

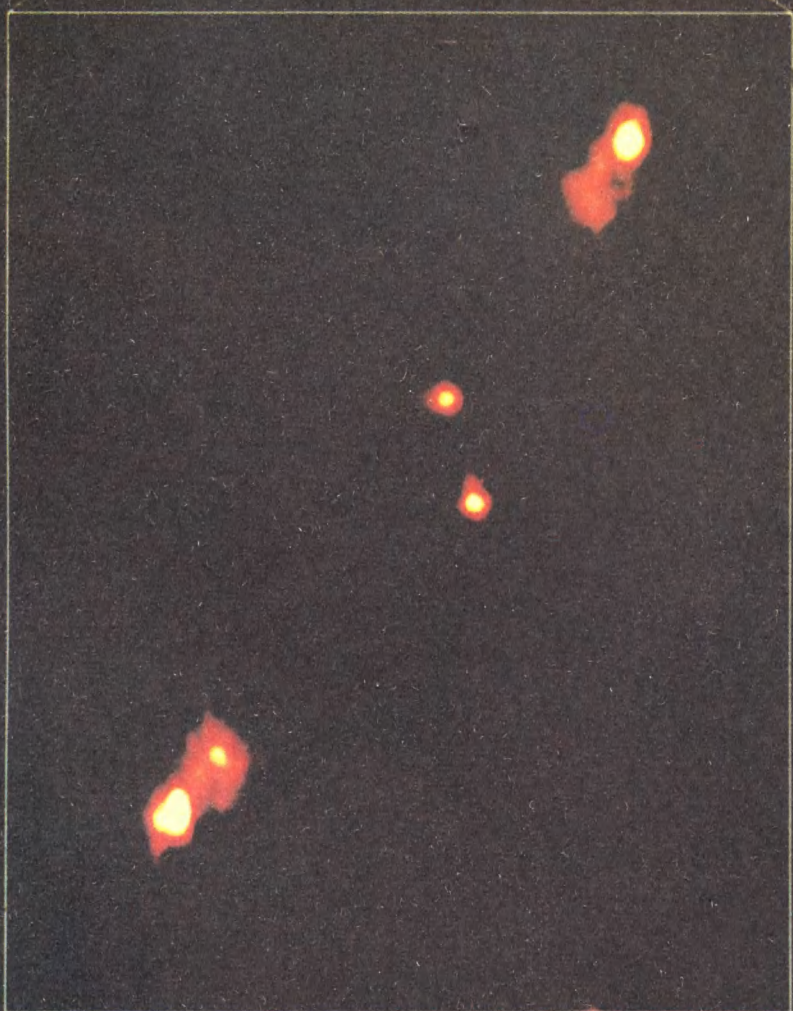
**ЗЕМЛЯ** СЕНТЯБРЬ-ОКТЯБРЬ 5/93

ISSN 0044-3948

КОСМОНАВТИКА  
АСТРОНОМИЯ  
ГЕОФИЗИКА

**И  
ВСЕЛЕННАЯ**





Научно-популярный журнал  
Российской Академии наук и  
Астрономо-геодезического  
общества

Издается с января 1965 года

Выходит 6 раз в год

Издательство «Наука», Москва



## Редакционная коллегия:

Главный редактор  
член-корреспондент РАН  
В. К. АБАЛАКИН

зам. главного редактора  
академик  
В. М. КОТЛЯКОВ

зам. главного редактора  
доктор педагогических наук  
Е. П. ЛЕВИТАН

доктор географических наук  
А. А. АКСЕНОВ

академик  
В. А. АМБАРЦУМЯН

академик  
А. А. БОЯРЧУК

член-корреспондент РАН  
Ю. Д. БУЛАНЖЕ

доктор психологических наук  
Ю. Н. ГЛАЗКОВ

доктор физико-математических наук  
А. А. ГУРШТЕЙН

доктор физико-математических наук  
И. А. КЛИМИШИН

доктор физико-математических наук  
Л. И. МАТВЕНКО

доктор физико-математических наук  
И. Н. МИНИН

член-корреспондент РАН  
А. В. НИКОЛАЕВ

доктор физико-математических наук  
И. Д. НОВИКОВ

кандидат педагогических наук  
А. Б. ПАЛЕЙ

доктор физико-математических наук  
Г. Н. ПЕТРОВА

доктор геолого-минералогических наук  
Г. И. РЕЙСНЕР

доктор химических наук  
Ф. Я. РОВИНСКИЙ

доктор физико-математических наук  
Ю. А. РЯБОВ

академик  
В. В. СОБОЛЕВ

Н. Н. СПАССКИЙ  
кандидат физико-математических наук

В. Г. СУРДИН  
доктор физико-математических наук

Ю. А. СУРКОВ  
доктор технических наук

Г. М. ТАМКОВИЧ  
доктор физико-математических наук

Г. М. ТОВМАСЯН  
академик АН Молдовы

А. Д. УРСУЛ  
доктор физико-математических наук

А. М. ЧЕРЕПАЩУК  
доктор физико-математических наук

В. В. ШЕВЧЕНКО  
кандидат географических наук

В. Р. ЯЩЕНКО

## В номере:

- 3 АЛАВЕРДОВ В. В., КОПТЕВ Ю. Н., ЛУКЬЯЩЕНКО В. И., СЕНКЕВИЧ В. П., УТКИН В. Ф. Россия в космосе: ближайшее десятилетие
- 12 ОБРИДКО В. Н., ОРАЕВСКИЙ В. Н. Международные исследования солнечной активности
- 20 СУРДИН В. Г., ШЕФФЕР Е. К. АХАФ — рентгеновский телескоп нового поколения
- 25 БЕРЛЯНТ А. М. Графические модели мира

## ЭКОЛОГИЯ

- 34 ИОЙРЫШ А. И., ЯСКИН С. А. Позволяет ли закон удалять радиоактивные отходы в космос?

