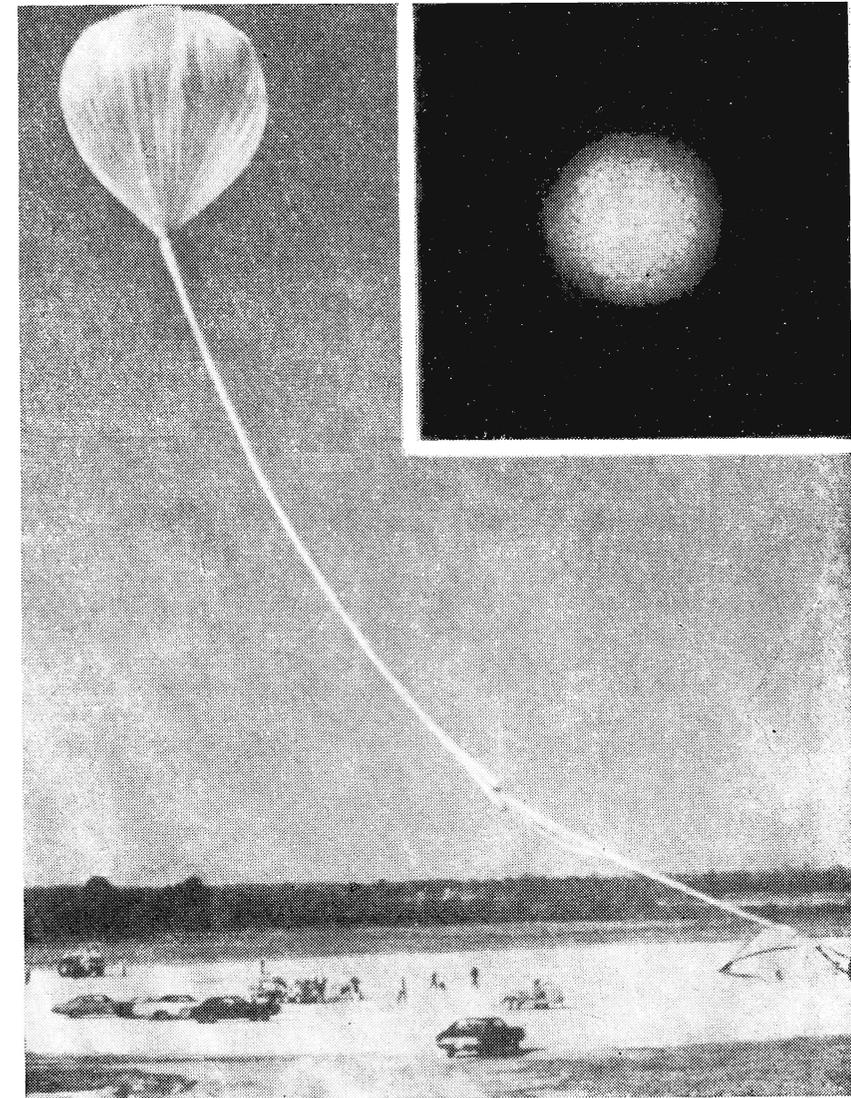
Примерно в это же время готовил запуск нового аэростата с 36-дюймовым телескопом М. Шварцшильд. Он надеялся, что повышение разрешающей способности приборов, поднятых на аэростате, поможет решить многие астрономические проблемы: лучше понять те изменения, которые происходят в атмосфере Венеры и Юпитера, подвергнуть анализу щели колец Сатурна, измерить диаметр Плутона. По мнению Шварцшильда, ученые смогут приступить к исследованию большой туманности в

■  
*Автоматический стратостат-гигант с оболочкой из полистерной пленки. 28 октября 1964 года он поднял в стратосферу 16-дюймовый телескоп со спектрометром, который зарегистрировал инфракрасный спектр Венеры*

Орионе, где, по-видимому, происходит образование новых звезд из плотных облаков межзвездной среды, а также начать детальные исследования планетарных туманностей и выяснить, представляют ли они собой стадию гибели звезд.

1 марта 1963 года с площадки Национальной станции научных запусков в Палестайне, в штате Техас, состоялся первый подъем двухбаллонного высотного аэростата «Стратоскоп-2». Первый его баллон — стартовый — был изготовлен из синтетической майларовой пленки толщиной 0,013 мм. (Между прочим, из этой же пленки были изготовлены американские баллоны-спутники «Эхо».) Его объем 8500 м<sup>3</sup>. Основной баллон, в отличие от стартового, сделан из майлара толщиной всего 0,009 мм. Объем этого баллона 147 000 м<sup>3</sup>. Оболочки соединялись между собой полым металлическим цилиндром высотой 75 см и диаметром 1 м. Накануне подъема гелием заполняется только стартовая оболочка. Основная в это время находится в сложенном виде. Но по мере подъема «Стратоскопа» газ, расширяясь, заполняет и основную оболочку. Наполненные газом баллоны «Стратоскопа» вытягиваются в рост 65-этажного небоскреба — его высота вместе с парашютом, системой подвески и телескопом 198 м. Парашют у «Стратоскопа» — на аварийный случай. В нормальных условиях посадка стратостата происходит так же, как у обычных свободных стратостатов, со сдвиганием газа и использованием балласта.

Во время первого полета из-за неполадок в системе наведения было



сделано всего несколько записей инфракрасного спектра Марса. Удачнее оказался второй полет «Стратоскопа-2» осенью 1963 года. Были получены спектры Юпитера и Луны, а также спектры одной горячей звезды, трех красных гигантов, двух крас-

ных сверхгигантов и двух долгопериодичных переменных.

Не менее успешно закончился один из последних полетов «Стратоскопа-2», состоявшийся 26—27 марта 1970 года. На Землю были доставлены отличные снимки Юпитера и ядра сейфертовской галактики NGC 4151.

По отзывам специалистов, результаты полетов нового стратостата, снабженного спектрометром, при помощи которого можно было фотометрически исследовать инфракрасный спектр небесных светил, превзошли самые оптимистические ожидания. Так, в области спектра от 1

■ *«Стратоскоп-2» перед запуском. Гелием заполнен стартовый баллон аэростата*

■ *Уран. Снимок сделан 36-дюймовым телескопом «Стратоскопа-2»*



до 3 мкм удалось обнаружить полосы воды в атмосфере сравнительно холодных звезд — Миры Кита, R Льва и др. Открытие паров воды в атмосфере этих гигантских красных звезд позволяет по-новому подойти к вопросу о химических процессах, происходящих в недрах звездных атмосфер.

Анализ фотографий сейфертовской галактики, полученных телескопом на высоте 24 400 м, позволил Шварцшильду сделать весьма интересное заключение. Ядро галактики, вероятно, состоит из  $10^{10}$  звезд. В соответствии с законами небесной механики, они стремительно вращаются одна вокруг другой. Как считает Шварцшильд, при этом не обходится без взаимного и довольно бурного столкновения между галактическими «партнерами», ведь скорость движения в звездном хороводе измеряется тысячами километров в секунду! Вероятно, столкновения происходят по меньшей мере каждые четыре месяца, а может быть, и чаще. В результате постоянных «стычек» между звездами, возможно, изменяется интенсивность излучения таких объектов, как сейфертовские галактики и квазары.

Во время мартовского полета «Стратоскопа-2» были также сделаны многочисленные снимки планеты Уран, которую из-за большой удаленности и вследствие искажающего воздействия атмосферы особенно трудно наблюдать с Земли.

#### УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СПЕКТРЫ ЗВЕЗД

Исследовать со стратостатов ультрафиолетовое излучение звезд

раньше всех начали французские астрономы вместе с сотрудниками Женевской обсерватории.

Баллон с астрономической аппаратурой поднялся в ночь на 23 сентября 1966 года. Полет продолжался семь часов: два часа стратостат набирал высоту, четыре часа находился в дрейфе на высоте 33 км и в течение одного часа снижался. Гондола без происшествий опустилась на землю, но в стратосфере часть пленки случайно облучилась, и все же на Землю было доставлено 400 снимков участков неба в созвездиях Ориона и Близнецов.

Во втором ночном полете 9 октября 1966 года использовали более совершенный телескоп Шмидта, охватывающий область неба поперечником  $14^\circ$ . Кварцевая оптика этого телескопа, легко пропускающая ультрафиолетовые лучи, позволила зарегистрировать на пленке спектры едва различимых с Земли звезд. Были получены ультрафиолетовые спектры нескольких сотен звезд.

Через два дня запуск был повторен. За три часа, пока стратостат дрейфовал на высоте 34 км, телескоп сделал еще несколько сот снимков участков неба в созвездиях Ориона и Близнецов.

Самого глубокого и пристального изучения, по мнению ученых, заслуживает ультрафиолетовая область солнечного спектра. Считается, что эти наблюдения возможны на высоте не ниже 32 км. Одними из первых записи ультрафиолетового спектра светила получили французские исследователи, запустившие 23 июня 1967 года стратостат на высоту 32 км. Полет с усовершенствован-

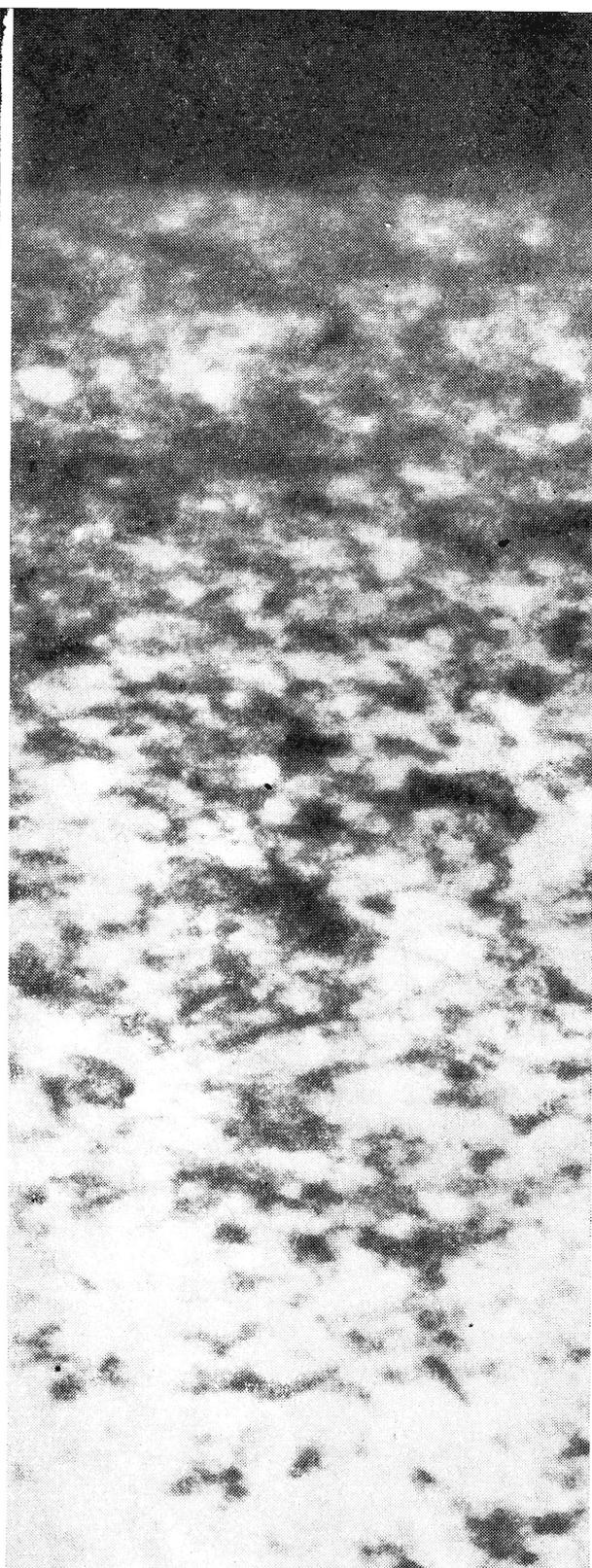
ной аппаратурой был повторен 22 сентября того же года во время частного солнечного затмения. На этот раз стратостат достиг высоты 37 км.

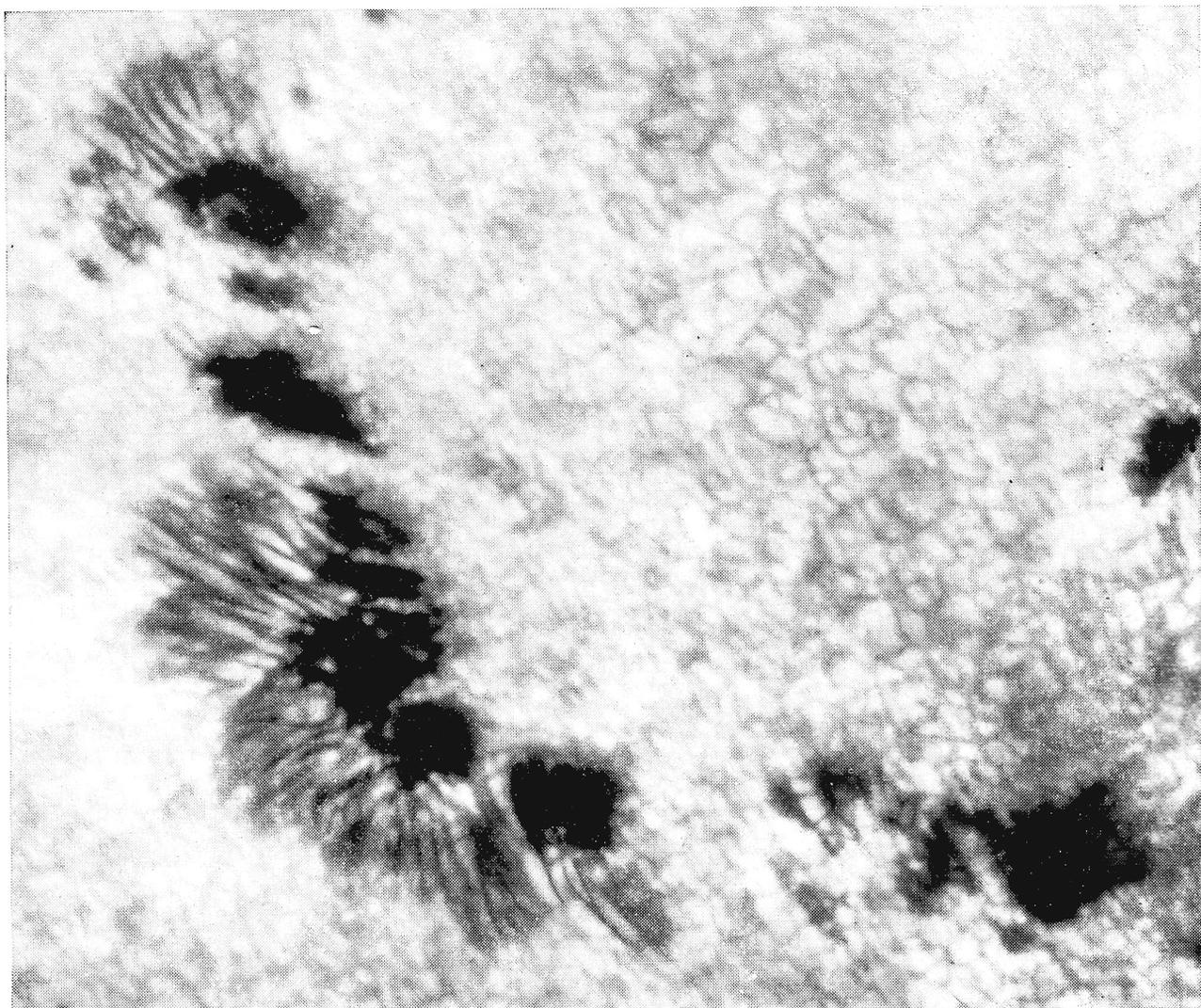
Давно и успешно служат аэростаты для изучения короны Солнца. Корону наблюдали во время солнечного затмения с борта аэростата Ж. Жансен во Франции и Д. И. Менделеев в России. В отличие от них, современные исследователи, используя баллонную технику, способную подниматься на огромную высоту, где рассеяние света незначительно, с успехом могут вести наблюдения короны, не дожидаясь затмений. Такие работы были начаты сотрудниками Высочерной обсерватории в США. 10 сентября 1960 года впервые поднялся высотный аэростат «Короноскоп» с коронографом, спектроскопом и рядом других сложных оптических приборов на борту. Стратостат, имевший полиэтиленовую оболочку объемом 40 000 м<sup>3</sup>, достиг высоты 26,6 км. Цель полета — фотографирование солнечной короны в видимой и инфракрасной областях спектра.

В дальнейшем аппаратура, используемая для наблюдения солнечной

■ Советская стратосферная обсерватория в полете

■ Фрагмент снимка солнечной фотосферы, полученного советской стратосферной обсерваторией. Грануляция прослеживается до самого края солнечного диска





короны, была модернизирована. 5 марта 1964 года американские исследователи снарядили в полет стратостат «Короноскоп-2» с оболочкой объемом 100 000 м<sup>3</sup> (1) из значительно более надежной майларовой пленки. Стратостат поднялся на высоту 30 км. В результате этих полетов было получено немало снимков солнечной короны.

■  
*Эту группу солнечных пятен сфотографировала из стратосферы советская автоматическая обсерватория*

#### УНИКАЛЬНАЯ СТРАТОСФЕРНАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

1 ноября 1966 года отправилась в полет первая советская стратосферная станция. Гелиевый аэростат имел оболочку из полимерной пленки объемом свыше 100 000 м<sup>3</sup>. По сложности и совершенству научной аппаратуры, запущенной в стратосферу, советская обсерватория не знает себе равных. Вес научной аппаратуры составлял 7600 кг!

Советская стратосферная станция представляет собой уникальный по размерам и сложности комплекс оп-

тической, механической, электро-механической и электронной аппаратуры. «Главный калибр» станции — телескоп системы Кассегрена диаметром 1 м. Правда, в первом полете диаметр зеркала был 0,5 м.

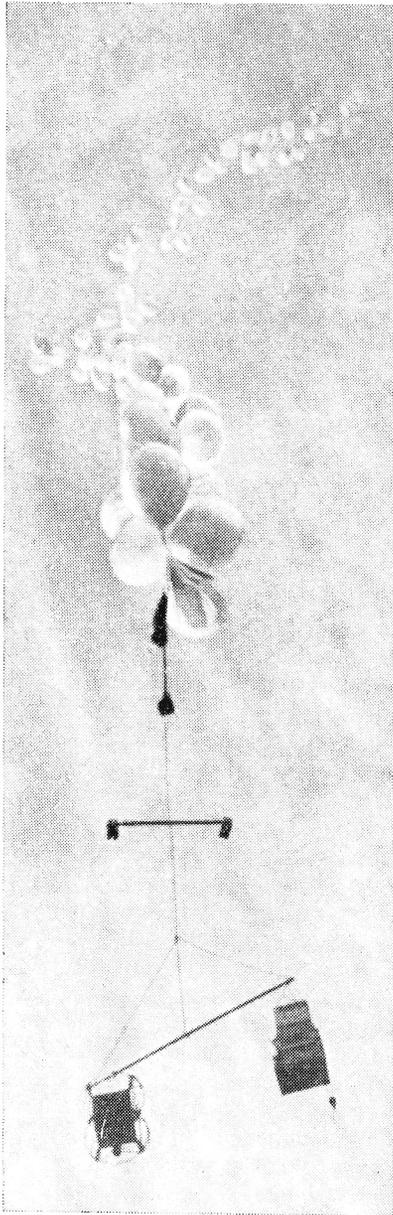
После того как информацию, полученную в первом полете, тщательно изучили, начались приготовления к очередному солнечному рейду. Ранним утром 22 сентября 1967 года состоялся второй полет стратостата с астрономической станцией.

Какие же результаты получили исследователи? В сущности еще пробные, экспериментальные полеты

стратосферной станции оправдали надежды ее конструкторов и астрономов. Наиболее важным научным достижением было открытие на поверхности Солнца очень мелких (по космическим масштабам) пятен диаметром не более 300 км, существование которых объясняет множество непонятых до сих пор аномалий в магнитных полях Солнца. Большую научную ценность представляли и многочисленные спектрограммы. Ведь спектроскопия — один из главнейших методов современной астрофизики. Спектрограммы, полученные как в первом, так и во втором полете, не свидетельствовали о заметном ослаблении солнечного спектра в линии тяжелого водорода — дейтерия. Видимо, дейтерия в атмосфере Солнца намного меньше, чем предполагалось ранее. Вполне вероятно, что его там практически нет, — сделали заключение исследователи.

Летом 1970 года с территории Советского Союза в третий раз поднялась в стратосферу автоматическая станция, снабженная телескопом системы Кассегрена с увеличительной камерой, доводящей изображение Солнца до 120 см, и спектрографом высокой разрешающей способности. Спектрограф одновременно фотографировал солнечный спектр в трех различных диапазонах. Как и раньше, специальная телевизионная и телеметрическая системы не только следили за аппаратурой летающей обсерватории, но при необходимости вносили изменения в программу ее работы. Результаты этой экспедиции оказались особенно интересными.

Во время полета, продолжавшегося девять часов, удалось получить



прекрасные снимки поверхности Солнца и два десятка спектрограмм, позволяющих детально исследовать тонкую структуру движения газа в солнечной атмосфере. Получить спектрограмму труднее, чем снимок, ибо для нее требуется гораздо большая выдержка. А случись малейшее смещение телескопа или какое-то естественное возмущение в стратосфере, и спектрограмма окажется «смазанной», испорченной... На спектрограммах, доставленных стратосферной станцией, были отчетливо видны спектры отдельных гранул.

20 июня 1973 года состоялся очередной подъем в стратосферу советской станции. Этот полет принес новые сведения о возникновении плазменных взрывов на Солнце.

До сих пор считалось, что солнечные вспышки образуются за счет магнитной инерции группы пятен при некоторой перестройке магнитного поля. Советские же астрономы наблюдали существенные изменения в расположении пятен (а стало быть, и магнитного поля) сразу в обеих группах. По мнению организатора запусков советской стратосферной обсерватории члена-корреспондента АН СССР Владимира Алексеевича Крата, теперь представляется более правдоподобным, что образование вспышек является только частью грандиозных процессов, которые охватывают сразу ряд замкнутых маг-

■  
*Автоматический стратостат, поднявший в августе 1975 года в стратосферу два контейнера с приборами — советский и американский*

## ДВОЙНОЙ АСТРОГРАФ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ ПАРАЛЛЕЛИ

нитных конфигураций и, вероятно, имеют волновой характер.

Вообще, волновая природа движения солнечной плазмы прослеживается на многих снимках. Стало очевидным, что элементы строения фотосферы — гранулы — возникают в виде комплекса различных волн. Они прекрасно видны на краю солнечного диска. Раньше из-за меньшего разрешения наземных фотографий это ускользало от исследователей.

Мы продолжим наши исследования, — заявляют ученые. — В будущем полеты в стратосферу будут проводиться еще чаще, ибо баллонная техника оказывает неоценимые услуги в развитии астрофизики, в расширении наших знаний о Вселенной и позволяет глубже познать явления, происходящие в земной атмосфере.

Подтверждением этих слов служат хотя бы эксперименты, осуществляемые Национальным центром атмосферных исследований США и Центром космических исследований Франции. С 1972 года в атмосферу нашей планеты на высоту 31—32 км запускаются воздушные шары, оснащенные научной аппаратурой. К 1976 году намечено запустить 10 тыс. таких шаров.

Ведутся атмосферные исследования с аэростатов и в нашей стране. В июле — августе 1975 года состоялись три запуска автоматических стратостатов на высоту 31—32 км. В подготовке и осуществлении этого эксперимента, проводившегося под руководством члена-корреспондента АН СССР К. Я. Кондратьева, помимо советских ученых и конструкторов приняли участие также американские специалисты.

Пополнилась инструментальная база ордена Трудового Красного Знамени Астрономического института Академии наук Узбекской ССР: на территории Китабской международной широтной станции имени Улугбека — филиала Астрономического института — закончена установка нового двойного астрометрического астрографа.

Астрограф был изготовлен фирмой Карл Цейсс Йена в 1973 году. Он имеет две спаренные трубы с одинаковыми четырехлинзовыми фотографическими объективами. Их диаметр равен 400 мм, а фокусное расстояние 3000 мм. Эти довольно светосильные объективы дают возможность получать снимки звездного неба на пластинках размером  $30 \times 30$  см, покрывающих участок неба почти  $5^{\circ},5 \times 5^{\circ},5$ . Гид астрографа имеет 200-миллиметровый объектив с тем же фокусным расстоянием, что и основные объективы. Он снабжен очень удобным окулярным микрометром с взаимно перпендикулярными винтами, которые позволяют делать отсчеты при поиске звезды с точностью до 0,01 мм. В искатель, поле зрения которого  $4^{\circ}$ , можно обозреть наблюдаемую область неба и вести поиск звезды для гидирования инструмента.

Новый астрограф установлен на параллактической монтировке английского типа в круглом навильоне с 8-метровым куполом. Его также изготовила фирма Карл Цейсс Йена.

Фундамент телескопа заложен по чертежу фирмы Карл Цейсс с учетом особенностей грунта местности. Монтаж купола и самого астрогра-

фа выполнили сотрудники Астрономического института АН УзССР Б. В. Айзен, И. С. Исаков, Н. Н. Князичев, Ю. М. Иванов, Э. Рахматов и Г. И. Попов при участии В. С. Шевченко и А. М. Калмыкова.

Сейчас на астрографе ведутся пробные наблюдения, чтобы уточнить основные характеристики фотографических объективов в конкретных условиях. Пронцающая сила двойного астрографа, определенная по первым снимкам при часовых экспозициях, оказалась равной  $18^m$ .

С помощью этого телескопа планируется изучение характеристик близких звездных скоплений, ассоциаций и звездных агрегатов, а также наблюдения галактик и тел Солнечной системы с целью создания инерциальной системы координат.

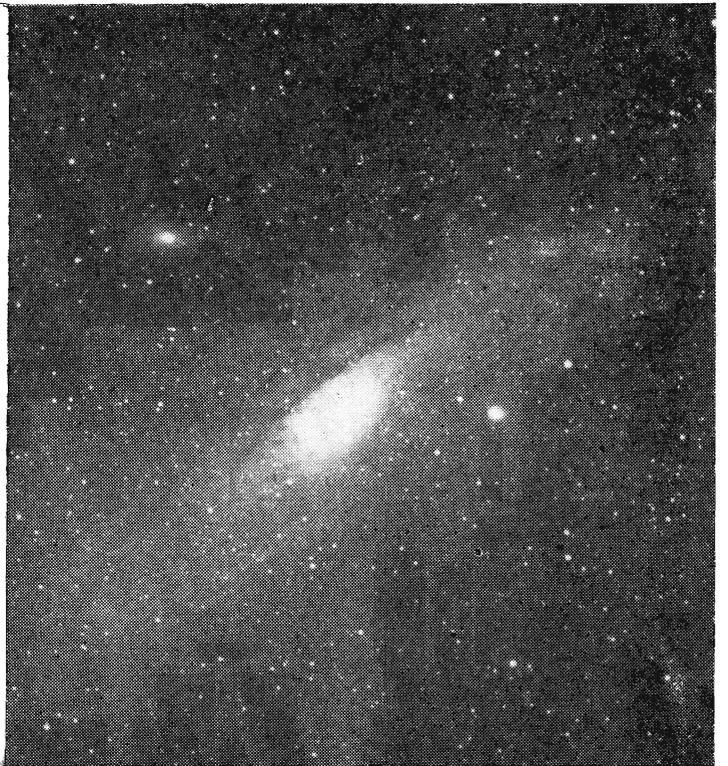
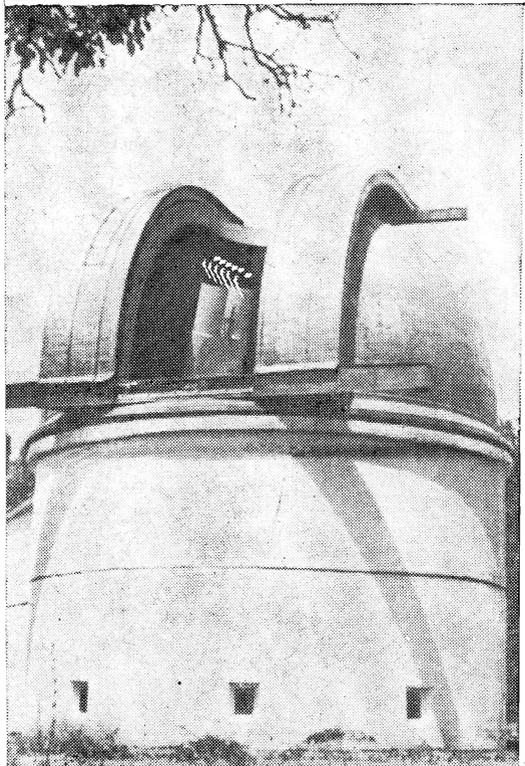
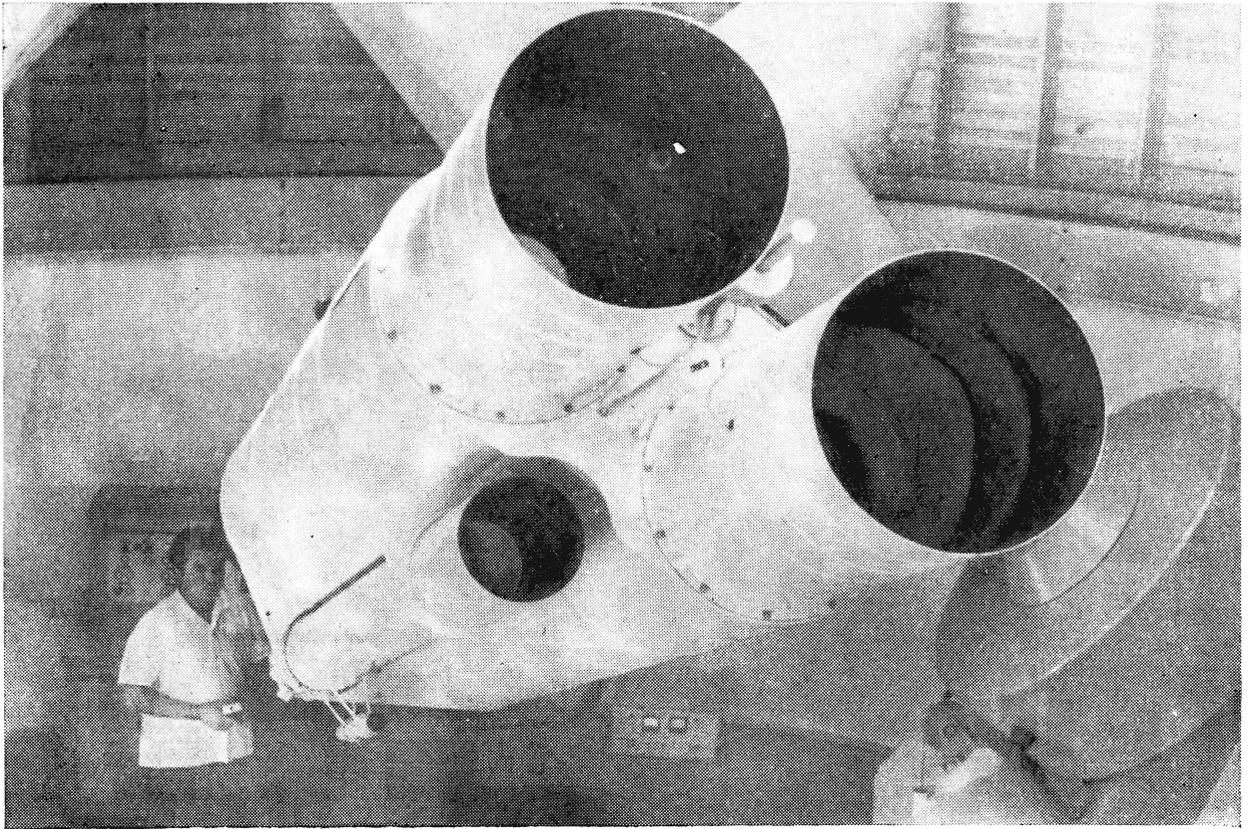
Кандидат физико-математических наук **А. А. ЛАТЫПОВ**  
**Ю. М. ИВАНОВ**

■  
*Двойной астрограф Цейсса, установленный на Китабской международной широтной станции в 1975 году*

■  
*Павильон двойного астрографа Цейсса*

Фото Ю. М. Иванова

■  
*Туманность Андромеды. Снимок получен на двойном астрографе*



К 15-летию первого полета человека в космос





Лауреат Диплома имени летчика-космонавта СССР Ю. А. Гагарина  
полковник-инженер М. Ф. РЕБРОВ

## Пятнадцатая весна

Кажется, это было вчера. Но с того памятного дня прошло пятнадцать лет! Уже пятнадцать! Ставшее историей «Поехали!»; первые 108 космических минут в жизни человечества; звучащее на весь мир русское имя «Га-га-рин!»... Оранжевый скафандр, белый гермошлем, красные буквы «СССР» и руки, поднятые в торжественно прощальном жесте. Могучий грохот двигателей. Половодье огня и дыма. Уходящая ввысь ракета.— Таким было весеннее апрельское утро 1961-го.

«Мне хочется посвятить этот первый космический полет людям коммунизма — общества, в которое уже вступает наш советский народ и в которое, я уверен, вступят все люди на Земле» — это его слова, слова человека, первым шагнувшего в космическое неизведанное.

Да, еще много времени мы будем возвращаться к этому апрельскому дню, который вошел во все календари мира знаменательной датой, который будут благодарно и взволнованно вспоминать наши потомки и который с таким поистине всесветным ликованием встретили современники. Ведь даже сейчас, когда позади множество космических этапов исключительной сложности, когда на Землю доставили лунный камень и земляне увидели панораму Венеры, кажется удивительным сам факт полета человека за пределы своей планеты.

Многие восприняли этот старт как чудо. Планета ликовала, на всех языках и наречиях славя его, простого советского парня со Смоленщины, сына рабочего, майора Военно-Воздушных Сил. А он был явно смущен и утомлен вниманием. Не так-то легко быть первым.



Как отнесся к славе сам участник этого исторического старта? «Чуда не было, была реальная действительность,— сказал он.— Коммунистическая партия, советский народ создали замечательную космическую технику и доверили мне, рядовому летчику,

■ *Небесные братья — Юрий Гагарин и Герман Титов*

Фото И. Снегирева, АПН

первый полет в неизведанные дали...».— Просто и емко. И сколько гордости, сколько радости вызвало у всех нас сознание того, что первый в мире космический полет свершен нашим соотечественником на советском корабле, сделанном руками советских ученых, инженеров, рабочих.

Каждый год накануне этого дня я приезжаю в Звездный городок,



в Центр подготовки космонавтов, носящий имя Юрия Гагарина. Приезжаю, чтобы пройтись по аллеям, постоять у мраморного щита, где на твердом камне золотом высечены имена первопроходцев и даты их полетов. Так было и в этот юбилейный год.

Сегодня солнце, и воздух пропитался запахом раскованной земли, голубой шатер распахнутого неба слепит глаза. Световые зайчики играют в стеклах окон и на мраморе мозаичного панно, высвечивая пилон с портретом В. И. Ленина. А над всем этим за далью голубизны простирается космос. Я видел его на фотографиях и кадрах кинофильмов, снятых космонавтами. Видел в лабораториях ученых, где имитируются многие столь непривычные условия океана звезд. Юрий Гагарин открыл для меня космос своим стремлением, своей мечтой, своей неудержимой тягой к космическому полету: «Тысячелетиями ждал океан Вселенной полета корабля с планеты Земля. И он пришел — первый, самый первый космический корабль с буквами «СССР» на борту. Именно он возвестил о новой эпохе космоса...».

Я смотрю на портрет того, кому принадлежат эти слова. На чуть сощуренные, искрящиеся глаза, улыбочивый рот, гордые буквы «СССР» на его белом, казавшемся тогда фантастическом гермошлеме...

Пятнадцать весен минуло с того памятного дня. В Москве то утро было пасмурным, туманным. А на Байконуре — ослепительно солнечным. Утро, которое для многих наконец-то наступило после ночи тревожного, напряженного ожидания.

Космос всегда был загадкой. Манил неприступностью, дразнил непокорностью. Тех, кто дерзал поговорить с ним на «ты», мы знали лишь по фантастическим романам такими эксцентричными испанскими Доминго, самоуверенными Барбикенами, холодными упрямыми Кейворами, хвастливыми Годдардами... Но в наступление на суровое безмолвие звездного океана вышли люди иного склада.

Молодежь уже бредила межпланетными путешествиями. Стихийный конкурс среди мужественных и романтиков был неожиданно велик. Самые нетерпеливые приезжали прямо в Москву, требовали, уговаривали. Самоотверженных у нас немало. И вот сбылась вековая мечта человечества. Все более оживленными становятся окрестности планеты. Все чаще стартуют с земли советской пилотируемые корабли, выходят в шестой океан и космонавты США...

Пройдут века, на смену одним эпохам придут другие, во много крат удлинятся наши космические пути и несравненно усовершенствуется техника космоплавания, но никогда в истории человечества не померкнет слава апрельского дня 1961 года. Внуки и правнуки будут завидовать нам, живым свидетелям грандиозной победы советского народа.

В Звездном есть маленький музей, где собраны святые, неповторимые реликвии подвига. Теплозащитный голубой костюм из шелковистой ткани, в который был одет Гагарин. Приказ министра обороны СССР о присвоении ему внеочередного воинского звания «майор». В этом документе есть такие строки: «Кос-

монавт Военно-Воздушных Сил СССР Юрий Алексеевич Гагарин отправляется на корабле-спутнике в космическое пространство с тем, чтобы первым проложить путь человека в космос...». Наискосок — резолюция Главного маршала авиации К. А. Вершинина: «т. Каманину. Проверьте, объявлен ли этот приказ т. Гагарину». Здесь же — партийный билет космонавта № 08909627, служебное удостоверение, последние письма, дипломы, подарки, лунный глобус, карта...

Я смотрю на принадлежавшие ему вещи, читаю записи на листках перекидного календаря, и мне слышатся его голос и слова, произнесенные за несколько минут до старта:

«Вся моя жизнь сейчас кажется одним прекрасным мгновением. Все, что прожито, что сделано прежде, было прожито и сделано ради этой минуты... Первым совершить то, о чем мечтали поколения людей, первым проложить дорогу человечеству в космос... Назовите мне большую по сложности задачу, чем та, что выпала мне... Это — ответственность перед всем советским народом, перед всем человечеством, перед его настоящим и будущим. И если тем не менее я решаюсь на этот полет, то только потому, что я коммунист, что имею за спиной образцы беспримерного героизма моих соотечественников — советских людей...».

Возьму на себя смелость утверждать, что мы в общем-то мало знали этого человека. Понимая его заня-

Ю. А. Гагарин, 1962 год

Фото И. Куликова



ФЕДЕРАЦИЯ  
АВИАЦИОННОГО  
СПОРТА  
СССР  
Член Международной Авиационной Федерации

FEDERATION  
AERONAUTIQUE  
SPORTIVE  
DE L'U.R.S.S.  
Membre de La F.A.I.



МОСКВА



■  
Диплом имени летчика-космонавта СССР Юрия Алексеевича Гагарина — награда, учрежденная Федерацией авиационного спорта СССР. Дипломом награждаются ученые, конструкторы, инженеры, а также коллективы и отдельные лица, внесшие значительный вклад в развитие ракетно-космической и авиационной тех-

ность, старались не отвлекать на «мелочи», ореол его славы иногда возводили в какую-то неприступную крепость, тем самым обижая его. Да что греха таить, в обращении с ним порой теряли простоту и есте-

ники, авиационных видов спорта, проводящие большую работу по пропаганде авиационно-космических знаний или показавшие наивысшие спортивные достижения. Дипломом имени летчика-космонавта СССР Ю. А. Гагарина ежегодно награждаются не более 4—6 человек — граждан СССР, 2—4 коллектива СССР и 2—4 человека — граждан иностранных государств

ственность, чем, наверное, раздражали его. А он, увенчанный орденами великих и малых государств, переживший триумфальную пальбу пушек и блеск почетных эскортов, шум ликующей толпы и рукопожатия

чопорных монархов, смущенно признавался жене: «Знаешь, Валюша, я даже не предполагал, что будет такая встреча. Ну, слетаю, ну вернусь. А чтоб так, не думал...».

Он любил книги. Они хранились на стеллажах дома и в шкафу рабочего кабинета. На томике Гайдара надпись: «Моей дорогой Леночке в день рождения, Будь нужной людям, как Аркадий Петрович Гайдар». В томе Тургенева — закладка и подчеркнутые строки: «Никто не может сказать про себя, есть ли у него талант и к чему именно, — это должно созреть в человеке, как плод на дереве, но всякому, даже лишенному творческого дела, необходимо сосредоточиться и придать себе известное направление, а то непременно рассыплешься и не соберешь себя потом».

Трудно говорить о возможной судьбе человека, которого уже нет. Но в нем был талант. Разглядели его в Звездном. А Главный конструктор ракетно-космических систем академик Сергей Павлович Королев видел в Юрии счастливое сочетание природного мужества, аналитического ума, исключительного трудолюбия: «Если он получит надежное образование, то мы услышим его имя среди самых громких имен ученых!».