## ЛЮДИ НАУКИ

- 40 АБАЛАКИН В. К. Михаил Федорович Субботин (к 100-летию со дня рождения)
- 44 ИВАНОВ К. В. Живое слово о В. К. Цераском

## ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- 49 УРСУЛ А. Д. Новая модель развития общества и освоение Космоса

## ЗАРУБЕЖНАЯ КОСМОНАВИКА

- 54 ДЬЯЧЕНКО С. М. Проект «Улисс». Позади первый этап

## ЭКСПЕДИЦИИ

- 61 МАРКИН В. А. Открытие как награда... (к 120-летию открытия Земли Франца-Иосифа)

## АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 67 ЛЕВИТАН Е. П. Факультатив для старшеклассников и студентов

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

- 69 ТЕМНЫЙ В. В. История открытия радиационных поясов Земли: кто же, когда и как?
- 77 МАРИНИН И. А., ШАМСУТДИНОВ С. Х. Советские программы пилотируемых полетов к Луне
- 86 БИРЮКОВ Ю. В. Ракета 09 — первая отечественная жидкостная

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 85 ПОРОШИН А. Солнечное затмение 21 мая 1993 года
- 92 ЗОТКИН И. Т., ЧИЧМАРЬ В. В. Сбор юных астрономов

**Новости науки и другая информация:** Новые книги [19]; Научная сессия Абастуманской астрофизической обсерватории [24]; Озоны стало еще меньше [33]; При спокойном Солнце «озонная дыра» увеличится [33]; «Иллюстрированная астрономия» [47]; Памяти Константина Иосифовича Грингауза [48]; Редкий снимок метеора [68]; Солнце в апреле—мае 1993 г. [76]; Сюрприз Эль-Ниньо [91]; «Галактический двигатель» и еще одна гравитационная линза [96]

## Заведующая редакцией

Г. В. МАТРОСОВА

## Зав. отделом астрономии

Э. А. СТРЕЛЬЦОВА

## Зав. отделом наук о Земле

Э. К. СОЛОМАТИНА

## Зав. отделом космонавтики

А. Ю. ОСТАПЕНКО

## Художественный редактор

Н. А. БИТЮКОВА

## Литературный редактор

Е. А. НИКИТИНА

## Младший редактор

И. В. ЗОТОВА

## Корректоры:

В. А. ЕРМОЛАЕВА

Л. М. ФЕДОРОВА

## Обложку журнала оформила

М. С. ВЬЮШИНА

## Номер оформили:

Ю. А. ТЮРИШЕВ

М. И. РОССИНСКАЯ

Ю. В. ТИМОФЕЕВ

## Адрес редакции:

117810, ГСП-1, Москва,

Маро́новский пер., д. 26

ж-л «Земля и Вселенная»

Телефоны: 238-42-32

238-29-66

На 1-й стр. обложки: Солнце в лучах спектральной линии водорода ( $H_{\alpha}$ ). Интерференционные фильтры позволяют зарегистрировать протуберанцы над его лимбом (несколько из них видны на фото), пятна, вспышки и факелы (к статье В. Н. Обридко и В. Н. Оравского)

На 2-й стр. обложки: Космический телескоп им. Хаббла обнаружил во Вселенной еще одну гравитационную линзу. Невидимое темное вещество в скоплении галактик AC 114 преломляет свет, идущий от безымянной галактики, расположенной далеко позади него и строит перед земным наблюдателем два почти одинаковых и симметричных изображения (см. заметку на стр. 96)

На 3-й стр. обложки: «Хаббл», возможно, впервые непосредственно подтвердил существование черных дыр. Образование в виде «бублика» на фоне яркой центральной части галактики IGC 4261 — не что иное, как вещество, собравшееся в кольцо перед «падением» в черную дыру (см. заметку на стр. 96). Фото Лейденской обсерватории, JHU, STScI и NASA

На 4-й стр. обложки: 6 октября 1992 г. межпланетный космический аппарат «Улисс» был выведен из грузового отсека космического корабля «Дискавери», чтобы отправиться в длительное путешествие по Солнечной системе. Снимок сделан астронавтами «Дискавери» через несколько минут после этого (к статье С. М. Дьяченко)

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per, 26, f. 1965, 6 a year; publ. by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the earth and universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V. K. Abalakin, Deputies Editors V. M. Kotlyakov, E. P. Levitan.

## In this issue

- 3 ALAVERDOV V. V., KOPEV Yu. N., LUKJASCHENKO V. I., SENKEVICH V. P., UTKIN V. F. Russia in space — prospects for the coming decade
- 12 OBRIDKO V. N., ORAYEVSKIY V. N. International studies of solar activity
- 20 SURDIN V. G., SHEFFER Ye. K. AXAF — an x-ray telescope of a new generation
- 25 BERLYANT A. M. Geographical models of the world

## ECOLOGY

- 34 IOJRYSH A. I., YASKIN S. A. Is it legitimate to remove radioactive wastes into space?

## PEOPLE OF SCIENCE

- 40 ABALKIN V. K. Mikhail Fyodorovich Subbotin (commemorating the birth centenary)
- 44 IVANOV K. V. Some live words of V. K. Tseraskiy

## PHILOSOPHIC PROBLEMS

- 49 URSUL A. D. A new model for social development and space explorations

## FOREIGN ASTRONAUTICS

- 54 DIACHENKO S. M. ULISSES Project: the first stage is over

## EXPEDITIONS

- 61 MARKIN V. A. A discovery like honour (to mark the 120-th anniversary of Franz Josef Land discovery)

## ASTRONOMICAL EDUCATION

- 67 LEVITAN Ye. P. Facultative studies for high-school and university students

## FROM THE HISTORY OF SCIENCE

- 69 TEMNIY V. V. Who, when and how discovered radioactive belts of the Earth?
- 77 MARININ I. A., SHAMSUTDINOV S. H. Soviet programmes of manned flights to the Moon
- 86 BIRYUKOV Yu. V. A 09 rocket — the first home-made liquid-propellant missile

## AMATEUR ASTRONOMY

- 85 POROSHIN A. The solar eclipse of May 21, 1993
- 92 ZOTKIN I. T., CHICHMAR V. V. Gathering of young astronomers

## Россия в космосе: ближайшее десятилетие

В. В. АЛАВЕРДОВ,  
Ю. Н. КОПТЕВ,  
В. И. ЛУКЬЯЩЕНКО,  
В. П. СЕНКЕВИЧ,  
В. Ф. УТКИН

Российское космическое агентство, ЦНИИМАШ

### КОСМОНАВТИКА В МИРЕ И В НАШЕЙ СТРАНЕ

Двадцатый век принес много выдающихся событий, и одно из величайших — выход человечества за пределы Земли. Пройдет время, многое забудется, но первые полеты в космос люди будут помнить всегда.

Космонавтика в невиданно короткий срок стала областью концентрации новейших достижений человечества, вершиной научно-технического прогресса, мощным практическим средством решения самых разнообразных проблем, зачастую глобального масштаба. Сейчас она вносит уже реальный вклад в экономику, культуру, занимает существенное место в обеспечении безопасности государств, в информатизации общества, контроле окружающей среды, решении жизненно важных социальных проблем.