Среди любимых книг хранил он и пожелтевшую вырезку из «Комсомольской правды». В крошечном кусочке газеты всего несколько слов: «Когда говорят о подвиге, говорят о жизни. Жизнь — это все. Жизнь можно пить жадно, закрывая руками, дрожа над каждой каплей. И можно разом, щедро все отдать людям. Тогда рождается подвиг».

Помнится и другое. Он сидел на аэродроме, запрокинув голову, и молчал. Ясное, голубое небо с невесомо плывущими облаками, чуть подсвеченными по краям лунным светом. Звезды и Луна были особенно яркими, искрящимися своим зеленоватым фосфоресцирующим блеском. Потом он скорее почувствовал, нежели увидел, перемену погоды. Провел ладонью по щеке: «Успеть бы еще один вылет сделать».

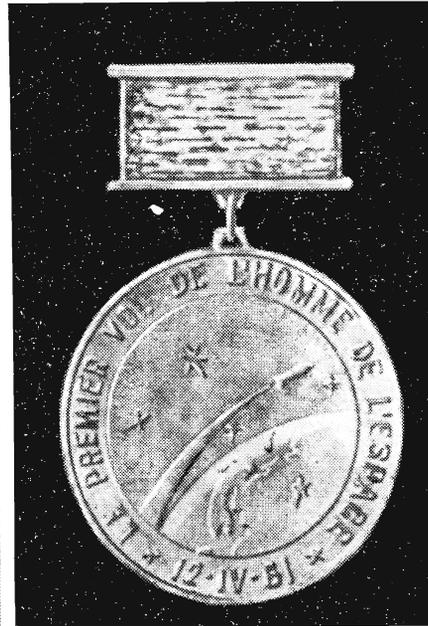
«Успеть бы...» Сколько раз я слышал от него эти слова, сказанные с сожалением и обидой на самого себя за то, что не может успеть. И все-таки он успевал многое. Успевал работать, учиться и готовиться ко второму свиданию с космосом, участвовать в работе партийных съездов, выполнять свои депутатские обязанности, задания ЦК комсомола, успевал делать добро людям, замечать и открывать радостное в будничном и обычном.

А какой радостью было для него небо! «Только там, в полете покинешь, что такое небо... Да и земля тоже.»

Как-то по радио передавали песни Александры Пахмутовой. Среди других прозвучала и песня «На взлет»:

Летчик может не быть  
космонавтом,  
Космонавту нельзя  
не летать!

— Вот в чем смысл нашей профессии, нашей работы,— сказал тогда Юрий. Сказал не ради красного словца. Это была внутренняя потребность человека, отдавшего всего себя любимому делу. Да, именно делу. Ведь космонавтика стала для него призванием, пусть второй после авиа-



ции и неба, но самой сильной любовью.

Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР, кавалер многих и многих высших наград больших и малых государств, расположенных на всех материках планеты, рвался к работе, готовился летать на новых космических кораблях. Не ради славы — ради дела. А то 12-ое апреля было для него только прологом.

Я помню, с какой тщательностью, с какой настойчивостью готовился он к испытательному полету на новом

тогда корабле «Союз», как вместе с Владимиром Комаровым изучал этот корабль, долгие часы проводил на тренажере. За этими тренировками для него раскрывалась новая работа и новые старты. В апреле 1967 года он прибыл на Байконур в роли дублера Владимира Комарова.

Он много летал. Перерывы, которые бывали часто, раздражали его. Полеты ему то разрешали, то запрещали. Он протестовал, ходил по начальству и добивался своего. Однажды признался:

— Ты знаешь, я очень тоскую без большой работы и большого напряжения. Окончу «Жуковку», времени будет чуть больше, и я надеюсь, что мне удастся изменить кое-что в нашей подготовке к стартам. Многие в ней рационально, многое правильно, но есть и такое, что надо менять... Летать надо больше. Я это чувствую по себе... В общем, наверстаю.

Меня часто подмывало спросить его: Зачем тебе это нужно? Но я не решался на прямой вопрос. Однажды я видел его реакцию на это «зачем» и понял, как обидел бы его, если бы спросил.

...Помню, с каким вниманием осматривал музей Звездного командир

*Золотая медаль имени Ю. А. Гагарина — награда Международной авиационной федерации. Медаль имени Ю. А. Гагарина присуждается летчикам-космонавтам, достигшим в истекшем году наивысших результатов в области космических исследований. На лицевой стороне медали — рельефное изображение профиля космонавта в гермошлеме. По краю диска надпись на французском языке: «Международная авиационная федерация. Ю. А. Гагарин». На обратной стороне — рельефное изображение восточного полушария планеты: над Землей — космический корабль. Надпись также на французском языке: «Первый полет человека в Космос. 12.IV.61»*



«Аполлона-8» Фрэнк Борман, как взволнованно американский космонавт говорил, что полет Юрия Гагарина стал непревзойденным событием века.

Прошло пятнадцать лет с того памятного дня. Трагический, нелепый случай вырвал его из наших рядов. И вот уже девятый раз люди «голубой» планеты встречают космический праздник весны без него.

Без него... Нет, это совсем не те слова. Он с нами. Космонавт № 1 всегда с нами. И там, в Копейске, где на шахте номер четыре дробь шесть бригада горняков, носящая его имя, выдает сверхплановый уголь в ритме десятого трудового пятилетия. И в Военно-воздушной академии, носящей его имя, где куются командные кадры властелинов неба. И на флагмане экспедиционного научного флота АН СССР «Космонавт Юрий Гагарин», который несет свою исследовательскую вахту в просторах Мирового океана...

На венгерском предприятии «Гант» в Будапеште есть рабочая бригада имени первого космонавта планеты. Его имя с гордостью носят трудовые коллективы текстильной фабрики в болгарском городе Силистра и на Кремиковском металлургическом комбинате.

В военно-воздушных силах Национальной народной армии ГДР есть эскадрилья имени Юрия Гагарина. На карте Луны вы найдете большой кратер Юрия Гагарина.

В Национальном космическом центре в городе Хьюстоне (США), в главном здании висит памятная мемориальная доска в честь первого космонавта мира Юрия Гагарина.

На ней подписи тех, кто уже вслед за ним совершал полеты на кораблях «Меркурий», «Джеминай» и «Аполлон».

В Швейцарии, на берегу Женевского озера, в честь десятилетия его старта поставлен величественный монумент. Есть город Гагарин, площадь Гагарина в Москве, улицы его имени в Калуге, Париже, Софии...

Перебирая все это в памяти, я приведу слова американского художника Рокуэлла Кента: «Советские друзья, ваш Юрий — не только ваш, он принадлежит всему человечеству. И ворота в космос, которые он открыл, распахнуты для всех нас...».

Да, это было великое событие... Издавна самой фантастической и самой безумной мечтой человека было вырваться за пределы Земли, совершить гигантский прыжок к звездам. Разведка неба всегда считалась одной из вершин человеческого прогресса. К тому же, чем «шире и глубже» мы начинаем проникать во Вселенную, тем отчетливее понимаем что космос — проблема земная: там хранятся ключи к отгадкам многих тайн нашего бытия.

Международная авиационная федерация учредила Золотую медаль имени Ю. А. Гагарина, которая будет присуждаться космонавтам планеты за наивысшие достижения.

12 апреля 1961-го был сделан первый шаг человека в космос. За ним последовали другие. Придет время, и громадные космические корабли будут бороздить бескрайние просторы Вселенной, неся на своем борту отважных первооткрывателей новых миров. Огромные орбитальные станции с научными лабораториями раз-

личного назначения (как мечтал он об этом времени и видел себя на борту таких станций!) появляются в небе над планетой. Хитроумные автоматы будут посланы туда, где условия окружающей среды создают неоправданную опасность для человека...

Всего лишь пятнадцать лет люди штурмуют космос. Уже 77 человек (76 мужчин и 1 женщина) побывали на космических трассах, летали за пределы планеты Земля. Перечисляя достигнутое за эти годы, мы убеждаемся в том, что возможностям человеческого разума нет предела. Человечество возмужало за эти годы, оно не только по-новому осознало собственные силы, но иными глазами взглянуло на окружающий мир. 108 напряженных минут первого звездного полета открыли новую страницу науки, новую отрасль знания, новую сферу практической деятельности людей. Всему этому предстоит, конечно, блестящее будущее.

Он много мечтал о будущем. И сгусток его идей, подобно цепной реакции, работает сейчас в мозгу и сердце тех, кто пошел по проложенному им пути. Об этом свидетельствует их клятва, записанная в книге, хранящейся в музее Звездного: «Покорение космоса стало делом нашей жизни, и всякий раз, когда отправляемся на космические трассы, мы берем с собой светлый образ Юрия Гагарина, его пример мужества, отваги, верности долгу перед нашей великой Родиной».

## Памяти Соломона Борисовича Пикельнера

19 ноября 1975 года скоропостижно скончался Соломон Борисович Пикельнер — один из крупнейших наших астрофизиков, необыкновенно отзывчивый и справедливый человек, всецело преданный науке. Безвременная кончина С. Б. Пикельнера — тяжелая утрата для советской астрономии. Огромный авторитет Соломона Борисовича, широта его интересов, неизменная, доходящая до самопожертвования готовность помочь любому, обратившемуся к нему за советом, делают эту потерю особенно горькой.

Соломон Борисович Пикельнер родился в Баку 7 февраля 1921 года в семье счетовода. В 1942 году он окончил Московский университет и поступил в аспирантуру Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. В 1945 году он защитил кандидатскую диссертацию и с 1946 года стал работать в Крымской астрофизической обсерватории в тесном сотрудничестве с замечательным ученым, академиком Г. А. Шайном. В 1954 году С. Б. Пикельнер защитил докторскую диссертацию, а в 1959 году переехал в Москву и стал профессором кафедры астрофизики Московского университета.

Соломон Борисович был одним из ведущих астрофизиков наших дней. Он обладал удивительной интуицией, умением глубоко вникать в суть исследуемого явления. Он глубоко разбирался в классических задачах астрофизики — таких, как излучение межзвездного газа и строение атмосфер звезд, и в то же время одним из первых привлек новые физические направления — магнитную гидродинамику, физику космических лучей и



нелинейные эффекты в плазме — к интерпретации данных астрономии. Он написал около 150 работ, которые охватывают чрезвычайно широкий круг явлений — это полярные сияния и верхняя атмосфера Земли, физика активных образований на Солнце и в его атмосфере, «звездный ветер», физика межзвездной среды и газопылевых туманностей, проблема звездообразования, поведение газа в спиральных ветвях галактик, проблема поисков гипотетических элементарных частиц — кварков, некоторые задачи космологии...

Теоретические исследования, которые выполнял Соломон Борисович, не имели отвлеченного, умозрительного характера, они всегда были направлены на объяснение тех или иных наблюдательных данных. Например, ему удалось найти теоретическое

*Соломон Борисович Пикельнер  
(1921—1975)*

объяснение сложной волокнистой структуры многих межзвездных туманностей. В образовании этой структуры большую роль играют ударные волны в газе. Им была разработана теория ударных волн применительно к космической плазме — теория, охватывающая такие сложные вопросы, как диссипация энергии, нагрев и ионизация газа этими волнами. Ему принадлежат расчеты взаимодействия «звездного ветра» с межзвездной средой. Развита им теория позволила объяснить наблюдаемые в некоторых эмиссионных туманностях движения газа со скоростями, многократно превосходящими скорость звука.

Космическая магнитогазодинамика, для развития которой много сделал С. Б. Пикельнер, применима не только к сильно нагретой ионизированной среде, но и к холодному межзвездному газу, плотность свободных заряженных частиц в котором очень мала. Учитывая влияние магнитного поля на движение нейтрального межзвездного газа, Соломон Борисович рассмотрел процесс образования массивных газовых комплексов вблизи плоскости Галактики. Плотность и температура газа внутри этих комплексов делают возможной гравитационную конденсацию газа в звезды. Газ, окружающий области звездообразования внутри комплекса, служит экраном, не пропускающим внутрь «агенты», способные нагреть среду даже вдали от звезд. Сама идея о том, что есть такие «агенты» (предположительно, мягкие космические лучи), позволила Соломону Борисовичу объяснить двухфазное состояние нейтрального межзвездного



газа — сосуществование плотных облаков газа и разреженной, но более горячей среды вокруг них, давление которой удерживает облака от диссипации. Нашли объяснение и некоторые результаты радионаблюдений межзвездного газа, противоречившие распространенным ранее представлениям о том, что практически весь нейтральный газ в Галактике имеет очень низкую температуру.

Большой вклад внес С. Б. Пикельнер в изучение природы спиральных ветвей галактик. Он изучил процесс прохождения газа через спиральные рукава — процесс, который сопровождается сильным сжатием газа, стимулирующим превращение части его в звезды. Именно потому спиральные рукава прослеживаются как области концентрации молодых объектов.

Всю свою жизнь Соломон Борисович занимался физикой Солнца. Четверть века назад он исследовал диссипацию частиц из солнечной короны и дал прообраз теории солнечного ветра. Вытекающие из этих исследований оценки температур корон различных звезд только начинают подтверждаться прямыми измерениями слабых потоков рентгеновского излучения. Используя методы магнитной гидродинамики, он показал, что крупномасштабные конвективные движения сгребают силовые линии магнитного поля и связанный с ними ионизованный газ в ячейки хромосферной сетки. Нагрев хромосферы активных областей С. Б. Пикельнеру удалось объяснить, решив сложную задачу о распространении ансамбля магнитогидродинамических волн, учитывая превращения одного типа волн

в другой. Развитые им представления о плазменной турбулентности — колебаниях различного типа — в токовом слое вспышек позволяют понять, как возникают заряженные частицы без разрыва этого слоя. Он рассматривал также радиоизлучение Солнца, природу протуберанцев, структуру хромосферы. В складывающейся ныне непротиворечивой картине явлений во внешней атмосфере Солнца работы Соломона Борисовича имеют основополагающее значение.

Огромным авторитетом Соломон Борисович пользовался и в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга, и в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, и в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР, и в других астрономических и физических институтах страны. Работы его получили широкую известность и признание во всем мире. По его монографиям, переведенным на английский язык («Физика межзвездной среды», «Основы космической электродинамики», «Межзвездная среда», написанная совместно с профессором С. А. Капланом), знакомятся с проблемами современной астрофизики специалисты всего мира. Он был председателем Комиссии по физике межзвездной среды Международного астрономического союза, членом Королевского астрономического общества (Великобритания), входил в редколлегию трех зарубежных журналов, внося весомый вклад в дело международного научного сотрудничества.

Необычайная душевная мягкость, отзывчивость и справедливость принесли Соломону Борисовичу любовь

и уважение всех, кто знал его. При всей своей доброте и скромности Соломон Борисович был непримирим, когда дело касалось принципиальных научных проблем. Истиному и своим убеждениям он отстаивал последовательно и неутомимо, не полагаясь на ее очевидность, не считаясь с тем, сколь именитыми и влиятельными могут быть ее противники. Эти качества Соломона Борисовича в полной мере проявлялись и в его повседневной работе на посту ответственного секретаря «Астрономического журнала». Много лет он был душой ведущего астрономического издания нашей страны. Свои знания С. Б. Пикельнер повседневно передавал другим. Чтение лекций, беседы и консультации, научно-популярные статьи и книги, руководство дипломными и диссертационными работами, редактирование и рецензирование статей — на все у него хватало времени, он был готов помочь каждому.

Мы скорбим о большом ученом и прекрасном человеке, мы скорбим о друге и учителе. Соломон Борисович Пикельнер ушел от нас в расцвете творческих сил. Его коллеги и ученики продолжают начатые им исследования. Его идеи и работы навсегда останутся в золотом фонде астрономии. Его душевную теплоту, его любовь к науке мы сохраним в наших сердцах.

**Группа товарищей**



## Сотрудничество социалистических стран в исследовании проблем звездной эволюции

Многостороннее сотрудничество академий наук социалистических стран по проблеме физики и эволюции звезд началось в 1974 году. Была создана Проблемная комиссия под председательством доктора физико-математических наук А. Г. Масевич. Координация всех исследований в области звездной эволюции возложена на Астрономический совет Академии наук СССР, работы по различным направлениям курируют академии наук социалистических стран: исследования ранних стадий эволюции звезд — Академия наук ЧССР, поздних стадий эволюции звезд — Академия наук ПНР, нестационарных звезд — Академия наук ВНР, магнитных звезд — Академия наук ГДР, двойных звезд — Академия наук СРР, скоплений и ассоциаций — Академия наук НРБ.

В сентябре 1975 года Проблемная комиссия созвала в Белоградчике (Болгария) свой первый научный симпозиум «Неустойчивые фазы эволюции массивных звезд».

В настоящее время эволюция звезд различной массы от главной последовательности до стадии красного гиганта изучена достаточно хорошо. Но как протекает эволюция красных гигантов в «бурные» фазы их жизни — во время слоевых вспышек гелия, гелиевой и углеродной вспышек, известно еще плохо. На это и обратил внимание в своем докладе Я. Джулковский (Институт астрономии Академии наук ПНР).

О том, на какой стадии эволюции находится звезда, можно судить по химическому составу ее атмосферы. Если состав атмосферы красного гиганта значительно отличается от

стандартного состава звездных атмосфер, можно предположить, что причиной тому — эволюционные изменения в красных гигантах. Правда, нельзя исключить и другую возможность: химический состав звездных атмосфер меняется и в результате процессов, происходящих на поверхности звезд.

К сожалению, теоретикам пока не удается объяснить возникновение химических аномалий в красных гигантах, а наблюдательный материал недостаточно однороден, чтобы на его основе сделать конкретные выводы. Кроме того, существенную неточность в решение этой проблемы (как было показано в некоторых выступлениях) вносят сами методы определения химического состава.

Красным гигантом может быть не только старая звезда, претерпевшая сильные эволюционные изменения, но и молодые, только что образовавшиеся звезды. Ранним стадиям эволюции звезд посвятил свой доклад А. Е. Дудоров (Башкирский государственный университет). Он отметил, что до сих пор остаются нерешенными такие важные аспекты конденсационной гипотезы происхождения звездных групп и скоплений, как распад конденсирующегося объекта на отдельные протозвезды, корректный учет магнитного поля и вращения.

Многие красные гиганты и звезды Вольфа — Райе, обладающие протяженными оболочками, входят в двойные системы. В таких системах происходит интенсивное перетекание вещества с одного компонента на другой, зачастую приводящее к мощному рентгеновскому излучению.

О двойных рентгеновских источниках, красных гигантах и звездах Вольфа — Райе в двойных системах рассказал на симпозиуме И. Тремко (Институт астрономии Академии наук ЧССР). Он привел список десяти массивных двойных систем, в которых известны массы компонентов. В ходе обсуждения доклада было предложено организовать в рамках многостороннего сотрудничества совместные наблюдения тесных двойных систем (VW Цефея,  $\beta$  Лиры, VM Ориона, 31+32 Лебеда) для оценки их массы и элементов орбит.

В обзорном докладе Л. Р. Юнгельсона (Астрономический совет Академии наук СССР) была рассмотрена эволюция тесных двойных систем с массой компонентов, превосходящей 10 солнечных. Как показывают расчеты, многократным обменом вещества между компонентами удается объяснить происхождение и эволюцию звезд Вольфа — Райе, массивных звезд с высокими пространственными скоростями и некоторых рентгеновских источников.

Интересные результаты о гигантах в шаровых скоплениях содержались в докладе З. М. Кадла (Главная астрономическая обсерватория Академии наук СССР). Она исследовала 1100 звезд шарового скопления M 13 в созвездии Геркулеса. Снимки этого скопления были получены на 2-метровом телескопе обсерватории в Ондражееве (ЧССР). На диаграмме Герцшпрунга — Рассела, построенной для скопления, четко выделяется «ветвь», которой нет на диаграммах других скоплений. Эта ветвь хорошо соответствует эволюционному треку уже «пережившей» гелиевую вспышку



А. В. ШПИЛЕВСКИЙ

## Новая интерпретация таинственного радиоэха

**Публикация в «Земле и Вселенной» (№ 6, 1973, стр. 68—70) гипотезы английского астронома Д. Лунена, интерпретировавшего загадочные радиоэхо, которые неоднократно наблюдались в 1927—1929 годах, как послание внеземной цивилизации со звезды  $\epsilon$  Волопаса, вызвала большой интерес читателей. Посланы ли эти радиосигналы космическим зондом, пришедшим к Земле от  $\epsilon$  Волопаса или какой-либо другой звезды, и нет ли естественного объяснения радиоэха?**

В 1960 году радиоастроном Р. Брейсуэлл высказал мысль, что именно космические зонды — наиболее экономичный и эффективный способ установления первых контактов соседних развитых цивилизаций. Как будет действовать такой зонд, достигший околоземной или окололунной орбиты? Сначала, чтобы дать о себе знать, зонд должен принимать радиосигналы с Земли и отправлять их обратно, как радиоэхо, с большой, но разумной задержкой. Только наладив двустороннюю связь, он перейдет к другим формам передачи информации, например, передаст телевизионное

изображение участка неба, откуда он прибыл, и т. д. Однако ни Брейсуэлл, ни кто-либо другой в течение более десятилетия не смогли найти конкретного примера для иллюстрации своих общих соображений. Сделал это молодой английский астроном из университета в Глазго Д. Лунен. Он предположил, что радиоэхо с большим временем запаздывания (задержки), наблюдавшиеся К. Штермером и Й. Халсом в 1928 году, переданы космическим зондом. Гипотеза Лунена выглядит фантастической. Но «когда область исследований нова,— писал известный физик Р. Фейнман,—

звезды массой примерно 0,8 солнечной.

Участники симпозиума обсудили совместные работы, которые будут проводиться в ближайшие годы по плану многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран. Одна из них — сравнительный анализ методов обработки спектрограмм. На 2-метровом телескопе Шемахинской обсерватории Академии наук АзербССР получен спектр звезды  $\alpha$  Лебедя. Этот спектр будет измерен в Институте астрофизики и физики атмосферы Академии наук ЭССР и в Специальной астрофизической обсерватории Академии наук СССР. Затем спектрограмму передадут обсерваториям ЧССР, ПНР, ГДР и НРБ, где ее обработают с помощью методов, предложенных в этих странах. В заключение все участники выполнят сравнительный анализ методов, которые приняты в различ-

ных обсерваториях сотрудничающих стран.

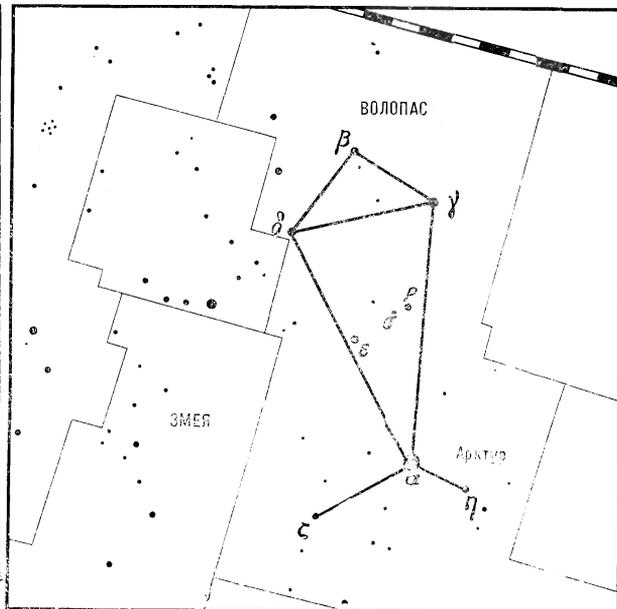
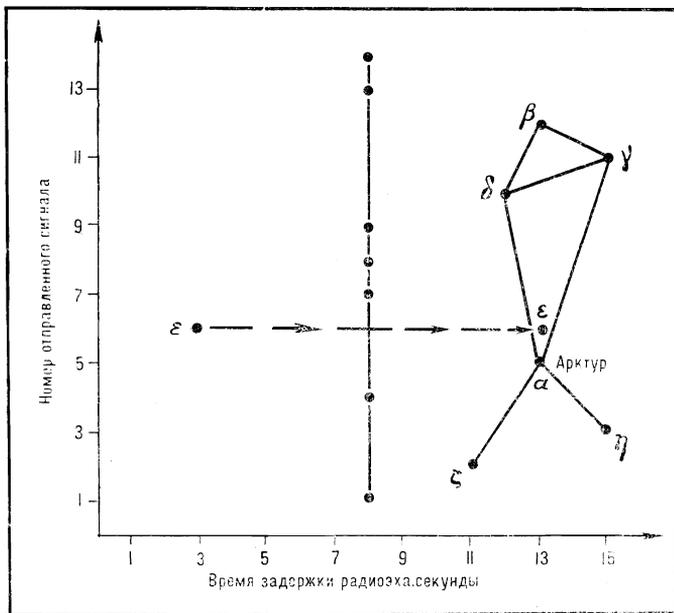
Будут продолжаться исследования кратковременных изменений блеска и спектров магнитных звезд (ГДР, СССР и НРБ). Астрономы ГДР и СССР вскоре приступят к построению моделей двух реальных магнитных звезд с учетом всех наблюдательных данных.

Предусмотрены совместные работы по составлению каталога кривых блеска и показателей цвета звезд RR Лиры (НРБ, СССР), разработка методики определения гравитационного потенциала для звезд, не обладающих сферической симметрией (ГДР, СССР), исследование изменения периодов тесных двойных систем (ПНР, СССР, НРБ, ЧССР), определение собственных движений звезд в центральных областях пяти шаровых скоплений (НРБ, СССР) и др.

Симпозиум в Белоградчике показал плодотворность многостороннего сотрудничества, тематика которого расширяется. Разумно скоординированное многостороннее сотрудничество социалистических стран позволяет целесообразно использовать крупные телескопы и ЭВМ, без привлечения которых невозможно решение проблем физики и эволюции звезд на современном уровне.

Успеху симпозиума способствовала большая организационная работа, проведенная Болгарской академией наук и болгарскими астрономами, особенно директором Сектора астрономии Академии наук Болгарии Н. Николовым и директором Народной обсерватории в Белоградчике А. Томовым.

Кандидат физико-математических наук  
Э. ЭРГМА



«прощупывание» наугад и составляет первые шаги науки».

#### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЛУНЕНА

11 октября 1928 года Халс и Штермер, отправляя через каждые 20 секунд в ионосферу радиосигналы на длине волны 31,4 м, услышали в ответ на них радиоэхо с таким временем задержки: 8, 11, 15, 8, 13, 3, 8, 8, 8, 12, 15, 13, 8 и 8 секунд. Лунен попытался объяснить результаты этого опыта. Суть его интерпретации проще всего изложить, если перечислить все предположения, последовательно использованные им.

**1. Серия варьирующих времен запаздывания радиоэха в опыте Халса и Штермера — это послание космического зонда, точнее, его «визитная карточка», понять которую можно, если построить график «номер отправленного сигнала — время задержки радиоэха» и сравнить его с подходящим участком звездного неба.**

**2. Шесть точек этого графика, лежащих справа от вертикального восьмисекундного барьера, идентифицируем как неполное созвездие Волопаса.**

**3. Расположенную на графике слева от барьера точку трехсекундного радиоэха считаем звездой ε Волопаса, выделенной из созвездия с целью указать нам, что зонд отправлен именно от этой звезды.**

**4. Различие расстояний между Арктуром и ε Волопаса на звездной карте и на графике можно объяснить большим собственным движением Арктур, если предположить, что зонд передал нам изображение своего созвездия, «сфотографированное» им много лет назад, сразу по прибытии к Земле.**

■ *График Лунена. Если расположить сигналы радиоэха в соответствии с их временем задержки, то семь точек вытянутся в вертикальный барьер, правее которого шесть точек образуют конфигурацию, весьма напоминающую рисунок созвездия Волопаса на современных звездных картах. Левее барьера лежит только одна точка. Если эту точку зеркально перенести вправо от барьера, то ее новое местоположение почти совпадает со звездой ε Волопаса*

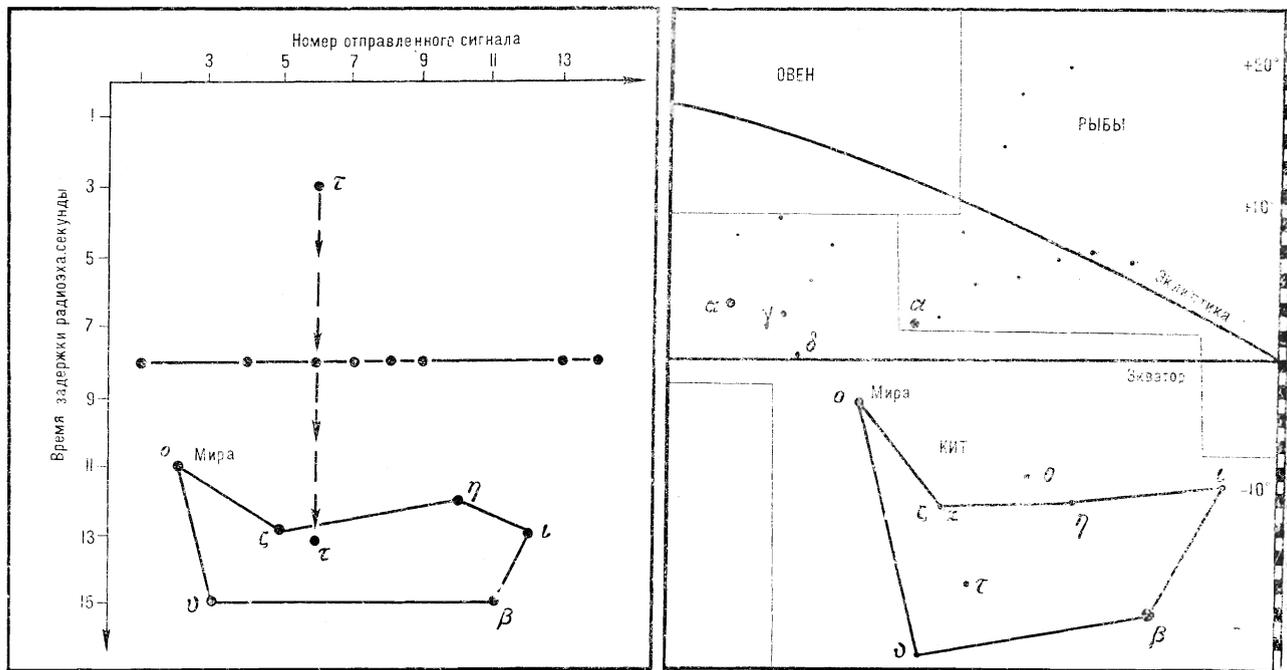
■ *Созвездие Волопаса*

Интерпретация радиоэха, предложенная Луненом, может удовлетворить далеко не каждого, и прежде всего потому, что она неоднозначна. На графике Лунена точку трехсекундного радиоэха можно вполне считать не звездой ε Волопаса, а Арктуром. Можно попытаться идентифицировать график Лунена с другим созвездием или даже вообще по-другому построить график.

Звезда ε Волопаса — двойная. Ее компоненты: красный гигант и спектрально-двойная звезда — объекты, мало подходящие для развития цивилизации на планете, если таковая имеется вблизи них.

Удивляет отсутствие на графике Лунена ближайших к ε Волопаса звезд σ и ρ, сравнимых по блеску с имеющейся на графике звездой ζ Волопаса. В то же время на фоне отмеченной неполноты созвездия Волопаса поражает многообразие вертикального восьмисекундного барьера. Трудно поверить, что он был сооружен только для выделения звезды ε Волопаса. Связать же барьер со звездами, расположенными слева от главных звезд созвездия Волопаса, невозможно.

Все эти недостатки и побудили ме-



ня искать новую интерпретацию радиозеха.

### ЗОНД ОТ $\tau$ КИТА

При построении графика «номер отправленного сигнала—время задержки радиозеха» мы ничем не ограничены в выборе направлений координатных осей. Поэтому для упоминавшейся серии радиозеха можно построить и другой график. Присмотревшись внимательно к шести точкам, лежащим ниже восьмисекундного барьера (теперь горизонтального), каждый, кто видел в кульминации созвездие Кита, обязательно отметит сходство их конфигурации с этим созвездием. Далее, следуя идее Лунена, прежде всего выдвигаем предположения.

1. Серия радиозеха в опыте Халса и Штермера—это послание космического зонда, для расшифровки которого строим график и сравниваем его с подходящим участком звездного неба.

2. Шесть точек этого графика, лежащих ниже восьмисекундного барьера, идентифицируем как неполное созвездие Кита.

Заметим, что о полноте или неполноте созвездия можно говорить лишь с нашей, земной точки зрения. Как известно, в прошлом различные народы объединяли звезды в созвездия по-разному. Создатели зонда в своем космическом послании, по-видимому, должны указать лишь самые яркие объекты, окружающие звезду, от которой послан зонд. Представляется более вероятным, что изображение их созвездия (вместе с программой его передачи) было заложено в память зонда перед отправкой. А значит, вид их созвездия с Земли должен быть рассчитан на основе астрономических наблюдений. Ошибки этих наблюдений и расчетов, без-

условно, отразятся на нашем графике. Кроме того, нельзя забывать и об ошибках в опыте Халса и Штермера. Моменты отправления радиосигнала и возвращения радиозеха вряд ли фиксировались в 1928 году с точностью, лучшей  $\pm 1$  секунды. Все это, включая собственное движение звезд за время перелета зонда к Земле, искажения на звездных картах, связанные с построением плоских картин сферического небосвода, должно объяснять несовпадение относительных положений «звезд» на графике и звезд на карте.

3. Лежащая выше барьера точка трехсекундного радиозеха—это звезда  $\tau$  Кита, выделенная из созвездия с целью указать нам, что именно от нее и послан космический зонд.

Действительно, перенос этой точки ниже барьера дает вполне удовлетворительное попадание ее внутрь фигуры из шести «звезд». Напомним, что сходство  $\tau$  Кита с нашим Солнцем, одиночность звезды и ее близость к нам (11,8 световых лет) давно заставили астрономов обратить на нее особое внимание. А в 1960 году, осуществляя проект «Озма», радиоастрономы несколько месяцев с на-

График, построенный автором статьи. Изменение направления координатных осей сильно меняет вид графика Лунена. Конфигурация точек, лежащих ниже барьера, теперь напоминает рисунок созвездия Кита, а зеркальное отражение выделенной точки попадает примерно туда, где находится звезда  $\tau$  Кита

Созвездие Кита



ГИПОТЕЗЫ.  
ДИСКУССИИ.  
ПРЕДЛОЖЕНИЯ

деждой ждали от  $\tau$  Кита радиосигналов на длине волны 21 см.

**4. Восьмисекундный горизонтальный барьер — это отрезок либо небесного экватора, либо эклиптики для земного наблюдателя.**

Мысль об этом возникает при сравнении нашего графика с картой звездного неба. Не только конфигурация шести точек на графике напоминает рисунок созвездия Кита, но и шесть соответствующих звезд последнего располагаются относительно экватора и эклиптики примерно так же, как шесть точек графика относительно барьера. Однако маловероятно, чтобы с расстояния в 11,8 световых лет удалось измерить угол наклона земной оси к плоскости земной орбиты (а значит, узнать, как проходит небесный экватор землян среди звезд). Скорее всего, барьер — это отрезок эклиптики, которая доступна определению с гораздо больших расстояний, чем 11,8 световых лет. Кстати, несоответствие наклонов барьера и эклиптики к линии, соединяющей звезды  $\beta$  и  $\nu$  Кита, можно, например, объяснить тем, что с  $\tau$  Кита скорее всего доступна определению лишь средняя орбитальная плоскость для всех планет Солнечной системы (и вряд ли можно узнать число этих планет). Не исключено, что когда составители космического послания решились привести в нем отрезок эклиптики для облегчения идентификации их созвездия, им и «пришло в голову» использовать получившийся барьер для выделения  $\tau$  Кита.

**5. Семь точек барьера и точка пересечения перпендикуляра, опущенного из трехсекундной точки на барьер, — это сообщение о существ-**

**вовании восьми планет около  $\tau$  Кита.**

Такая интерпретация точек, составляющих барьер, возникает уже потому, что в барьере кажутся лишними две правые точки, соответствующие тринадцатому и четырнадцатому радиоэху. Следовательно, их добавление в данную серию радиоэха (а началом другой, повторной серии они не могут быть) понадобилось для увеличения уже имевшегося числа точек. С какой целью? Здесь надо заметить, что космическое послание, вообще говоря, обязательно должно быть максимально простым для шифровки и дешифровки и максимально информативным. Поэтому на нашем графике ничто не должно упускаться из виду. Даже точку пересечения перпендикуляра, используемого для выделения  $\tau$  Кита из созвездия, надо причислить к семи точкам барьера. Кроме того, если мы уже знаем из послания, что зонд прибыл от звезды  $\tau$  Кита, то спрашивается, какую еще информацию мы могли бы извлечь из послания? Логично думать, что это будет сообщение о том, сколько планет вблизи  $\tau$  Кита и с какой из них отправлен зонд. Восемь точек барьера, по-видимому, говорят как раз об этом: число планет у  $\tau$  Кита равно восьми. Замечательно, что наше Солнце (звезда, чуть больших размеров, чем  $\tau$  Кита) имеет девять планет. Возможно, так и должно быть: у физически похожих звезд в сходных условиях образуется аналогичная планетная система.

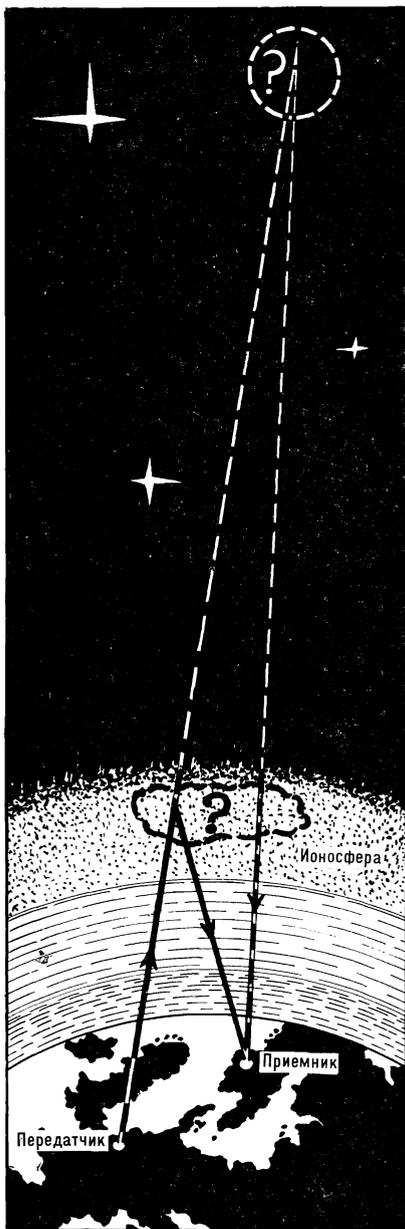
**6. Зонд отправлен с третьей по порядку удаленности от  $\tau$  Кита планеты.**

Судя по графику, точка, соответствующая планете, от которой был послан зонд, лежит на пересечении

перпендикуляра, проведенного из трехсекундной точки барьера. Это — третья точка на барьере, считая по порядку следования радиоэха. Примечательно, что наша Земля тоже третья по удаленности от Солнца планета. Без сомнения, такое совпадение не случайно. Как известно, зона «обитаемости» в окрестности звезды необходимо приходится на планету, не слишком близкую к своей звезде и не слишком далекую от нее. Не надо также забывать о сходстве  $\tau$  Кита и Солнца. Правда, сегодняшняя светимость  $\tau$  Кита почти вдвое меньше солнечной. Но это обстоятельство, возможно, свидетельствует о том, что  $\tau$  Кита много старше Солнца. Значит, планетная система  $\tau$  Кита тоже старше и, наконец, цивилизация, отправившая зонд, старше и более развита по сравнению с земной.

Итак, тот же метод рассуждений и те же исходные идеи, которыми воспользовался Лунен, приводят к другой интерпретации таинственного радиоэха. Какая из них правдоподобнее, сказать трудно. Очевидно, только новые эксперименты и астрономические наблюдения смогут привести к научному решению проблемы таинственного радиоэха.

## Модель контакта, а не доказательство зонда



Итак, новая интерпретация таинственного радиоэхо... Прежде всего, о чем идет речь? Еще в 20-х годах нашего столетия было обнаружено, что при определенных условиях сигналы передающих радиостанций, многократно отразившись от ионосферы, возвращаются в исходную точку и могут быть зарегистрированы спустя некоторое время после основного сигнала как своеобразное радиоэхо. Время запаздывания для таких эхо составляет доли секунды. Однако отмечены и очень редкие случаи эха с более длительными задержками — от нескольких секунд до нескольких десятков секунд. Это явление иногда называют «парадоксом Штермера» или «мировое эхо», очень часто добавляют эпитет «загадочное» (оно и в самом деле не имеет еще удовлетворительного объяснения). В научной же литературе употребляется более скромный термин — LDE (long-delayed echoes — радиоэхо с длительными задержками).