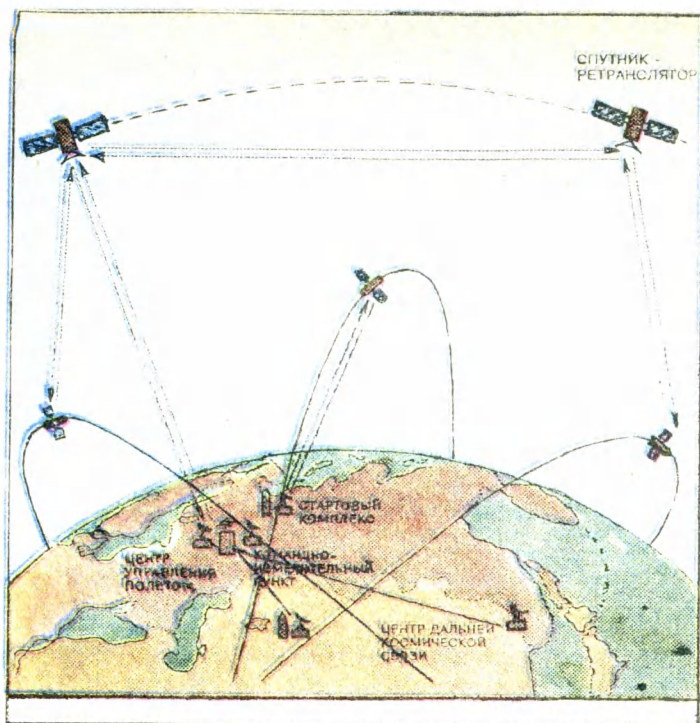
В первое десятилетие космической эры лишь СССР и США располагали собственным космическим потен-

циалом, который позволял осуществлять полный цикл от создания и запуска космических аппаратов до практического использования результатов, а сейчас уже 17 стран запускают свои спутники, и ожидается, что к 1995 г. их число увеличится до 20—25. Всего же прямо и косвенно в космической деятельности участвуют более 130 стран.

Отечественная космонавтика сейчас, как и вся экономика страны, претерпевает глубокую реформу. Реформирование этой отрасли предусматривало в первую очередь выработку новой концепции, долгосрочной политики и программы космической деятельности России, реализацию новых экономических отношений, оборонной доктрины, интересов отечественных и зарубежных потребителей, включая государство СНГ. Важно при этом сохранить и эффективно использовать созданный научно-технический и интеллектуальный космический потенциал. Необходимо так-

же принятие законодательных актов, регламентирующих космическую деятельность.

1992 г. был для нашей космонавтики сложным. Из-за резкого сокращения заказов на космическую технику предприятия и организации космической промышленности оказались в тяжелейшем финансовом положении, и космическая тематика стала невыгодной. Началась переориентация и свертывание специализированных производств космической техники. До сих пор еще разрушаются сложившиеся связи, не исчезла угроза потери современных технологий и значительной части высококвалифицированных специалистов. Все это вместе с увеличением в сотни раз цен на ракетные топлива, электрорадиоэлементы, металлы и энергоносители ведет к свертыванию космической деятельности в нашей стране. Кроме того, в связи с сокращением численности вооруженных сил в России возникла проблема кадров, ко-



Одной из целей новой космической программы России станет создание централизованной системы управления космическими аппаратами научного и народно-хозяйственного назначения

**ная космическая программа России до 2000 г.»,** где определены главные цели и важнейшие задачи космической деятельности нашей страны. Приоритет в ней отдан проектам, способствующим развитию космонавтики, внедряющим передовые технологии и способствующим решению важнейших социально-экономических программ России. Программа нацелена на получение практической отдачи в таких жизненно важных областях, как передача информации, энергетика, экология, сырьевые ресурсы. В ней учтены и международные обязательства страны.

торые обеспечивали функционирование и сохранение наземной инфраструктуры, использовавшейся в гражданских космических программах.

В этих критических условиях Правительство и Верховный Совет России приняли важные для космонавтики решения. В законе о бюджетной системе Российской Федерации на 1992 и 1993 гг. расходы на Государственную космическую программу были впервые выделены отдельной строкой, на 1993 г. предусмотрено увеличение средней заработной платы в космической промышленности до среднего уровня работников промышленности России.

Для того чтобы наладить сотрудничество и взаимодействие космических организаций стран СНГ, были образованы специальные органы государственного управления космической деятельностью и в России, и на Ук-

раине, и в Беларуси, и в Казахстане, и в Узбекистане. Создается правовая основа для осуществления активной совместной взаимовыгодной и равноправной космической деятельности стран СНГ. Желания участвовать в межгосударственной космической кооперации выразили Азербайджан, Армения, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан, Молдова, Россия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Украина.

И, наконец, важнейшей вехой развития отечественной космонавтики стала публикация новой концепции государственной космической деятельности.

В 1992 г. Российским космическим агентством, Министерством обороны России совместно с Российской Академией наук, министерствами природы, связи, здравоохранения, науки, транспорта и некоторыми другими заинтересованными ведомствами создана «Государствен-

Первые шаги в этом направлении уже сделаны. В числе новых потребителей космической продукции и услуг — Центральный и другие банки России, различные коммерческие структуры. С участием российских коммерческих организаций разрабатываются уже свыше двадцати космических проектов связи и телекоммуникаций. Среди заказчиков космических проектов такие крупные организации, как Ассоциация «Информкосмос», Ассоциация «Энергия-марафон», Международное инновационное СП «Коскон», глобальные информационные системы», «Курьер», «Газком», «Сокол», «Косс», «Урал-космос» и др. Сегодня российским коммерсантам уже под силу такие сложные проекты, как состоявшийся в 1992 г. перелет космического аппарата «Европа-Америка 500».

Программой предусмотрены значительные средства на прикладные космические работы, на военную деятельность и на научные космические исследования. Рассмотрим более детально, какие же из проектов решено реализовывать и как будет выглядеть космическое лицо нашей страны к концу этого десятилетия.

## КОСМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ, ТЕЛЕВИДЕНИЕ И РЕТРАНСЛЯЦИЯ ИНФОРМАЦИИ

В настоящее время в России постоянно работает более трех десятков спутников связи, 50 основных и 7,5 тыс. вспомогательных наземных станций космической связи, через которые осуществляется непосредственный обмен международными программами телевидения. Магистральная междугородняя и высококачественная международная связь организована на всей территории СНГ. Кроме того, наша страна передает в аренду связные и телевизионные каналы спутников ряду зарубежных стран.

В ближайшие годы планируется поэтапно организовать через спутники связь с подвижными объектами — с самолетами, кораблями, автомашинами, предоставить услуги спутниковой электронной почты и межмашинного обмена. Многопрограммным телевещанием бу-

дет охвачена уже вся территория России и СНГ. Предусматривается значительно увеличить число каналов телефонной связи со стационарными потребителями (так называемой фиксированной связи).