В 1927—1929 годах известный норвежский геофизик профессор К. Штермер в сотрудничестве с доктором Ван дер Полом и инженером Й. Халсом организовали серию экспериментов для изучения LDE. Передатчик радиостанции в Эйндохене (Голландия), работающий на волне 31,4 м, передавал в определенной последовательности импульсы, которые регистрировались Халсом в Осло. Не все детали этого эксперимента сохранились до настоящего времени, не все данные были опубликованы. Насколько можно судить по публикациям, первоначально каждый сигнал представлял собой последовательность трех точек Морзе. Эти сигналы повто-

рялись каждые 5 секунд. В сентябре 1928 года режим передатчика был изменен: промежуток времени между сигналами увеличился с 5 до 20 секунд. Днем 11 октября 1928 года Халс и Штермер зарегистрировали длинную последовательность эха; сначала время задержки составляло 3 секунды, затем 4 секунды, потом возросло до 5 секунд, а после этого стало беспорядочно меняться (!) от 5 до 18 секунд.

Получив сообщение Штермера о наблюдавшемся явлении, Ван дер Пол снова изменил режим передатчика, увеличив интервал между сигналами до 30 секунд. В тот же вечер 11 октября 1928 года он зарегистрировал 14 эхо с временами задержки, которые колебались между тремя и 15 секундами. 24 октября 1928 года при сильных атмосферных помехах было принято 48 эхо с временами задержки от трех до 30 секунд. Затем LDE наблюдались 14, 15, 18, 19 и 20 февраля 1929 года; 19 и 20 февраля LDE были зарегистрированы также английскими наблюдателями. Все это время передатчик в Эйндохене работал в прежнем режиме. 28 февраля 1929 года была передана новая серия из девяти сигналов: — —, — —, — —, — —, — —, — —, — —, — —, — —. Интервалы между сигналами по-прежнему составляли 30 секунд. Эхо точно передают эту последовательность сигналов, задержки меняются от трех до 30 секунд, за исключением первого сигнала, для которого задержка была 3,5 минуты. Радиоэхо от передатчика в Эйндохене регистрировалось несколько раз в апреле 1929 года, однако подробных отчетов об



ГИПОТЕЗЫ,  
ДИСКУССИИ,  
ПРЕДЛОЖЕНИЯ

этом не сохранилось. В октябре промежутки времени между сигналами вновь увеличился до 1 минуты, было замечено несколько последовательностей LDE. 7 ноября 1929 года эксперимент в Эйндрховене был прерван.

Интересное исследование LDE выполнили Ж. Голль и Г. Талон в мае 1929 года во время работы французской экспедиции, наблюдавшей солнечное затмение в Индокитае. Установленный на борту судна передатчик мощностью 500 вт генерировал на волне 25 м последовательность сигналов с интервалом 30 секунд. Чтобы облегчить распознавание сигналов, использовалась модуляция тона в определенной музыкальной последовательности. Были зарегистрированы длинные серии LDE с переменной временной задержкой.

Наблюдения французских исследователей, как и наблюдения Ван дер Пола, Халса и Штермера, не нашли в то время удовлетворительного объяснения. Действительно, минимальной задержке, равной трем секундам, соответствует расстояние 450 тыс. км от Земли, то есть отражающая материя должна располагаться далеко за пределами земной атмосферы, где-то в районе лунной орбиты. Между тем мощность эха превышала треть мощности сигнала, что не соответствовало ожидаемой мощности при естественном отражении от объекта, находящегося на расстоянии Луны или дальше. Еще сложнее объяснить изменение задержки эха. Если оно связано с перемещением отражающей материи в пространстве, скорость ее движения должна быть слишком высокой. И уж совсем труд-

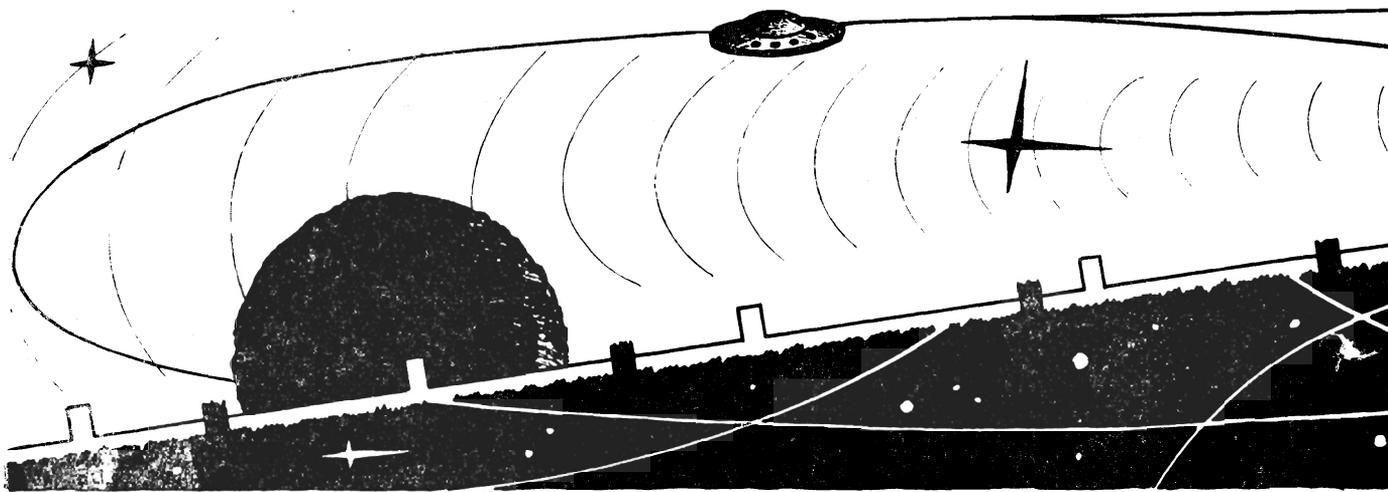
но было представить, как возникает двойное и тройное эхо (от одного и того же сигнала). Тайна мирового эха осталась неразгаданной.

В 1934 году LDE наблюдал английский исследователь Е. Эплтон. Позднее сильно возросший уровень радиопомех стал препятствовать регистрации LDE. В 1947—1949 годах К. Будден и Дж. Ятис попытались исследовать радиоэхо на волне 14,5 м и не обнаружили его. Об удивительном феномене постепенно забыли, хотя время от времени радиолюбители все-таки наблюдали эхо от своих собственных передач (регистрировалась разговорная речь или сигналы Морзе, повторенные через несколько секунд). Как можно судить по этим сообщениям, область частот, в которой наблюдаются LDE, простирается от 0,8 до 140 Мгц.

В 1967 году изучение LDE началось в Стэнфордском университете (США) под руководством профессора Ф. Кроуфорда. Реальность феномена была подтверждена. Правда, в Стэнфорде, в отличие от 20-х годов, не наблюдались длинные последовательности эха. Особенно часто встречается эхо с задержками, приблизительно равными 2 и 8 секундам. Обнаружено, что частота эха смещается на десятки герц по сравнению с частотой исходного сигнала, а временной промежуток между импульсами в сигнале эха меньше, чем в исходном. Согласно Кроуфорду, LDE возникают в ионосфере в результате сложного механизма преобразования электромагнитных волн в плазменные. Двигаясь по силовым линиям геомагнитного поля, плазменные волны в конце концов разрушаются и

освобождают «вмороженную» в них электромагнитную волну, которая и наблюдается в виде эха. Таков один из возможных механизмов LDE.

Анализируя имеющиеся данные об LDE, английский астроном Лунен обращает внимание на некоторые особенности штермеровских эхо по сравнению с эхо, исследованными в Стэнфорде. Во-первых, эхо, наблюдавшиеся в 20-х годах, были свободны от временного сжатия и частотных (доплеровских) искажений, которые обусловлены движением ионосферных слоев. Во-вторых, интенсивность штермеровских эхо оставалась постоянной независимо от времени запаздывания. Этот результат довольно трудно понять, ведь чем дольше путешествует волна, чем большее расстояние она проходит до того, как возвратится в исходную точку, тем меньше должна быть ее интенсивность. Наконец, имеются данные, указывающие на связь штермеровских эхо с точками Лагранжа в системе Земля—Луна (время наблюдения LDE коррелирует со временем прохождения точек Лагранжа через меридиан). Можно было бы предположить, что эхо возникают при отражении радиоволн от скопления метеорных тел в окрестностях точек Лагранжа. Однако переменность времени запаздывания и отсутствие изменений интенсивности с изменением времени запаздывания исключают такое объяснение. Возможно, в точках Лагранжа имеются облака плазмы, в которых действует механизм, подобный механизму Кроуфорда. Однако и такое объяснение, по мнению Лунена, встречается с определенными трудностями.



Исходя из этих соображений и опираясь на идеи Брейсуэлла об использовании зондов для контакта между космическими цивилизациями, Лунен выдвинул гипотезу о том, что эхо штермеровского типа представляет собой сигнал межзвездного зонда. Возвращая принятую с Земли передачу, зонд пытается таким путем вступить с нами в контакт. Тогда изменение времени запаздывания должно быть связано с передачей какой-то информации. Пытаясь расшифровать послание зонда, Лунен интерпретировал одну из последовательностей LDE, полученную вечером 11 октября 1928 года, как сообщение о том, что зонд прибыл в Солнечную систему около 13 тыс. лет назад со звезды в Волопаса.

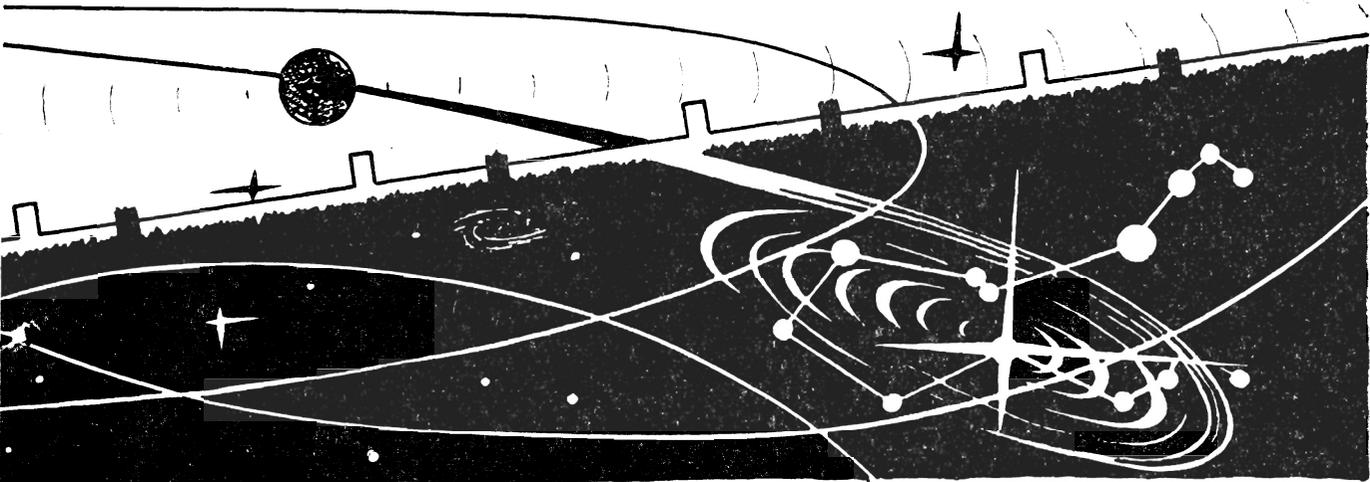
Работа Лунена появилась в 1973 году и вызвала значительный резонанс. Многие увидели в ней попытку доказать существование зонда. Между тем Лунен не ставил перед собой такой цели. Его схема рассуждений примерно такова. Мы не знаем истинную природу LDE. Есть некоторые основания полагать, что феномен может быть связан с зондом. Предположим, что это действительно так. Какова в таком случае должна быть логика контакта, каким способом зонд может передать людям свое послание и как нам подойти к его дешифровке? После того как этот вопрос поставлен, все дальнейшие

рассуждения имеют смысл лишь постольку, поскольку справедливо исходное предположение (ведь бессмысленно приписывать определенную логику естественному явлению). Поэтому та или иная интерпретация не может служить доказательством существования зонда, она уже основана на этом предположении. Следовательно, смысл и значение работы Лунена, как и работы Шпилевского, состоит не в доказательстве существования зонда, а в рассмотрении некоторой модели контакта (конечно, если бы было доказано, что это — зонд, выбор интерпретации приобрел бы большое значение).

Такая постановка вопроса представляется вполне правомерной, интересной и актуальной. Хорошо известен пример космического сообщения, составленного Ф. Дрейком для иллюстрации возможностей межзвездной радиосвязи. Одно послание, адресованное иным цивилизациям, находится на борту космического корабля «Пионер-10», который летит сейчас к границам Солнечной системы («Земля и Вселенная», № 4, 1972 г., стр. 29—31.— Ред.), другое — передано в направлении шарового скопления в созвездии Геркулеса («Земля и Вселенная», № 4, 1975, стр. 94—96.— Ред.). Во всех этих случаях мы имеем дело с посланием, **составленным людьми** от имени внеземных цивилизаций, как у Дрей-

ка, или для внеземных цивилизаций, как, например, на «Пионере-10». Но в реальных условиях контакта мы столкнемся с **чужим** посланием, и перед нами встанет задача понять его. Сигнал, который доставит его на Землю, не будет носить достоверной печати искусственности. Мы можем только подозревать его в этом на основании каких-то «улик» и должны попытаться понять послание, чтобы подтвердить обоснованность своих подозрений. Таинственные эхо — подходящая модель такого сигнала. Справедливость исходной гипотезы о существовании зонда можно проверить, используя предполагаемый код послания, разумеется, если он был правильно понят (для этого достаточно послать новый сигнал в коде зонда).

Как же подойти к разгадке послания? С. Лем обращает внимание на одну важную особенность в методологии контакта. «Ученые,— пишет он,— воспитаны на «игре с Природой», которая никак не является сознательным противником; она не допускает возможности, что за исследуемым объектом на самом деле стоит кто-то и что понять объект можно лишь постольку, поскольку удастся постичь ход рассуждения этого совершенно неизвестного создателя... Физику и в голову не придет, что кто-то нарочно так расположил электроны на орбитах, чтобы



люди ломали голову над их конфигурациями. Он прекрасно знает, что гипотеза о создателе орбит в его физике абсолютно излишняя, более того, вообще недопустима». Ученые, в отличие от теологов, никогда не покушались разгадывать мотивы, кроющиеся в закономерностях материального мира. Но в проблеме контакта «именно отгадывание мотивов, то есть занятие, дискредитированное всей историей эмпирических наук», может привести нас к успеху. Это не учитывают некоторые критики Лунена, упрекающие его в произвольной манипуляции данными. Представьте себе, что мы исследуем какое-то естественное явление и обнаруживаем, что некоторые экспериментальные точки отклоняются от ожидаемой теоретической зависимости. Если у нас есть уверенность, что это отклонение не связано с ошибками измерений, мы вынуждены отказаться от своей теоретической схемы. Любая попытка объяснить, почему эти точки отклоняются от ожидаемой кривой, будет рассматриваться как «подгонка под ответ». У природы не может быть никаких мотивов для выделения определенных точек, если только исходная зависимость действительно справедлива. В проблеме контакта такие мотивы легко представить, как это иллюстрируется, например, в схемах Лунена и Шпилевского. Более того, без этих мотивов и соответствующей

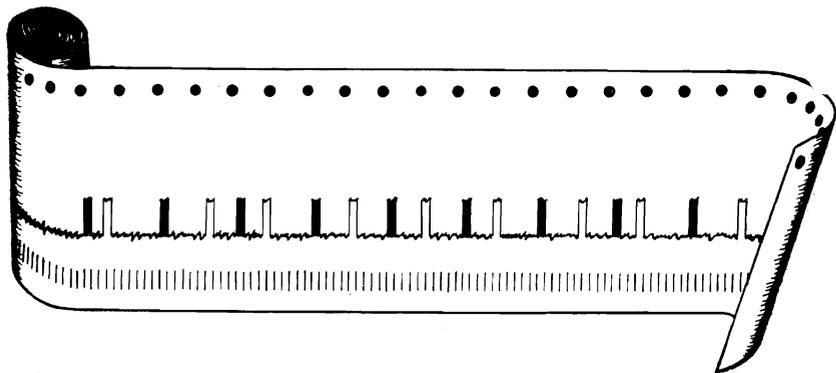
процедуры отгадывания контакт вообще может оказаться неосуществимым. Конечно, допуская определенный произвол, мы рискуем выпустить из бутылки джина неограниченных спекуляций. В этом состоит серьезная трудность. И все же мы должны помнить, что психология контакта отличается от психологии природоведения; процесс установления контакта скорее напоминает игру, поэтому к нему нельзя подходить с обычной меркой естествоиспытателя. После таких предварительных замечаний попытаемся проанализировать предложенную интерпретацию.

Первая мысль, которая невольно рождается: откуда им (волопасцам или таукитянам) известно, как мы проводим границы своих созвездий, ведь созвездия выделены на небе совершенно условно. Это, конечно, верное замечание. Но метод зонда не связан с нашими созвездиями. Изображая область звездного неба, зонд ограничивается только яркими звездами, объектами до определенной звездной величины и получает конфигурацию, которую мы отождествляем с тем или иным созвездием. Так Лунен отождествил конфигурацию зонда с группой звезд в созвездии Волопаса, а Шпилевский ту же конфигурацию — с группой звезд в созвездии Кита.

Сложнее обстоит дело с выбором единиц и масштабов. Использование

одинакового масштаба по обеим осям представляется вполне оправданным. Но откуда зонд знает, что мы измеряем время в секундах? Единица времени, использованная зондом, если и не точно равна секунде (учитывая ошибки измерения при приеме эха на слух), то во всяком случае порядка секунды. Очевидно, он определил ее из анализа сигналов, посылаемых с Земли (?).

Если нам задана произвольная конфигурация точек, мы почти всегда можем найти похожий узор на карте звездного неба. Каждый может убедиться в этом, просматривая, например, «Звездный атлас» А. А. Михайлова. Чем точнее воспроизводятся детали узора, тем меньше вероятность случайного совпадения. В связи с этим возникает вопрос о точности. Но как можно оценить точность, не договорившись с зондом ни о эпохе, ни о типе проекции? Очевидно, совпадение узора может быть только приближенным. Но тогда для исключения произвола очень важно снабдить карту определенными ориентирами. В этом смысле безусловно логичным кажется соображение Шпилевского о том, что восьмисекундный барьер должен соответствовать определенному кругу на небесной сфере — экватору или эклиптике. Хотя конфигурация точек довольно отдаленно напоминает созвездие Кита (совпадение с Волопасом, пожалуй,



## НОВЫЕ КНИГИ

### «ПРОБЛЕМА СЕТИ»

Книга с таким названием вышла под редакцией профессора С. А. Каплана в издательстве «Мир» в 1975 году. Это сборник трудов Первой советско-американской конференции по проблеме СЕТИ (Communication with Extraterrestrial Intelligence), состоявшейся в сентябре 1971 года в Бюраканской обсерватории («Земля и Вселенная», № 3, 1972, стр. 48—55). Значительная часть сообщений и дискуссий на конференции была связана с анализом формулы для числа цивилизаций в Галактике (формула Дрейка). В соответствии с этим, и большая часть книги посвящена подробному рассмотрению сомножителей, входящих в формулу Дрейка (главы книги — «Другие планетные системы», «Внеземная жизнь», «Эволюция разума», «Эволюция технических цивилизаций», «Продолжительность существования технически развитых цивилизаций», «Число технически развитых цивилизаций»). Кроме того, в книге подробно освещены следующие проблемы: «Методы контакта», «Содержание сообщения», «Последствия контактов», а также опубликован текст «Резолюции», которую приняла конференция. В числе «Приложений» к книге — статья С. Лема «По поводу проблемы внеземных цивилизаций» и «Указатель литературы, опубликованной в 1972—1974 годах».

Книга адресована астрономам, радиофизикам, философам, биологам, историкам и всем увлекающимся проблемами современной науки.

несколько лучше), это отождествление благодаря привязке к экватору представляется более уверенным. (Заметим, что Шпилевский допускает неточность: в двух случаях — для сигналов два и восемь — наблюдалось двойное эхо с задержками 11, 15 и 8, 12 секунд, соответственно. Поэтому по оси абсцисс он откладывает, строго говоря, не номер отправленного сигнала, а номер эха. Если отложить по оси абсцисс номер сигнала, а не эха, конфигурация точек изменится, но при том приблизительном сходстве с созвездием Кита, которое получается у Шпилевского, это изменение не существенно.)

Остроумными кажутся соображения о планетной системе зонда, хотя требование максимальной информативности не всегда обязательно. Главная задача зонда — сделать убедительный шаг к контакту, а когда контакт установлен, можно передать дополнительную информацию о своей планетной системе.

Итак,  $\tau$  Кита или  $\varepsilon$  Волопаса? С точки зрения наших сегодняшних представлений об условиях существования жизни в космосе,  $\tau$  Кита, конечно, предпочтительнее. Вспомним, что во всех проектах межзвездной связи эта звезда — первый кандидат. Но здесь кроется и коварная опасность: всегда можно подозревать подсознательный, произвольный элемент подгонки. В этом смысле позиция Лунена сильнее, ибо трудно заранее подозревать такую малоподходящую

звезду, как  $\varepsilon$  Волопаса. Любопытно, что если смотреть с  $\tau$  Кита, наше Солнце, как отмечает Лунен, будет видно в созвездии Волопаса. Может быть, послание зонда одновременно дает информацию и о том, как выглядит наша область неба, если смотреть от них, и о том, как выглядит их область неба, если смотреть от нас? Болгарские любители астрономии во главе с Илией Илиевым применили иной способ дешифровки послания («Техника молодежи», № 4, 1974, стр. 54) и пришли к выводу, что зонд прибыл со звезды  $\zeta$  Льва. Их способ рассуждения ненамного произвольнее и может показаться столь же «оправданным». Такая многозначность интерпретации настораживает. По-видимому, межзвездное послание должно строиться на каких-то иных логических принципах, исключающих любую неоднозначность.

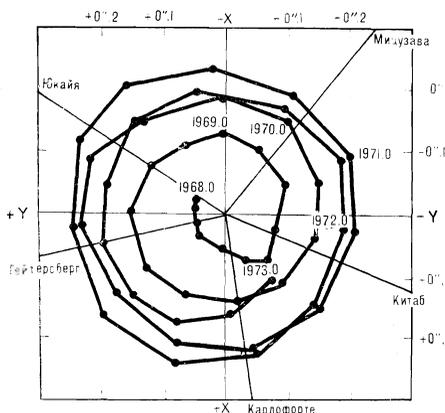
Предпринятые попытки раскрыть тайну мирового эха — поучительный и наглядный пример трудностей, возникающих в проблеме межзвездной связи.



## Китабская международная широтная станция

Во второй половине XIX века на многих европейских обсерваториях, в том числе и Пулковской, было обнаружено, что географическая широта места не остается постоянной: она то увеличивается, то уменьшается. В конце столетия было показано, что изменение широты места вызвано движением земных полюсов. Это явление предсказал еще Л. Эйлер во второй половине XVIII столетия, но обнаружить его удалось, лишь когда астрономические наблюдения достигли высокой точности.

Тщательные исследования многочисленных наблюдений, сделанных на разных обсерваториях, показали, что перемещение полюсов очень сложное. Полюс (мы будем говорить о Северном полюсе; примерно то же происходит и с Южным) описывает на земной поверхности спиралеобразную кривую, которая то закручивается, то раскручивается, не выходя пока что из квадрата со сторонами 26 м. Полюс движется в ту же сторону, в какую вращается Земля вокруг своей оси, то есть против часовой стрелки. Спиралеобразная кривая получается в результате сложения нескольких движений, имеющих различные периоды. Одно из них — круговое с периодом 14 месяцев, другое — эллиптическое с годичным периодом. Первое обусловлено свободными колебаниями тела Земли и зависит от ее внутреннего строения, второе вызвано сезонными изменениями на Земле, главным образом перемещением воздушных масс в различные времена года, а также выпадением и таянием снега на материках («Земля и Вселенная», № 6, 1970, стр. 4—7.— Ред.).



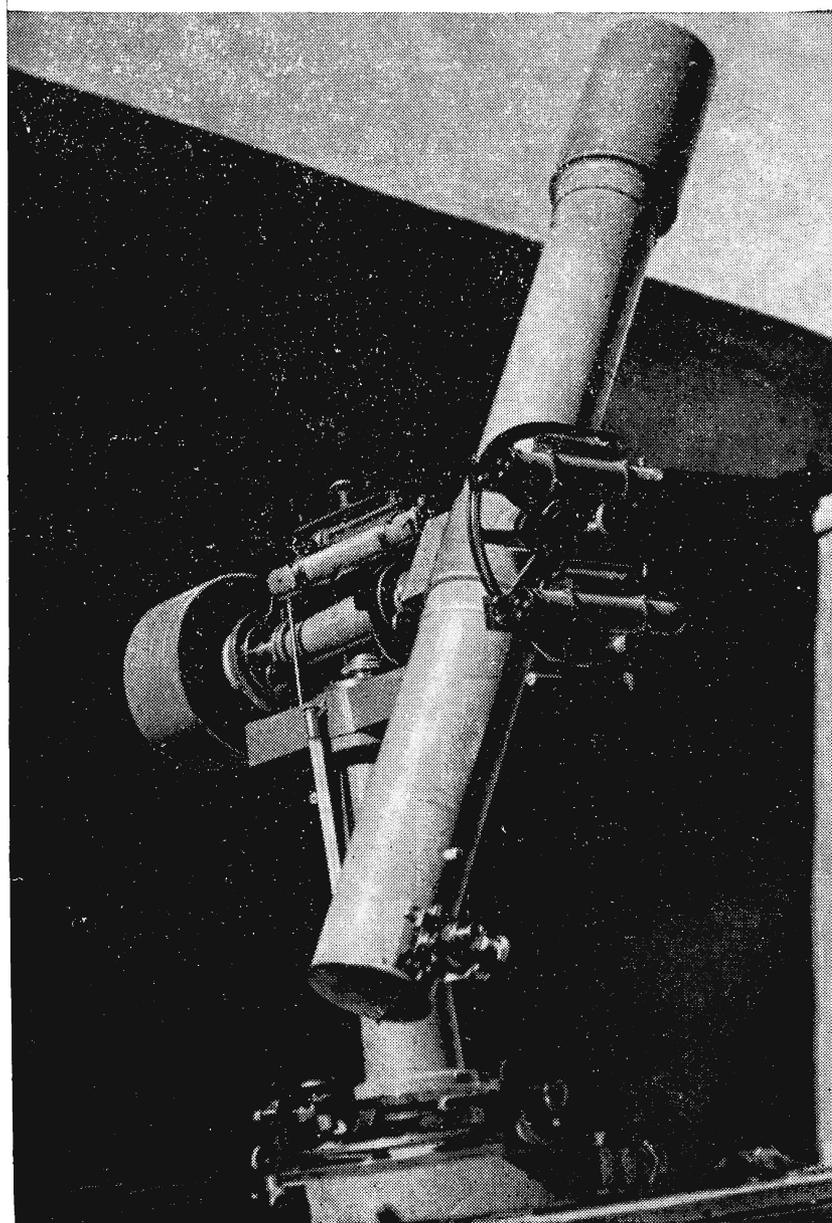
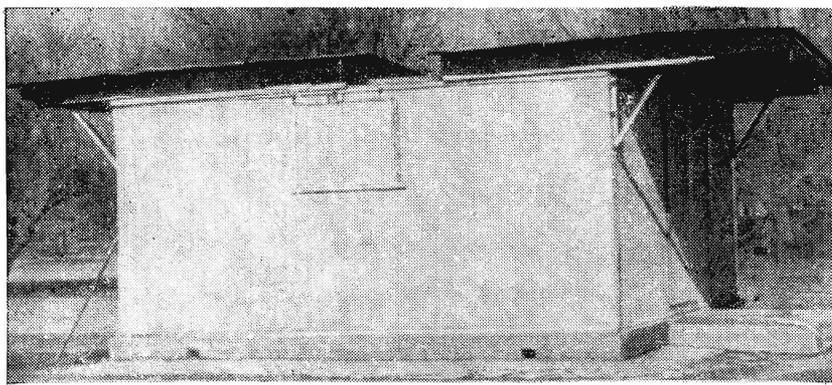
После того как была установлена изменяемость широты, при точных астрономических наблюдениях потребовалось учитывать движение земных полюсов. Определяя положение полюса на разных обсерваториях, произвольно расположенных на земном шаре, астрономы не получали нужной точности. Чтобы повысить точность, следовало наблюдать в разных пунктах земного шара одинаковым методом одни и те же звезды. А это возможно, когда станции находятся на одной и той же географической параллели. Так возникла мысль об организации Международной службы широты, которая приступила к регулярной работе в 1899 году.

На северной параллели 39°08' расположилось шесть широтных станций:

*Движение Северного полюса Земли с 1968 по 1973 год по данным Международной службы движения полюса. Точки соответствуют положению полюса на каждую десятую долю года. Показаны меридианы пяти Международных широтных станций*

три в США (Юкайя, Гейтерсберг и Цинциннати; последняя вскоре вышла из этой кооперации), в Италии (Карлофорте), Японии (Мицузава) и России (Чарджуй). Все станции имеют наблюдательные павильоны сходной конструкции, снабжены однотипными инструментами — зенит-телескопами и ведут наблюдения по единой программе. Каждая широтная станция полученные данные высылает в Центральное бюро Международной службы широты (ныне находится в Японии), где производится совместная обработка результатов наблюдений всех станций, входящих в эту службу. Из наблюдений звезд на станциях Международной службы широты определяются широты мест, а по изменениям этих широт строится кривая движения Северного полюса Земли. Окончательные результаты Центральное бюро публикует в специальных изданиях, которыми пользуются научные учреждения всего мира.

В 1919 году, в разгар гражданской войны в Средней Азии Чарджуйская широтная станция прекратила свою работу. Равномерность распределения по долготе широтных станций на международной параллели нарушилась. Поэтому было решено организовать в Советском Союзе новую широтную станцию взамен Чарджуйской. Инициатором этого мероприятия выступила Ташкентская астрономическая обсерватория. В декабре 1925 года на торжественном заседании, посвященном 500-летию юбилею знаменитого узбекского астронома Улугбека, директор обсерватории профессор М. Ф. Субботин предложил построить Международную широтную станцию в Узбекистане и присвоить



ей имя Улугбека. Правительство молодой Узбекской республики поддержало предложение ташкентского астронома. По поручению Наркомпроса Узбекской ССР организацию и постройку будущей широтной станции начал в 1927 году профессор А. Н. Невфедьев, назначенный ее директором.

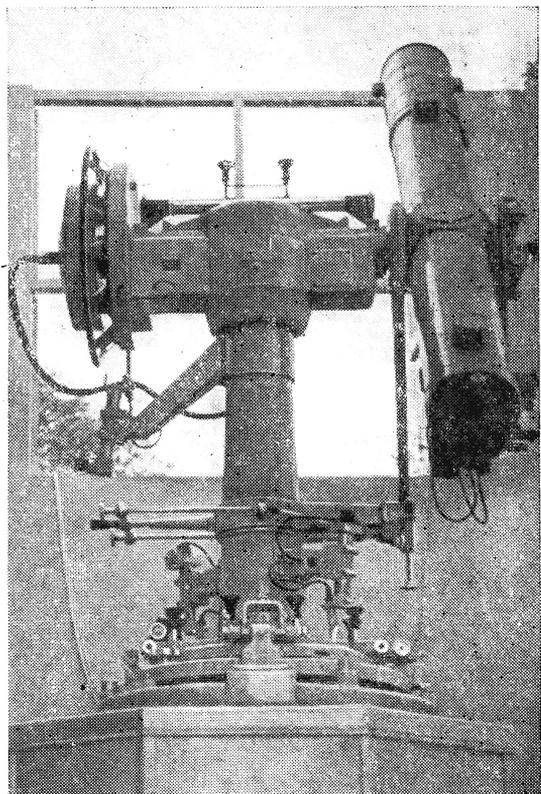
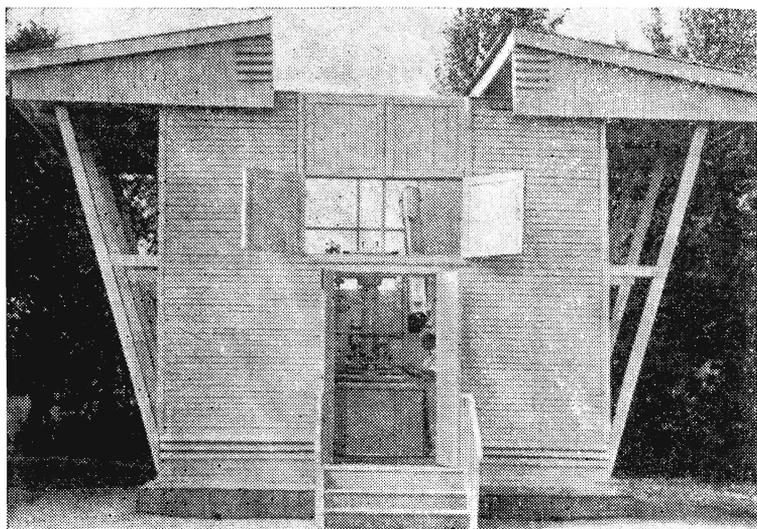
В 1926—1927 годах были отпущены средства для заказа инструментов и строительства станции. Ее решили строить в районном центре Китаб Кашкадарьинской области — единственном населенном пункте в Узбекистане, лежащем на параллели  $39^{\circ}08'$ . Первоначальное место для сооружения станции — сад Намазга — оказалось не совсем удачным. Геологическое обследование выявило, что сад Намазга находится в зоне выклинивания грунтовых вод, поэтому был выбран новый участок в 2 км севернее Китаба, на левом берегу реки Кашкадарья.

Строительство станции началось в июне 1928 года. И хотя не хватало квалифицированных рабочих и строительных материалов, к концу года были сооружены служебный дом с вычислительной, инструментальной лабораториями, библиотекой и двумя квартирами, подвал для часов и гравиметрических приборов, павильон мир (мира — марка для контроля за изменением азимута телескопа), деревянный павильон с двойными стенками для главного зенит-телескопа.

К этому времени были получены зенит-телескоп Бамберга (диаметр

■ Павильон зенит-телескопа Бамберга

■ Зенит-телескоп Бамберга



объектива 110 мм, фокусное расстояние 1290 мм), зенит-телескоп Ваншафа (диаметр объектива 68 мм, фокусное расстояние 870 мм), маятниковые часы Штрассер — Роде, хронометр Эриксона, приемные радиостановки, метеорологические приборы и инструменты для наблюдений по программе районных метеостанций. Зенит-телескоп Ваншафа и маятниковые часы ранее принадлежали Чарджуйской станции. В библиотеке появились первые книги и журналы, крайне необходимые для научной работы вдали от культурных центров. Сейчас библиотека насчитывает около 23 тыс. названий научной и справочной литературы.

По плану, составленному А. Н. Нефедьевым, широтная станция должна была заниматься проблемой изменчивости широты, исследовать долготу и ускорение свободного падения. Преждевременная смерть А. Н. Нефедьева (15 мая 1929 года) лишила

Китабскую широтную станцию ее первого директора. Преемником А. Н. Нефедьева стал приехавший из Иркутска М. Н. Стоилов.

В июле 1929 года в павильонах установили зенит-телескоп Бамберга и миры. В этом же году было проведено исследование инструмента. Оказалось, что телескоп имеет дефекты. В октябре 1930 года астроном Пулковской обсерватории В. Р. Берг, приехавший в Китаб для организации широтных наблюдений, разобрал инструмент и обнаружил, что труба телескопа плохо связана с осью. Исправить телескоп на месте не представлялось возможным. Пришлось везти его в Ташкент. Механики Ташкентской астрономической обсерватории



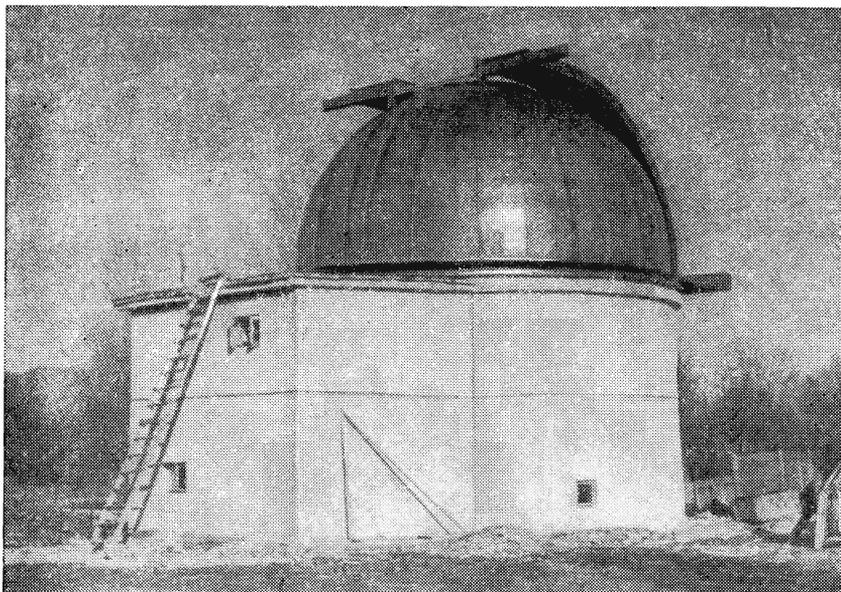
*Павильон зенит-телескопа ЗТЛ-180*



*Зенит-телескоп ЗТЛ-180*

под руководством В. Р. Берга устранили этот дефект. С 14 ноября 1930 года на зенит-телескопе начались систематические наблюдения по международной программе над изменчивостью широты. Эта работа ведется непрерывно до настоящего времени. День 14 ноября 1930 года принято считать датой основания Китабской международной широтной станции имени Улугбека.

В 1933 году Китабская широтная станция приняла участие во второй Международной долготной работе, предпринятой обсерваториями различных государств для изучения дрейфа континентов. И. Н. Язев, М. Н. Стоилов и Л. Н. Щиржецкий производили наблюдения на пассажном инструменте Бамберга, полученном в 1930 году. Результаты этой работы были опубликованы в 1939 году в Париже. Впоследствии пассажный инструмент передали Службе времени Ташкентской астрономической обсерватории.



В 1934 году Китабская широтная станция получила от Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга 11-дюймовый рефрактор Мерца. В 1936 году закончилось строительство павильона для него, и сотрудники станции приступили к наблюдениям переменных звезд.

Благоприятные астроклиматические условия Китаба привлекали многих советских специалистов. Так, в течение нескольких лет профессор Г. А. Тихов и М. Д. Лаврова работали на установленном в Китабе бредихинском астрографе. Осенью 1934 года на широтной станции профессор В. Г. Фесенков наблюдал зодиакальный свет, Млечный Путь и темные туманности.

С ноября 1937 года Китабская широтная станция стала филиалом Ташкентской астрономической обсерватории. В это время М. Н. Стоилов оставил работу на станции и ее директором был назначен Г. А. Ланге. С октября 1954 года станцией руководит автор этой статьи.

■  
*Павильон двойного астрографа Цейсса*

Новый период в деятельности Китабской широтной станции начинается с середины 1957 года, когда развернулись работы по программе Международного геофизического года. Станция получила широкоугольный зенит-телескоп ЗТЛ-180 отечественного производства (диаметр объектива 180 мм, фокусное расстояние 2360 мм). Сотрудники станции и Ташкентской астрономической обсерватории установили телескоп в специально сооруженном павильоне в июне 1957 года. Регулярные наблюдения на нем ведутся с 17 августа 1957 года по той же международной программе, что и на зенит-телескопе Бамберга. Постановка таких наблюдений преследовала три цели: получение данных о периодических изменениях широты, необходимых для вычисления координат полюса; изучение природы неполярных изменений широты; выяснение характера медленных изменений широты, вызванных вековым движением полюса.

Китабская широтная станция накопила богатый наблюдательный материал, представляющий большую научную ценность. Используя эти наблюдения, сотрудники станции выполнили ряд исследований по проблеме широты, которые опубликованы в

различных астрономических изданиях. Наибольший вклад в наблюдения широты внесли Л. Н. Щиржецкий, Д. И. Кравцев, В. С. Образцов, Г. А. Ланге, А. М. Калмыков, В. С. Шухоров, Г. В. Гриневич, Б. И. Зыков, С. К. Эшонкулов, Б. Махматгазиев. Одновременно на Китабской станции проводились наблюдения переменных звезд, метеоров и комет, зодиакального света, покрытий звезд Луной.

Китабская широтная станция принимает участие и в работе Международной срочной службы широты, организованной в 1956 году при Парижской обсерватории. Еженедельно в Париж отправляются результаты наблюдений широты Китаба, полученные на двух инструментах.

В августе 1971 года Китабскую широтную станцию посетил директор Центрального бюро Международной службы широты С. Юми (Япония). Были обсуждены и согласованы вопросы, связанные с дальнейшим развитием работ Китабской широтной станции.