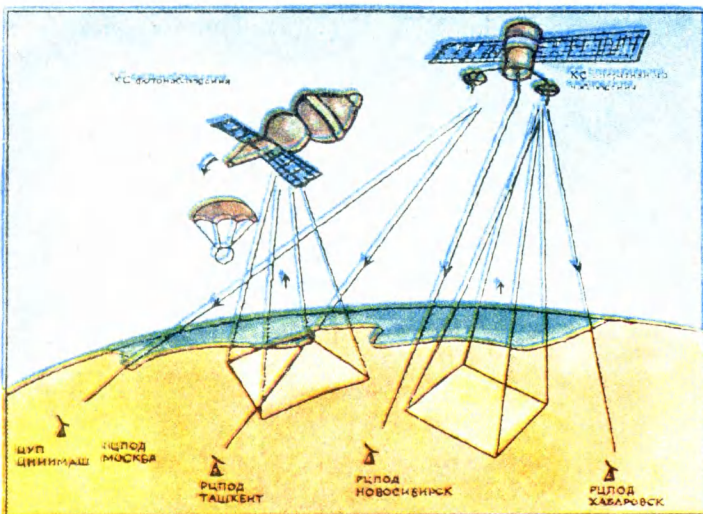
Существующая в настоящее время система такой связи «Поток-СВ» использует спутники «Горизонт», размещенные в десяти точках геостационарной орбиты, и наземные станции «Азимут», «Орбита», «Зевс», «Наука», «Пихта». С ее помощью помимо 2500 телефонных каналов обеспечивается подача первой программы телевидения на сеть станций «Москва» и 3-4 канала мобильной связи. К сожалению, из-за невозможности коррекции наклона орбиты, спутники «Горизонт» к концу третьего года функционирования отклоняются по широте на 2°, что превышает допустимые Международным союзом электросвязи нормы положения геостационарных спутников и вынуждает досрочно выводить эти космические аппараты из эксплуатации.

К 1995 г. предусматривается разработка и создание (программа будет реализо-

вываться Российским космическим агентством, Министерством связи России и коммерческими структурами) модернизированного спутника «Экспресс», работающего в диапазоне 4/6 ГГц с увеличенной в 1,5—2 раза пропускной способностью и более совершенной системой управления и коррекции орбиты. Эти спутники постепенно заменят КА «Горизонт» и займут еще три резервные точки на геостационарной орбите. Предполагается и создание к 1997 г. на той же базе спутника «Экспресс-М», работающего в диапазоне 11—14 ГГц, с пропускной способностью уже в 4—5 раз большей, чем у спутника «Горизонт». Реализация этой программы влечет за собой снижение потребности в каналах фиксированной и магистральной связи.

Для организации мобильной связи (в основном в интересах транспортного морского флота) сейчас используется по одному каналу ретранслятора КА «Горизонт», что обеспечивает потребности в этом виде связи лишь на 10%. Программой предусматривается создание отдельной системы связи «Ма-рафон» на базе геостацио-

Космическая система дистанционного зондирования Земли. Космические станции (КС) фотонаблюдения и оперативного наблюдения передают информацию в главный центр приема и обработки данных (ГЦПОД) и в региональные центры (РЦПОД) или производят сброс капсул с отснятыми материалами на Землю



нарных спутников «Аркос» и высокоэллиптических спутников «Маяк». Работы будут проводиться в рамках конверсии в основном за счет средств коммерческих структур с использованием хорошо отработанных технических решений. Помимо высокоорбитальных спутников, для установления спутниковой связи в диапазонах 1,5/1,6 ГГц — 0,2/0,4 ГГц, создается система связи и электронной почты «Гонец», разрабатывается система «Коском», что позволит обеспечить прямой доступ к каналам спутниковой связи на основе средневысотных спутников.

Украинской Ассоциацией высоких технологий «Ассо-Унити» разрабатывается проект системы персональной связи «Ариадна». РККА координирует эту работу и обеспечивает эффективное использование технических средств и объектов космической инфраструктуры и выделенных радиотехнических ресурсов.

В настоящее время спутниковое телевидение для России и стран СНГ обеспечивается системой «Экран» на основе двух КА «Экран-М1» (в диапазоне 0,7 ГГц сигнал поступает на сеть упрощенных приемных станций), а также системой «Поток-СВ» на основе нескольких спутников «Горизонт» (на сеть станций «Москва» и «Орбита» сигнал передается в диапазоне 4 ГГц). Для перевода космического телевидения в диапазон 12 ГГц, выделенный мировым сообществом для этих целей, предусматривается создание спутников «Галс», а в дальнейшем — «Галс-Р» и «Геликон» с увеличением числа ТВ-каналов от 3 до 7.

Реализация перечисленных проектов позволит практически полностью решить проблему организации многопрограммного поясного телевидения стран СНГ и обеспечит

региональное телевизионное вещание на национальных языках.

Программы космического телевидения будут финансироваться Минсвязи России, РККА, телерадиокомпанией «Останкино», коммерческими структурами с долевым участием государств СНГ.

## КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Технические проекты в этой области, предусмотренные Программой, могут стать основой отечественной комплексной системы глобального наблюдения за окружающей средой, природопользования и градостроительства. Уже сейчас с помощью автоматических космических аппаратов систем дистанционного зондирования и космического мониторинга составляются тематические природно-ресурсные карты, оцениваются гидрологические запасы, состояние земель, ледовая обстановка, осуществляется экологический контроль земной поверхности и атмосферы, выявляются богатые рыбой районы Мирового океана и делается многое другое. Такой рода информация очень перспективна и в коммерческом плане.

Для успешного проведения работ по картографированию, исследованию природных ресурсов и экологии, в том числе по заявкам зарубежных потребителей, будет продолжена эксплуатация фотографических комплексов «Ресурс-Ф1» и «Ресурс-Ф2», а также конверсионные нужды военной системы «Облик». После создания комплекса «Ника-Кубань» будет достигнуто повышение эффективности фотонаблюдения при сокращении в 2—3 раза числа пусков.

Оперативные наблюдения суши и океана для локали-

зации источников загрязнения, контроля ледовой обстановки и идентификации природных объектов обеспечит опытная эксплуатация комплексов «Ресурс-01» и «Океан-01». Для расширения круга решаемых задач и повышения качества наблюдений разработаны и созданы комплекс оперативного наблюдения океана «Океан-0», который сейчас включен в космическую программу Украины. Но для окончания этой разработки необходимо решить организационные, экономические и технические проблемы взаимодействия космических программ стран СНГ. Некоторые из целей, стоящих перед этим комплексом, могут быть достигнуты аппаратурой комплекса «Алмаз-1», способного вести всепогодное высокоточное оперативное наблюдение поверхности Земли. Развитие комплексов оперативного наблюдения суши и океана решено производить на основе конкурсного проектирования. Заключена разработка программы «Ресурс-02» с расширенным составом бортовой аппаратуры, позволяющей осуществлять оперативное наблюдение суши с разрешением до 2—5 м (сейчас разрешение около 45 м), и проекта «Ресурс-Спектр». В стадии изготовления находится модуль «Природа» для орбитальной станции «Мир», а также ряд аппаратов по программе конверсии, предназначенных для решения мирных задач.

## КОСМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

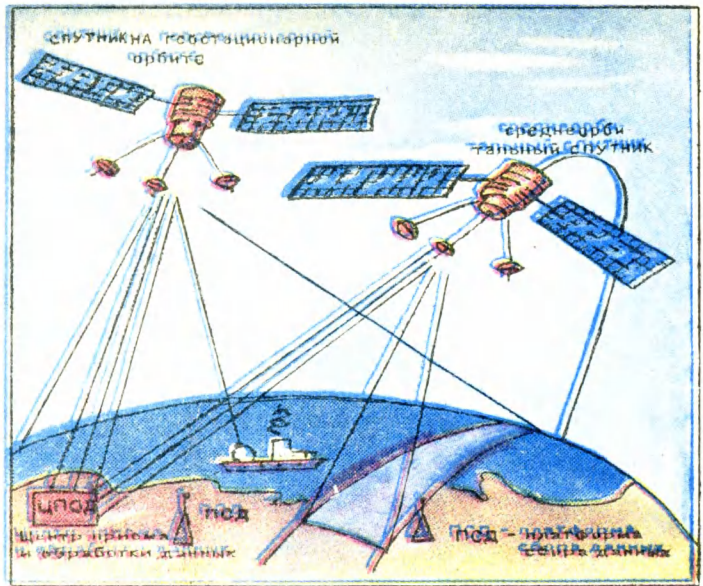
Государственной космической программой России предусмотрено завершение создания двухъярусной системы метеонаблюдений «Планета», разрабатываемой



**Устройство космической системы получения метеоданных**

на базе КА «Метеор-3» и геостационарного метеоспутника «Электро». Работы по их совершенствованию будут продолжаться. Для регулирования контроля гелиогеофизических параметров и состояния околоземного космического пространства предполагается применять существующие будущие серийные и экспериментальные спутники «Метеор», «Электро», «Прогноз», «Око» и др., на которых будет установлена аппаратура для прямых и дистанционных измерений различных параметров околоземной среды. Часть измерений предстоит производить на аппаратуре, запущенной в космос в рамках конверсионных программ. Сбор, обработка и распространение информации произведут геофизические службы Роскомгидромета. Успешное выполнение намеченной программы повысит эффективность использования Северного морского пути, снизит затраты на геологическое изучение территории, инвентаризацию сельских и лесных угодий, позволит прогнозировать урожай в любом районе России, биопродуктивность районов промысла в океане, контролировать опасные антропогенные воздействия на среду обитания.

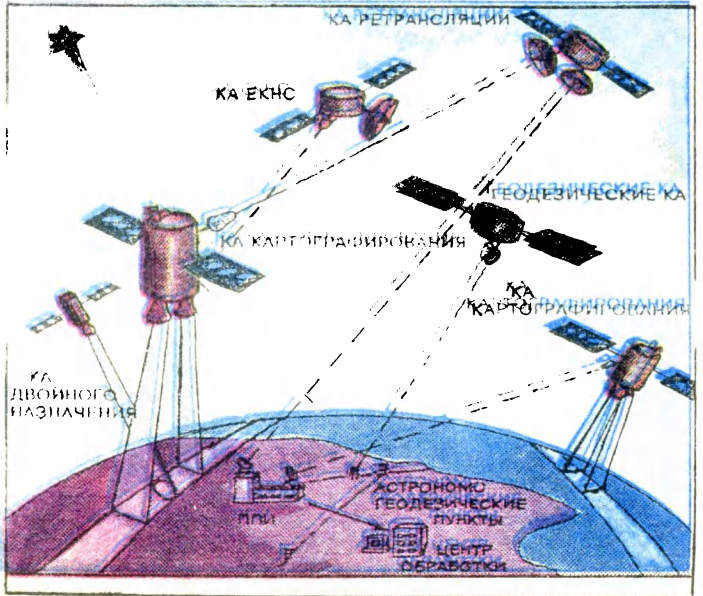
Космическая система картографирования обеспечит широкий круг потребителей материалами панхроматической и многозональной крупномасштабной съемки, в том числе стереоскопической, а также другими данными. К 1995 г. предельный масштаб картографической продукции составит 1:50 000, а в последующие годы достигнет 1:25 000

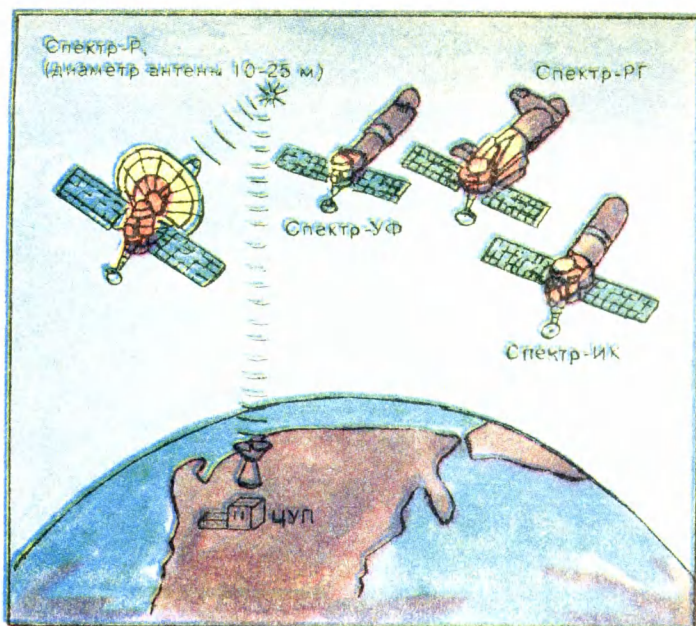


**КОСМИЧЕСКИЕ НАВИГАЦИЯ И ГЕОДЕЗИЯ**

Космические аппараты, постоянно находящиеся на орбитах, могут обеспечивать десятки тысяч наземных потребителей информацией навигационно - геодезического характера. Сейчас более

4,5 тысяч кораблей оснащено спутниковой навигационной аппаратурой, которая позволяет им определять свое местоположение с точностью 100 м и даже выше. Это сокращает транспортные расходы, повышает безопасность движения. Из космоса проводятся высокоточные





Будущие космические обсерватории обеспечат ученых качественно новой информацией о наиболее удаленных областях Вселенной в широком диапазоне электромагнитного спектра

ровых точностей в космических навигационных и геодезических системах. Это, в свою очередь, позволит решать множество новых народнохозяйственных и технических задач. Вполне возможно, что экономический эффект от этого позволит достичь окупаемости координатно-метрических комплексов.

Все эти работы станут частью Единой программы координатно-временного обеспечения России.