В последние годы большое внимание уделяется изучению дрейфа континентов. Для решения этой проблемы нужно перестроить всю организацию астрономических наблюдений («Земля и Вселенная», № 4, 1975, стр. 6—14.—Ред.). Их следует проводить на фотографических зенитных трубах, установленных на одной параллели. Эти инструменты дают возможность по наблюдениям одних и тех же звезд определять и широту, и долготу. XIII ассамблея Международного астрономического союза в Праге в 1967 году рекомендовала оснастить зенитными трубами все станции Международной службы ши-

Доктор физико-математических наук Ю. П. НЕПРОЧНОВ

## «Гломар Челленджер» в Черном море

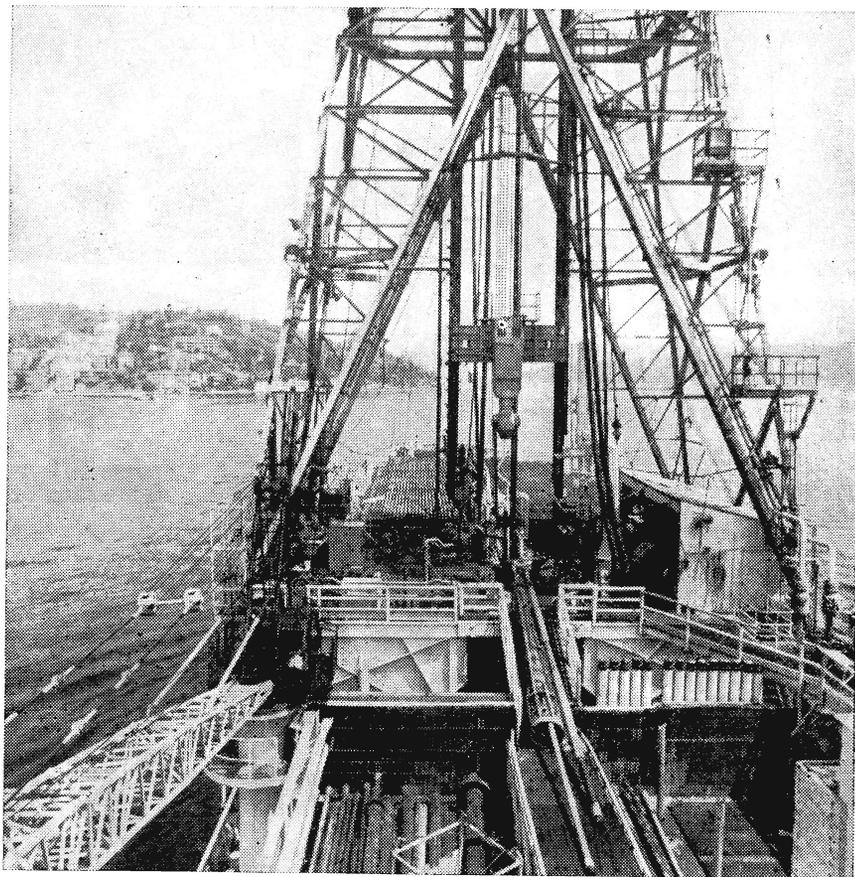


ЭКСПЕДИЦИИ

роты. В Китабе установлена фотографическая зенитная труба Пулковской обсерватории и на ней начаты программные наблюдения.

На широтной станции сооружен павильон для двойного астрографа Цейсса. На этом инструменте ведутся работы по звездной астрономии. В октябре 1970 года на Китабской широтной станции было проведено Всесоюзное совещание по проблеме построения инерциальной системы координат и организации наблюдений на зенитных трубах («Земля и Вселенная», № 1, 1972, стр. 50—53.—Ред.). На совещание собрались крупные специалисты из астрономических учреждений СССР. День 16 октября 1970 года организаторы совещания посвятили 40-летию непрерывной работы Китабской международной широтной станции имени Улугбека. В торжественной обстановке была закреплена международная параллель 39°08'. В день 40-летнего юбилея станции участники совещания и почетные гости посадили 40 дубовых деревьев.

Сотрудники станции активно занимаются пропагандой науки среди населения. Станцию посещают экскурсанты из района, области, республики и даже соседних республик. Их знакомят с работой широтной станции, демонстрируют в телескоп интересные небесные объекты.

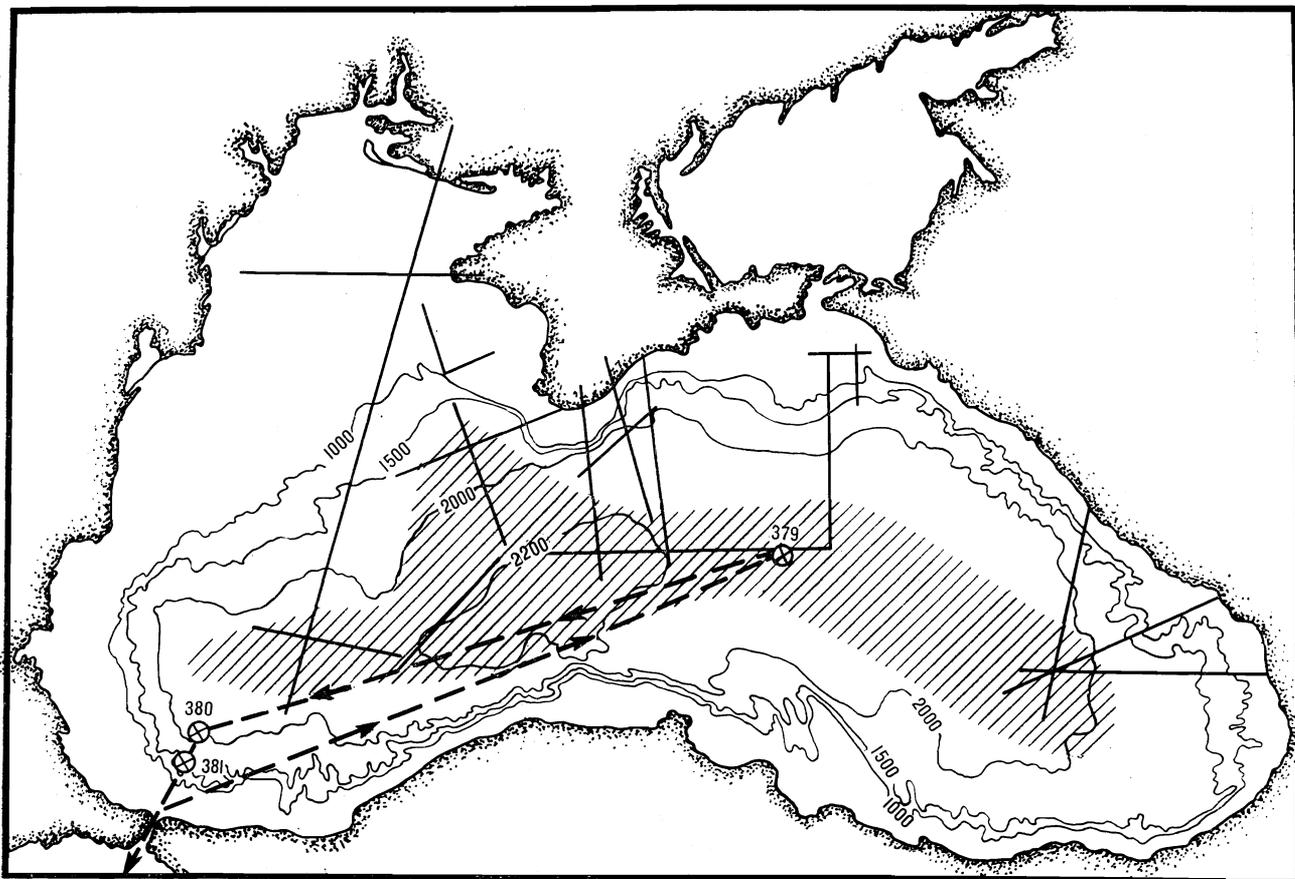


С 21 мая по 11 июня 1975 года в Черном море проводилась необычная экспедиция: огромное океанское буровое судно «Гломар Челленджер» (США) впервые осуществляло глубоководное бурение в уникальной по своему геологическому строению впадине.

Черное море уже давно привлекает пристальное внимание геологов

и геофизиков: по результатам многочисленных экспедиционных исследований написаны сотни научных работ о геологическом строении этого района. Особенно большой вклад в изучение геологии Черного моря внесли

Буровое судно «Гломар Челленджер» в Босфорском проливе



советские ученые, которые детально исследовали рельеф дна, глубинное строение земной коры, особенности физических полей, сейсмичность и донные осадки.

Окруженная почти со всех сторон высокими горами, котловина Черного моря имеет удивительно ровное дно, опущенное на глубины 2000—2200 м ниже уровня моря, и довольно крутые склоны. Геофизические исследования, выполненные Институтом океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР и другими организациями, по-

казали, что земная кора под этой впадиной во многом сходна с океанической: в центральных районах Черного моря, как и в океанических котловинах, отсутствует типичный для континентов гранитный слой. Но, в отличие от океанов, в Черноморской впадине обнаружен очень толстый слой осадков — до 10—15 км. Изучить строение и состав осадочной толщи Черного моря — значит решить первостепенную задачу, так как в осадках запечатлены все этапы геологической истории этого района. Геофизикам удалось расчленить осадки Черного моря на несколько слоев с разными физическими параметрами, которые, по-видимому, связаны с изменениями условий осадконакопления, литологического состава осадков и пород.

На основе этих данных, а также геологических материалов об окружающей земле геологи и геофизики

высказали предположение о возрасте, истории развития и механизме образования Черноморской впадины, о природе основных слоев осадочной толщи и земной коры. Идут научные споры о том, является ли Черноморская впадина реликтом древнего океана Тетис, либо она возникла на месте континентальной коры, преобразованной какими-то процессами или раздвинутой, как это предполагается, например, для Атлантики.

Для решения всех научных споров пока недостаточно фактических данных, поскольку непосредственному геологическому изучению были доступны лишь верхние 10—15 м осадков, куда проникали грунтовые трубки. Поэтому ученые многих стран, включая и Советский Союз, осуществляющие Проект глубоководного бурения в океане (ДСДП) на судне «Гломар Челленджер», внесли пред-

■  
*Схема расположения точек бурения в Черном море: прямые линии — профили глубинного сейсмического зондирования, штриховка — область без гранитного слоя земной коры, кружки — точки бурения, пунктирная линия — маршрут «Гломара Челленджера»*



ЭКСПЕДИЦИИ

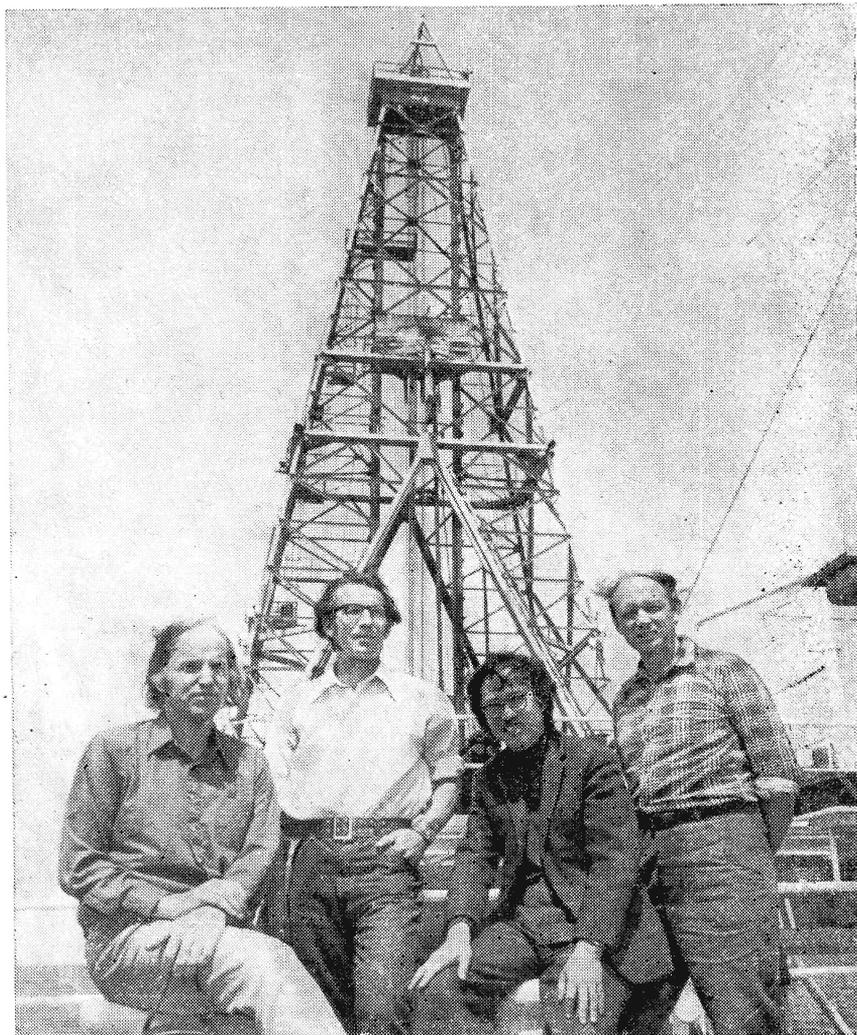


ложение о глубоководном бурении в Черном море. Научная программа бурения готовилась и обсуждалась два года и была одобрена комиссиями и руководством ДСДП. Предполагалось бурение в двух-четырех точках глубоководной впадины Черного моря в течение трех недель во второй половине 42-го рейса «Гломара Челленджера» (первая половина 42-го рейса проходила в Средиземном море). Основой для выбора точек бурения послужили геофизические материалы многих советских экспедиций, а также геологические и геофизические данные американской экспедиции на судне «Атлантис II» (1969) и французской экспедиции 1973 года.

В черноморском рейсе «Гломара Челленджера» ученые ожидали данных о литологии, биостратиграфии, геохимии неогено-четвертичных осадков, об изменениях климата и гидрологического режима моря.

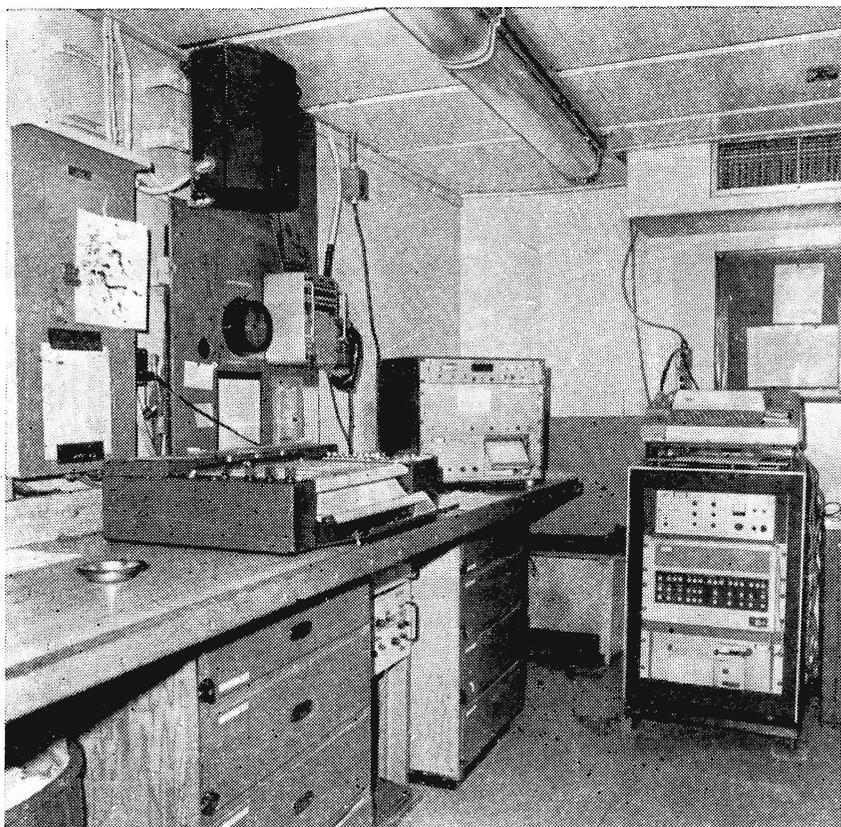
В экспедиции участвовали 13 ученых разных специальностей (седиментологи, геохимики, геофизики, палеонтологи) из США, СССР, Швейцарии, ФРГ и Турции, большинство из которых до этого много лет посвятили исследованиям геологии Черного моря. Научными руководителями рейса были Д. Росс (Океанографический институт в Вудс-Холле, США) и Ю. П. Непрочнов (Институт океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР). Вторым советским участником экспедиции был Э. С. Тримонис, сотрудник Атлантического отделения Института океанологии.

«Гломар Челленджер» прибыл в Стамбул 21 мая после успешных работ в Средиземном море. В течение дня сменился научный состав, и суд-



но вышло из Босфорского пролива в Черное море. За три недели были пробурены скважины в трех точках глубоководной впадины (379, 380 и 381) — с максимальным проникновением в осадки, соответственно, на

Группа ученых на борту научно-исследовательского бурового судна «Гломар Челленджер»: слева направо — Э. Дигенс (ФРГ), Э. С. Тримонис (СССР), К. Ксю (Швейцария), Ю. П. Непрочнов (СССР)



624,5; 1073,5 и 503,5 м. С целью наиболее полного изучения разреза керн отбирали непрерывно.

Сжатые сроки экспедиции и очень большой объем первичной обработки кернов не позволили на борту судна в достаточной степени проанализировать все материалы бурения, однако даже предварительные исследования дали весьма интересные науч-

■  
*Геофизическая лаборатория*

ные результаты. Скважинами пройден полный плейстоценовый и, возможно, плиоценовый разрезы. Состав полученных при бурении осадков, ископаемая микрофлора и микрофауна позволяют в деталях проследить изменения климата в районе Черного моря за последний миллион лет. Так, установлено, что во время трех крупных ледниковых эпох окружающая суша была покрыта степной растительностью, во время теплых межледниковых периодов преобладали леса —

в осадках найдены споры и пыльца сосны, ели, дуба, вяза.

Периоды похолоданий сопровождались понижением уровня моря, связь Черного моря со Средиземным морем и океаном через Босфор прерывалась, происходило опреснение черноморских вод. 75% вскрытых скважинами осадков отлагались в озерных условиях. Во время теплых периодов связь Черного моря с океаном восстанавливалась, на дне накапливались типичные морские осадки.

Глубоководное бурение показало очень высокую скорость осадконакопления в четвертичное время — около 1 м в 1000 лет. Основные типы осадков: илы, глины, сланцы. В нижних горизонтах двух скважин встречены прослой твердых пород (известняки, доломиты). Значительную долю в разрезе составляют турбидиты — отложения, формирующиеся под влиянием придонных мутьевых потоков.

Поступавшие на дно органические остатки быстро захоронялись, образуя обширные скопления материала, способного со временем преобразовываться в нефтеподобные соединения. Почти все осадки содержат большое количество газов в основном метана и двуокиси углерода. Таким образом, материалы бурения важны для изучения начальной стадии преобразования органического вещества в углеводороды и последующего формирования нефтяных и газовых месторождений.

Сейчас осуществляются всесторонние исследования кернов в разных лабораториях Советского Союза и других стран. Результаты исследований будут подготовлены к опубликованию в конце 1976 года.



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

## Главный кратер метеорита Каали

Ничто не предвещало катастрофы. Неожиданно кипящий клубок необыкновенно яркого огня обрушился с неба на Землю. Тучей взметнулись вверх искры, комя земли, камни, обломки деревьев. Мощный взрыв, который только через тысячи лет люди смогут сравнить по силе с ядерным, потряс окрестности. Все потонуло в огненном вихре, запахло гарью. А когда ветер разогнал пыль и дым, среди ледниковых гряд и морен зияли жерла кратеров, оскалившиеся зубьями доломитовых плит. Многие века никто не нарушал покоя зарубцевавшихся «звездных ран»...

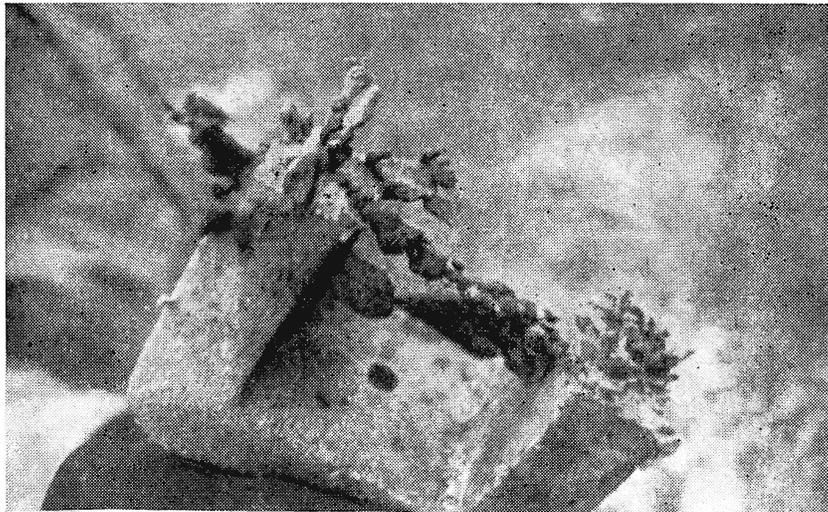
Происхождение большого озера и группы «сухих озер» на острове Саарема (Эстонская ССР) долгое время вызывало споры среди исследователей. Лишь в 1927 году эстонский геолог И. Рейнвальд, которому было поручено разобраться в природе кратеров, доказал их метеоритное происхождение. По немногочисленным и очень мелким железным осколкам, найденным в воронках кратерного поля Каали, было сделано заключение о принадлежности метеорита к классу грубоструктурных октаэдритов. Обнаружить осколки в главном кратере Рейнвальду не удалось, поэтому считали, что кратер возник при взрыве основной массы метеорита,



■  
*Главный кратер метеорита Каали  
теперь заполнен водой*

■  
*Вздыбленные пласты доломита в южной части вала главного кратера метеорита Каали*

Фото автора



имевшей космическую скорость, в то время как семь малых кратеров, содержащих осколки, относили к ударным воронкам, которые образовались механическим путем, без испарения и взрыва метеорита.