## ВОЕННЫЕ ЗАДАЧИ

В оборонной области космические средства будут, как и прежде, помогать эффективно контролировать соблюдение международных соглашений, что позволит достичь единого информационного пространства всех родов войск, и занимают важное место в навигации, геодезии и других областях обеспечения вооруженных сил. Мировой опыт показывает, что без космических систем трудно рассчитывать на высокую эффективность современной армии. По-прежнему огромный вклад в обеспечение космической деятельности нашей страны будут вносить военно-космические силы Министерства обороны России. Они выполнят основной объем работ на космодромах; заметным командно-измерительным комплексом будут эксплуатироваться ряд космических систем двойного назначения (т. е. используемых и для военных и для народнохозяйственных задач).

измерения движения земной коры, имеющие, в частности, исключительное значение при прогнозировании землетрясений. Международная система «Коспас-Сарсат» определяет местоположение терпящих бедствие судов, самолетов, экспедиций. С ее помощью уже спасено более 2,5 тысяч человек. В ближайшем будущем навигационные спутниковые системы будут с высокой точностью и оперативностью обслуживать мобильных гражданских потребителей.

До 2000 г. для навигационного обеспечения народнохозяйственных потребителей и для геодезических измерений планируется в основном использовать уже развернутый на орбите космический навигационно-геодезический комплекс двойного применения «Глонасс». Когда число спутников этой системы доведет до планового (36), она обеспечит непрерывное глобальное «навигационное поле» требуемой точности (не ниже 100 м для навигации и 15—20 м для

геодезии). Одновременно будут эксплуатироваться военная навигационная система «Цикада» на базе низковысотных аппаратов «Надежда», которые модернизируют и, кроме нужд навигации и передачи сигналов бедствия (система «Коспас»), будут использоваться для сбора и передачи служебно-диспетчерской информации Министерства морского флота РФ (система «Курс»).

Управление транспортными средствами более высокого класса (речные суда, железнодорожный и автомобильный транспорт) будет вестись как системой персональной связи (спутники «Гонец», «Коскон», «Ариадна»), так и на основе использования высокоорбитальных спутников мобильной связи (система «Марафон») в сочетании с наземной инфраструктурой, включающей в себя сеть опорных навигационно-связных пунктов.

До конца текущего десятилетия продолжатся работы, направленные на достижение метровых и субмет-

## НАУЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Этот вид космической деятельности обогащает нас открытиями, новыми фундаментальными знаниями. В прежние годы уже получены важные данные об околоземном космическом пространстве, о Луне и планетах, о процессах, протекающих в атмосфере Земли и Солнца. Много изменилось в наших представлениях об окружающем мире, происхождении и эволюции Вселенной.

Трудно переоценить значение астрофизических и радиофизических исследований из космоса для решения многих фундаментальных проблем современной науки. Вместо доступных для земных наблюдений двух небольших «окон» в оптическом и радиодиапазонах, наука получила возможность проводить исследования во всем спектре. Нынешняя программа создания новых космических средств научного назначения ориентирована на получение фундаментальных результатов в области астрофизики, планетологии, геофизики, изучения Солнца и солнечно-земных связей. Последнему направлению отдается приоритет, так как полученные результаты позволят эффективно решать ряд прикладных проблем в области физики ионосферы и биосферы Земли. Именно такими проектами станут «Интербол», «Солнечный зонд», «Регата» и некоторые другие. Они будут осуществляться на основе КА семейства спутников АУОС (разработки НПО «Южное», Украина), и для них намечены чрезвычайно

интересные научные программы. Например, КА «Солнечный зонд», который должен облететь Солнце на минимально возможном с точки зрения баллистики расстоянии, предоставит нам уникальную информацию о нем и околосолнечной среде и выполнит гравитационные эксперименты.

Астрофизические исследования предусматривается вести с борта аппаратов «Прогноз-М2» (проект «Реликт-2»), «Спектр» и «Ника-3» (эксперименты по исследованию космических лучей). Программа дальнейшего изучения планет включает в себя создание в 1994—96 гг. космических аппаратов «Марс-94/96» и «Марс-Астер» для исследования Красной планеты и астероидов с орбиты ее спутника и с помощью посадочных аппаратов. На следующем этапе предполагается осуществить доставку на Землю образцов марсианского грунта.

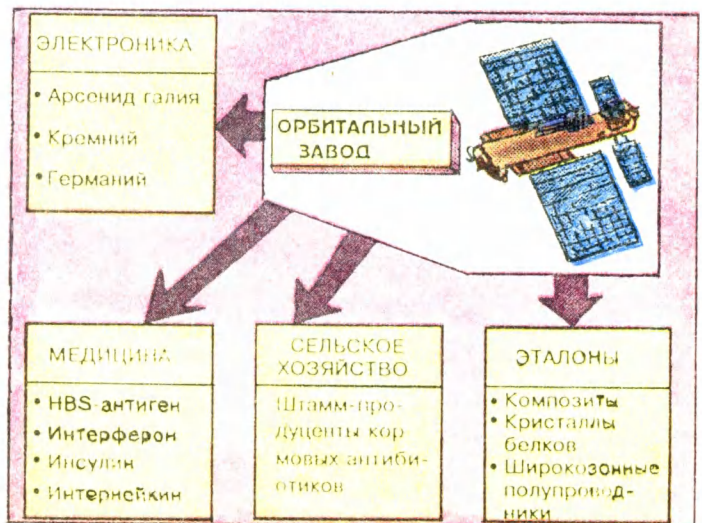
Программа медико-биологических исследований будет реализована с помощью КА «Бион» и «Ника-Б», а также на борту пилотируемых комплексов. Многие работы будут осуществляться на ос-

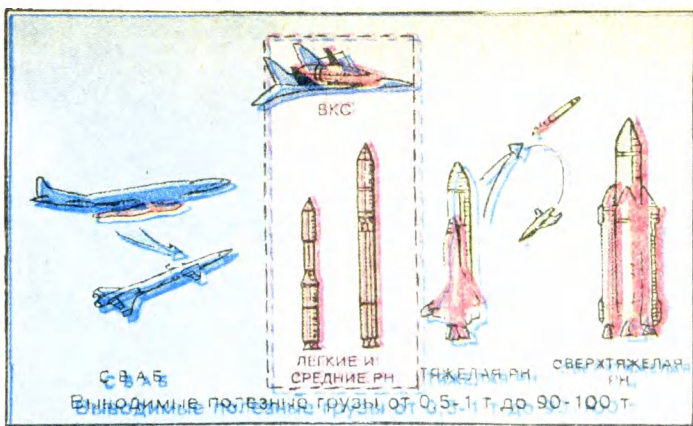
нове Международного сотрудничества.

## ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ И СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ

Важно отметить, что Программой предусматривается создание экологически чистой системы средств выведения. До 2000 г. будет проведена модернизация ракет-носителей «Протон» и «Союз». В ближайшее время предполагается провести конкурс по созданию ракеты-носителя среднего класса «Ангара», унифицированного ряда разгонных блоков «Двина», носителей легкого класса «Нева». Начнутся работы по созданию более совершенной ракеты-носителя тяжелого класса «Энергия-М», развитию многоуровневых ракетных и аэрокосмических транспортных систем (в том числе на коммерческой основе). Особое внимание будет уделено проблеме рациональной загрузки российских космодромов Плесецк и Капустин Яр. Как и раньше, будут проводиться работы по обслуживанию и расширению возможностей космодрома Байконур (Казахстан).