В 1960—1972 годах А. О. Аалоз, исследовавший это кратерное поле, показал, что воронки, несмотря на их малый размер (от 11 до 40 м) больше напоминают по структуре взрывные кратеры, нежели ударные (такие, как, например, воронки Сихотэ-алинского метеоритного дождя). Эстонские геологи изучали и строение главного кратера диаметром 110 м, но вновь метеоритное вещество, за исключением пыли, в нем обнаружить не удалось. Зато по найденным в шурфах углям был уточнен возраст кратеров — около 2700 лет.



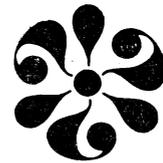
Экспедиция Московского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) начала свою работу на острове Саарема в 1972 году. Экспедиция изучала распределение выбросов вещества из кратеров. Оказалось, что основная масса осколков метеорита находится за пределами малых кратеров и их распределение имеет хорошо выраженную лучистую структуру. Лабораторное исследование осколков метеорита, расчет суммарной массы рассеянного вещества возле кратеров, строение самих кратеров — все указывало на взрывную природу малых кратеров и единый генезис всего кратерного поля. В то же время незначительные размеры, округлую с желобами и полостями форму осколков, их ненарушенную, несмотря на мощный процесс кратерообразования, внутреннюю структуру можно было объяс-

■  
*На магните — железные осколки метеорита Каали из главного кратера. Масса найденных осколков от 8,2 г и меньше*

Фото автора

■  
*Остатки лосиных рогов, обнаруженные в главном кратере, в слое брекчии. По-видимому, лось был убит ударом метеорита*

Фото С. Г. Калинин



ОТВЕТЫ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

нить, лишь допустив неоднородный состав метеорита. Желваки никелистого железа в метеорите, по-видимому, были разделены хрупкими прослойками. Это предположение подтвердилось и находками осколков метеорита в главном кратере, и находками в мелкодисперсном веществе громадного количества магнетитовых корочек и небольших шариков. Они легко слущивались с силикатной поверхности метеорита во время его прохождения сквозь атмосферу и легко образовывались при взрыве на земле.

В 1974 году у кратера № 2 диаметром 40 м экспедиция обнаружила конусы разрушения — специфические образования, найденные к настоящему времени у 19 астроблем (так часто называют теперь гигантские древние метеоритные кратеры). Конусы разрушения возникают в кратере, если скорость соударения метеорита с земной поверхностью не менее 10 км/с. Эта находка однозначно доказывала взрывное происхождение малых кратеров Каали.

Перед экспедицией 1975 года стояла задача тщательного обследования главного кратера и поиска в нем метеоритного вещества. Поиски были решено проводить методом шурфования на валу главного кратера, использовались для этого и траншеи, которые прорыли еще Рейнвальд и Аалоз.

В каждом из шурфов удалось найти осколки метеорита. Метеоритное вещество было обнаружено внутри главного кратера, на гребне вала и его внешних склонах. Всего из 8 м<sup>3</sup> породы извлекли около 100 г метеоритного вещества, причем самый

большой осколок имеет массу 8,2 г. Участники экспедиции обнаружили и большое количество крупных магнетитовых корочек различной толщины, с шариками и струйками на поверхности.

В шурфе, сделанном на восточном склоне главного кратера, в алогенной брекчии, на глубине около 60 см были найдены кости животного, засыпанного в момент образования кратера. Ненарушенная стратификация пород, укрепленных с поверхности корнями 500-летних ясеней, исключает возможность попадания костей в прошедшее после возникновения кратера время. Судя по остаткам рогов, это кости лося. Таким образом, впервые у исследователей кратерного поля Каали появилась возможность точной оценки возраста кратеров радиоуглеродным методом («Земля и Вселенная», № 1, 1976, стр. 45—51.—Ред.). Ведь в отличие от древесных углей, собственный возраст которых исчисляется столетиями (в настоящее время на валу кратера растут деревья, возраст которых около 500 лет), возраст животного, даже очень старого, редко превышает 20—30 лет. Кости переданы Комиссии по метеоритам АН ЭССР, где они будут подвергнуты тщательному изучению.

Исследования, проведенные экспедицией Московского отделения ВАГО на острове Саарема, помогли лучше понять происхождение кратерного поля Каали. Метеорит, сумевший до самой поверхности Земли сохранить скорость порядка 14 км/с, образовал здесь в сравнительно недавнее время группу малых взрывных кратеров.

**Руководитель экспедиции Московского отделения ВАГО В. И. КОВАЛЬ**

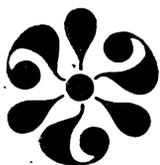
Из книги Ф. Ю. Зигеля «Невидимый космос» я узнал о том, что когда тень одного из больших спутников Юпитера проходит по диску планеты, на затененных участках инфракрасное излучение увеличивается в 30 раз. Не найдено ли объяснение этому интересному факту?

А. И. ЮЩУК  
г. Острог, Ровенская обл., УССР

По просьбе редакции на этот вопрос отвечает сотрудник Института астрофизики АН КазССР, кандидат физико-математических наук В. Г. ТЕЙФЕЛЬ.

В течение последнего десятилетия, благодаря успехам в разработке и создании чувствительнейших приемников инфракрасного излучения, тепловое излучение планет и их спутников исследовалось в сравнительно узких участках инфракрасного диапазона. До этого наблюдения, как правило, проводились только в широкой полосе длин волн 8—14 мкм, соответствующей «окну прозрачности» земной атмосферы. Инфракрасные наблюдения Юпитера, выполненные на крупнейших телескопах, привели к важным и интересным открытиям.

Прежде всего оказалось, что тепловое излучение Юпитера почти в 2,6 раза превосходит то количество энергии, которое поступает от Солнца и поглощается планетой. Облачный покров и атмосфера Юпитера отражают в среднем около 50% падающей на планету солнечной радиации. Следовательно, только половина поглощается солнечного излучения поглощается в атмосфере и идет на нагревание планеты. Если бы Юпитер нагревался лишь за счет поглощения



ОТВЕТЬ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

солнечной радиации, его эффективная температура, которая соответствует потоку теплового излучения, выходящего из планеты, составляла бы около 105K. Наблюдения же говорят о значительно большем тепловом излучении Юпитера, которому соответствует эффективная температура около 134K. Основная причина такого несоответствия заключается, по-видимому, в том, что планета обладает собственными источниками тепловой энергии. Вероятно, в процессе гравитационного сжатия Юпитера в его недрах накапливалась выделяющаяся при этом тепловая энергия. В результате температура недр планеты возросла до нескольких десятков тысяч градусов. Вынос тепла наружу происходит сравнительно медленно, так как находящиеся под высоким давлением в недрах планеты водород и гелий мало прозрачны для теплового инфракрасного излучения и обладают низкой теплопроводностью. Основным механизмом переноса тепла в недрах Юпитера должен быть связан с конвективными перемещениями масс нагретого вещества. Так или иначе, но можно полагать, что большая часть процессов, наблюдаемых в атмосфере и облачном покрове Юпитера, обусловлена внутренней энергетикой планеты в гораздо большей степени, чем притоком солнечного излучения. В пользу этого свидетельствуют и измерения теплового излучения на ночной стороне Юпитера с космического аппарата «Пионер-10». Приборы «Пионера-10» не обнаружили заметной разницы в температуре атмосферы на дневной и ночной сторонах планеты.

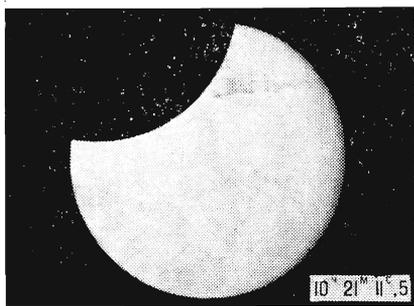
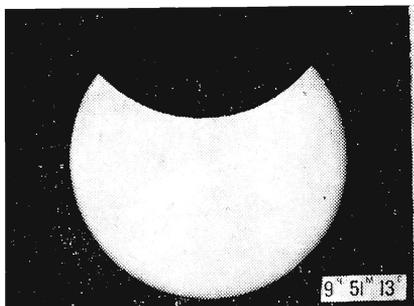
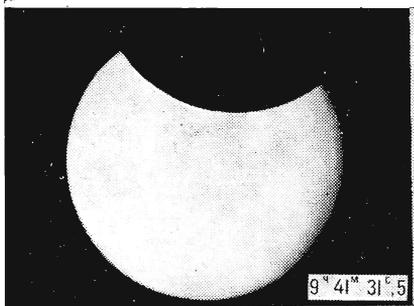
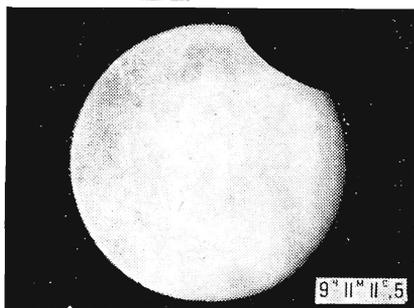
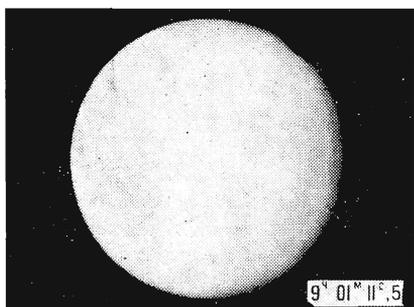
В отдельных участках теплового инфракрасного диапазона на диске

Юпитера наблюдаются довольно существенные колебания интенсивности излучения и соответствующей яркостной температуры. Это относится главным образом к участку спектра вблизи длины волны 5 мкм, где находится «окно прозрачности» юпитерианской атмосферы. Излучение в этой длине волны может выходить с больших глубин по сравнению с другими участками инфракрасного спектра, занятыми мощными полосами поглощения метана и аммиака. Вблизи 5 мкм тепловое излучение Юпитера, скорее всего, испытывает значительные вариации из-за различий в прозрачности видимого верхнего облачного покрова или нижнего, не наблюдаемого в видимых лучах облачного слоя, который предположительно образован сконденсированными парами воды, аммиака и других соединений. В этом же участке спектра недавно были открыты линии поглощения водяного пара, принадлежащие атмосфере Юпитера. Поскольку излучение на волне 5 мкм выходит из глубинных слоев, обнаружение в нем линий поглощения водяного пара не противоречит данным о вертикальном распределении температуры в атмосфере Юпитера. На высоте видимого облачного покрова Юпитера, где температура не превышает 160—170K, водяной пар должен вымерзать, но на больших глубинах, где температура достигает 250—300K, присутствие его считалось возможным и раньше, до открытия упомянутых линий поглощения.

Сейчас распределение яркостных температур по диску Юпитера исследуется детально в узких участках теплового диапазона. Первыми начали

такие эксперименты американские исследователи Б. Мюррей, Р. Уайлди и Дж. Уэстфол, которые вынуждены были вести измерения еще в широкой полосе длин волн от 8 до 12—14 мкм («Земля и Вселенная», № 1, 1972, стр. 2—9.—Ред.). В 1963 году они отметили аномалии в регистрируемом потоке теплового излучения, когда диафрагма инфракрасного фотометра «вырезала» на диске Юпитера тень одного из спутников. По их измерениям получалось, что в области тени температура атмосферы Юпитера повышается на несколько десятков градусов. Сообщение о столь удивительном явлении, естественно, заинтересовало многих исследователей. Были предложены различные, причем довольно экзотические объяснения природы этого эффекта. Но в конечном счете необходимость объяснений отпала, так как последующие наблюдения с более чувствительными приемниками и в узких спектральных интервалах ничего похожего не обнаружили. Скорее всего, получавшиеся аномалии были вызваны какими-то неучтенными инструментальными ошибками, а не реальными изменениями температуры в атмосфере Юпитера. Мы уже говорили, что тепловой режим атмосферы Юпитера определяется в основном внутренним теплом планеты, и поэтому трудно понять, каким образом очень кратковременное экранирование сравнительно небольшого участка планеты от солнечного излучения могло бы повлечь за собой резкое локальное изменение структуры атмосферы, вызывающее к тому же и резкий рост выходящего потока теплового излучения.

## Наблюдения солнечного затмения в Ярославле



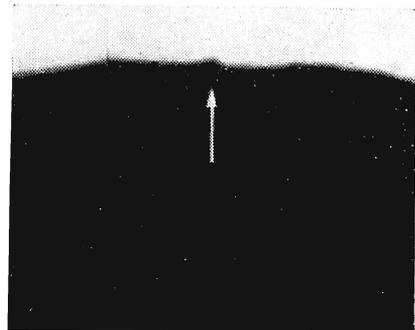
Частное затмение Солнца 11 мая 1975 года в Ярославле наблюдали любители астрономии, школьники, занимающиеся в астрономическом кружке при планетарии, и просто все желающие.

В день затмения в планетарии состоялась лекция И. А. Стамейкиной о солнечных и лунных затмениях. По окончании лекции все собравшиеся смогли проследить за ходом солнечного затмения.

На обсерватории Станции юных техников затмение наблюдали школьники. На учебной обсерватории Ярославского педагогического института члены астрономической секции местного отделения ВАГО фотографировали последовательные фазы затмения. В наблюдениях активное участие приняли школьники Андрей Кузьмин, Юрий Бадан и студент Николай Фомичев.

Фотографирование велось камерами «Зенит-3М» в фокусе 14-сантиметрового рефлектора АЗТ-9 и двух школьных рефракторов. Перед фокальной плоскостью рефлектора был установлен сдвоенный зеленый светофильтр, а при фотографировании затмения через рефракторы их объективы диафрагмировались до относительного отверстия 1 : 40. Чтобы линейные размеры изображения Солнца на фотопленке были больше, съемка велась с окулярным увеличением.

Частное затмение Солнца 11 мая 1975 года (время московское). В. Т. Приходько сфотографировал затмение на 14-сантиметровом рефлекторе (фотоаппарат «Зенит-3М», пленка МЗ-3, экспозиция от 1/500 до 1/125 секунды)



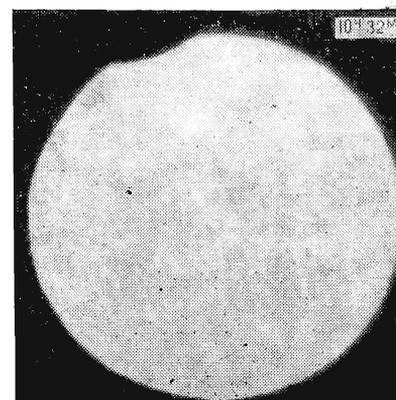
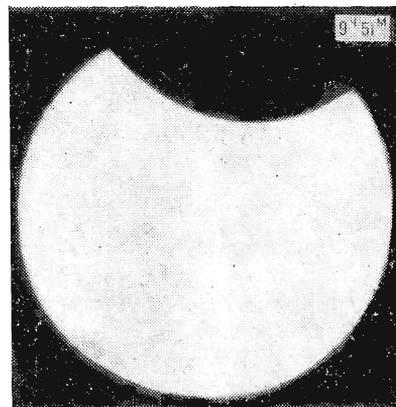
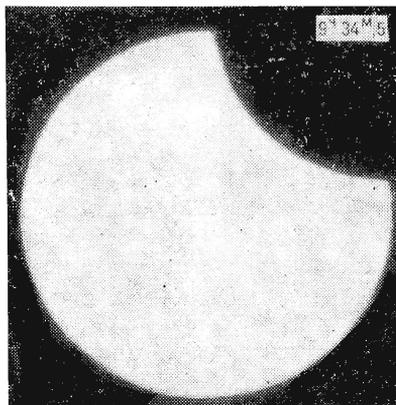
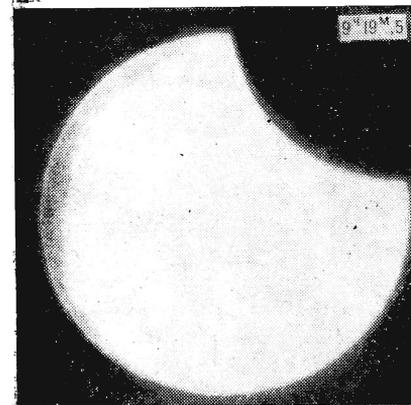
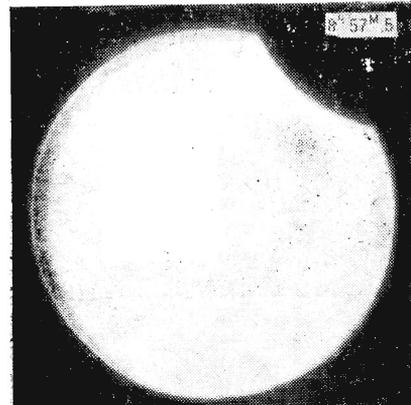
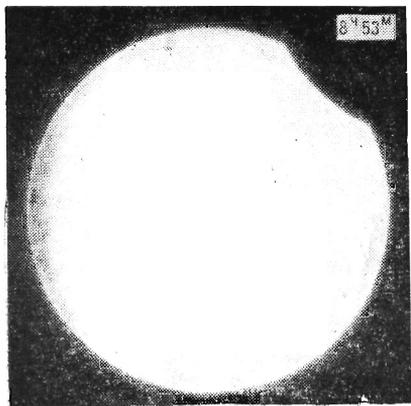
Моменты экспозиции фиксировались по хронометру с точностью до 0,5 секунды.

Всего получено около 40 негативов. На снимках заметна неровность края лунного диска и профиль кратера с плоским дном и центральной горкой. С помощью микроскопа, снабженного окулярным микрометром, по крупномасштабному отпечатку определены размеры кратера. Его диаметр по гребню вала равен 196 км, вал возвышается над окружающей местностью на 3,9 км, а над дном кратера — на 4,7—5,5 км, высота центральной горки 5,5 км.

Фотографии солнечного затмения выставлены в Ярославском планетарии.

А. М. ОГНЕВ  
В. Т. ПРИХОДЬКО

Край лунного диска на фоне Солнца. Видны неровности края Луны. Стрелкой отмечен кратер с центральной горкой



Частное затмение Солнца 11 мая 1975 года (время московское). Снимки получены школьником из Липецка М. Катенко. Он фотографировал затмение на 60-миллиметровом школьном рефракторе с окулярным увеличением (фотоаппарат «Чайка-2», темный светофильтр, пленка 65 ед. ГОСТ, выдержка 1—2 секунды)

# 2 МАРТ АПРЕЛЬ 1976 И ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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

## Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физико-математических наук Д. Я. МАРТЫНОВ. Ответственный секретарь кандидат педагогических 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. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, 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

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

Художественный редактор  
Л. Я. Шимкина

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

Номер оформили: М. С. Баландин,  
Е. К. Верентинова, Т. А. Григорьева,  
М. М. Златковский, А. Г. Калашникова,  
А. А. Капусткин

При перепечатке ссылка на журнал  
«Земля и Вселенная» обязательна

T-03450. Подписано в печать 18/II 1976 г.  
Сдано в набор 8/XII 1975. Формат бумаги  
84X108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. л. 3,0. Печ. л. 10,08. Уч.-  
изд. л. 11,4. Цена 40 коп. Тираж 50 000.  
Заказ 3148.

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



Уважаемые читатели!  
Не забудьте вовремя  
оформить подписку  
на Второе полугодие  
1976 года.  
Подписка принимается  
без ограничений  
во всех пунктах  
"Союзпечати".  
Обо всех случаях  
отказа в подписке  
просим сообщать  
в Центральную контору  
"Академкнига"  
по адресу: Москва,  
Центр, Большой  
Черкасский переулок,  
д. 2/10

5 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ



И ВСЕЛЕННАЯ

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 40 КОП  
ИНДЕКС 70336