Промышленное производство в космосе материалов и биопрепаратов позволит значительно улучшить их свойства по сравнению с земными аналогами



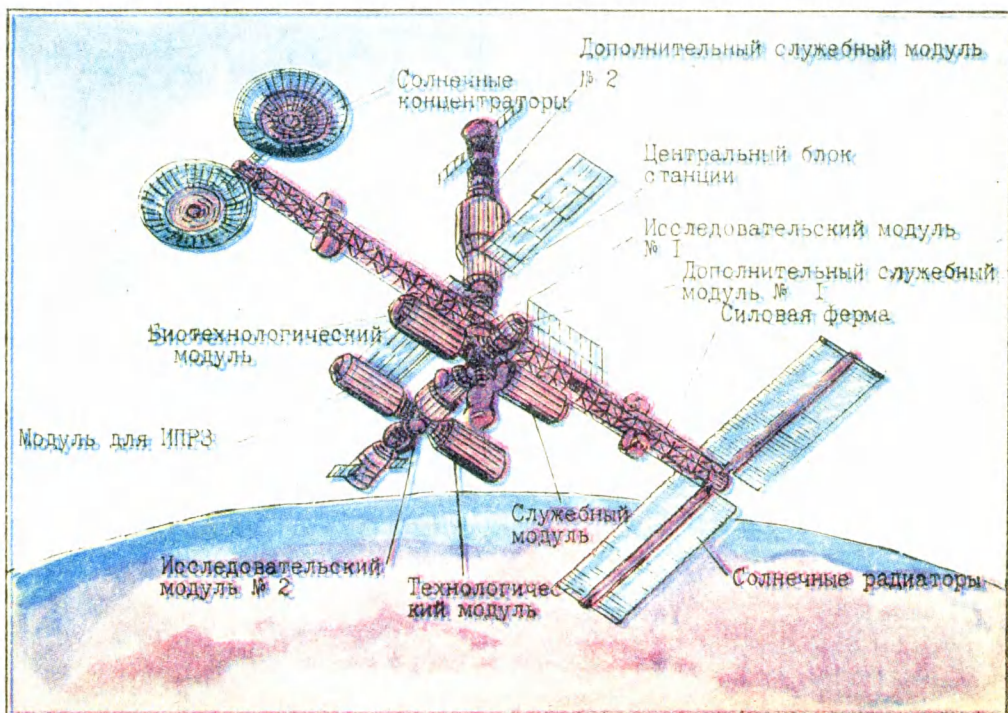


В ближайшие годы существующий парк ракет-носителей пополнится новыми образцами. Перед ними ставятся новые задачи: сокращение зон отчуждения, уменьшение масштабов использования токсичных компонентов топлива, сокращение и исключение «космического мусора» при выведении, снижение удельной стоимости выведения КА, повышение надежности и безопасности полетов и оперативности запусков, и расширение азимутов пусков

Особое место в научных исследованиях занимают пилотируемые полеты. Хотя автоматические аппараты будут по-прежнему считаться основным средством исследования и использования космического пространства, Программа предусматривает

сохранение лидерства России в долговременных пилотируемых полетах. Наши орбитальные станции многие годы успешно работают в околоземном пространстве. С их борта проводится изучение природных ресурсов и картографирование Земли, изучение

Через несколько лет, когда орбитальная станция «Мир» полностью выработает свой ресурс, ее заменят новым пилотируемым комплексом «Мир-2». Так он будет выглядеть на третьем этапе развертывания



атмосферы, исследование физических явлений и процессов в космическом пространстве, астрономические наблюдения, медико-биологические исследования, отрабатываются новые бортовые системы и приборы, проводятся эксперименты и полупромышленные работы по космической технологии и материаловедению. По существу, они являются комплексными научными лабораториями, где участие человека значительно расширяет возможности проведения исследований.

В 1993—95 гг. Программой предлагается продолжить эксплуатацию станции «Мир», пристыковать к ней еще два модуля и довести ее характеристики до планировавшегося при разработке уровня. Это позволит полностью выработать ресурс станции, получив максимальную отдачу. В 1996—2000 гг., возможно, начнется эксплуатация станции «Мир-2» для экипажа до 9 человек, которая создается сейчас в НПО «Энергия» на основе конструкторского опыта, накопленного при строительстве и эксплуатации базового блока станции «Мир». «Мир-2» будет выведен на орбиту с наклоном  $65^\circ$  («Мир» —  $51,6^\circ$ ), что существенно расширит ее возможности для решения природоведческих и экологических задач. В ее состав войдут принципиально новые модули, в том числе биологический, технологический и экологический. Для транспортно-технического обслуживания станции на первом этапе пока будут использоваться транспортный корабль «Союз-ТМ» и грузовой корабль «Прогресс-М».

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Все большее значение в этой области приобретает интеграция усилий многих стран. Это позволяет наиболее эффективно и экономически выгодно выполнить самые сложные, дорогостоящие и крупномасштабные космические программы. В настоящее время Россия успешно сотрудничает в космической деятельности с восемнадцатью странами, разрабатывая и реализуя разнообразные проекты различного назначения. Например, в рамках соглашения между Россией и США в октябре нынешнего года предполагается полет российского космонавта на корабле «Шаттл», а в 1994 г. — американского астронавта на борту орбитального комплекса «Мир». До 2000 г. на станциях «Мир» побывают еще четверо французских граждан и астронавты Европейского космического агентства.

В стадии рассмотрения находится проект использования космического корабля «Союз» в качестве корабля-спасателя для Международной орбитальной станции «Фридом».

Программой предусмотрены такие формы нашей внешней космической деятельности, как запуск иностранных спутников, сдача космических средств в аренду, обеспечение слежения за зарубежными спутниками, обмен космическими данными и предоставление возможности принимать эти данные с отечественных космических аппаратов. Будут

осуществляться разработка, изготовление и экспериментальная отработка перспективных космических средств в рамках совместных проектов или по отдельным контрактам и взаимовыгодный обмен космическими технологиями. Совместное осуществление космических программ намечено в области научных исследований околоземного пространства, Солнца и планет, создания космических производств материалов, полупроводников и биопрепаратов. Все это станет существенным подспорьем нашей космонавтике в условиях ограниченного финансирования.

Для космонавтики России исключительно важное значение имеет приоритетное проведение системных, фундаментальных и прикладных научных исследований для создания упреждающего научно-технического и технологического задела. Впервые существенно увеличено финансирование научно-исследовательских работ в этой области, которое теперь составляет около 10 % от общей суммы, выделенной бюджетом на развитие космонавтики.

Осуществление новой космической политики России и реализация Государственной космической программы позволит нашей стране, проложившей дорогу в космос, сохранить статус ведущей космической державы и использовать достижения космонавтики для обновления и процветания России.

## Международные исследования солнечной активности

**В. Н. ОБРИДКО,**  
доктор физико-математических наук  
ИЗМИРАН  
**В. Н. ОРАЕВСКИЙ,**  
доктор физико-математических наук  
ИЗМИРАН

---



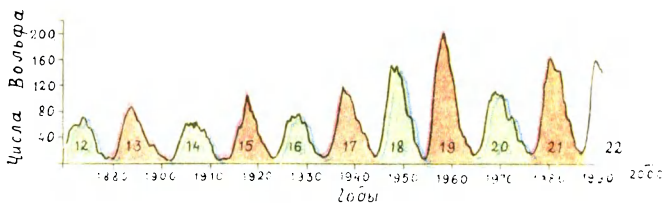
С момента открытия солнечных пятен не прекращались попытки связать солнечную активность с различными явлениями на Земле. Несмотря на то, что специалистами был установлен целый ряд неоспоримых фактов, скептическое отношение к

этой проблеме сохранилось до наших дней. Скепсис поколебали даже блестящие работы А. Л. Чижевского. Недоверие поддерживалось целым рядом откровенно тенденциозных публикаций и, к сожалению, до сих пор на каждую достоверную ра-

боту в области солнечно-земных исследований приходится несколько слабых, а иногда и просто шарлатанских.

Но за последнее время положение изменилось. Этому способствовали чрезвычайные события, о которых ра-

Ход чисел Вольфа за последние 110 лет. Обратите внимание на то, что каждый нечетный цикл интенсивнее, чем предыдущий четный



## МАРТОВСКАЯ КАТАСТРОФА

13 марта 1989 г. в 2 ч 44 мин местного канадского времени после сильной магнитной бури, связанной с мощной солнечной вспышкой (впрочем, далеко не самой мощной в истории астрономических наблюдений), вышли из строя трансформаторы в энергетических цепях, питающих провинцию Квебек в Канаде. Столица Канады Оттава и вся провинция Квебек остались без электроэнергии. Потери составили 194 тыс. МВт для внутреннего употребления и 1326 МВт, предназначенных для экспорта в США. Шесть миллионов человек 9 ч не имели электричества. Финансовые потери государственных и крупных частных компаний составили до 100 млн. долл., а социологи считают, что с учетом индивидуальных потерь ущерб составляет свыше 1 млрд.

Нарушения в работе технических систем наблюдались в США в штатах Пенсильвания, Нью-Джерси, Мэриленд, Нью-Йорк, Нью-Мексико, Аризона, Калифорния, а также в Швеции, Австралии (усиление коррозии трубопроводов). Зарегистрированы отказы в работе трансатлантических и транстихоокеанских телефонно-телеграфных кабелей. Американский Центр управления

спутниками был вынужден заново перевычислить эфемериды многих искусственных космических объектов (спутники, остатки ракет-носителей, топливные баки и т. д.) с учетом дополнительного торможения атмосферой Земли, изменившейся после вспышки. Зарегистрированы отказы в работе оборудования многих коммерческих и исследовательских спутников (слова из сообщения одного из операторов из ЮАР: «Никогда не видел ничего подобного. Ничто не работает!»). Отказы в работе автоматизированных систем, в том числе самопроизвольное открывание и закрывание автоматических гаражных дверей — проблема, звучащая почти юмористически для российского читателя, но очень болезненная для жителей Америки, где такие системы распространены повсеместно. Все эти события не раз обсуждались на различных симпозиумах и конференциях. Одно из обсуждений состоялось в Канаде.

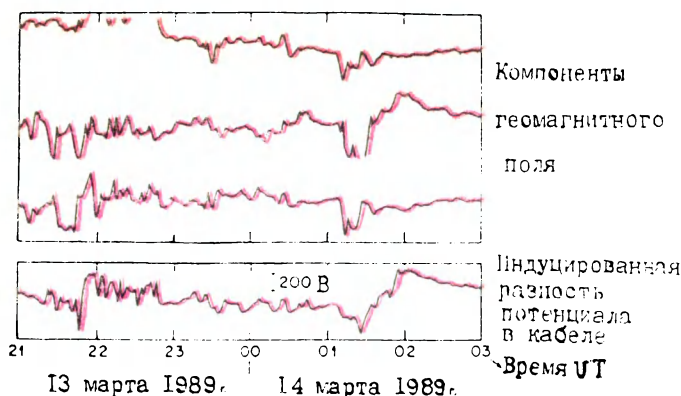
## МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО ГЕЛИО-ГЕОФИЗИЧЕСКОМУ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ

В мае 1992 г. в Оттаве собралось много ученых, инженеров, представителей компаний по передаче электроэнергии, телефонным связям, трубопроводам, офицеров ВВС, экономистов, технологов, агрономов, метеорологов, биологов, экологов на международный симпо-

зиум по гелио-геофизическому прогнозированию.

Представитель электрической компании «Гидро Онтарио» Томсон (Канада) описал влияние магнитных бурь на системы линий высоковольтной передачи электроэнергии. Компания обслуживает часть территории Канады и США и в настоящее время производит  $3 \cdot 10^{12}$  кВт/год. К 2000 г. эта цифра возрастет до  $4 \cdot 10^{12}$  кВт/год. При геомагнитных бурях возникают геомагнитно-индуцированные токи (ГИТ), которые и вызывают нарушения работы систем. Кроме того, можно упомянуть выход из строя трансформатора на силовой подстанции в Нью-Джерси (США) в результате той же бури в марте 1989 г. В настоящее время используются трансформаторы со все меньшими токами в обмотке, поэтому при возникновении ГИТ, которые могут превышать указанные токи в тысячу раз, вся система становится очень уязвимой. Компания принимает специальные меры по предотвращению подобных нарушений во время магнитных бурь. Эти меры включают создание дополнительных линий в целой системе перераспределения нагрузки с «горячих» в магнитном отношении линий на более «холодные».

Аналогичные вопросы рассматривались в докладах представителя электрической компании «Миннесота Пауэр» Каппенманна (США) и представителя электрической компании «Гидро-Квебек» Чеха (Канада). В последнем подчеркивалось, что система электропередачи



Сопоставление поведения геомагнитного поля с индуцированной разностью потенциалов на океаническом кабеле ТАТ-8 в течение двух дней 13 и 14 марта 1989 г. Показаны X(H), Y(D), Z(V) — компоненты магнитного поля, а под ними запись напряжения, зарегистрированного на кабеле. Обратите внимание на точное совпадение во времени возмущений геомагнитного поля и флуктуаций напряжения в кабеле

«Гидро-Квебек» в плане имеет три плеча длиной по 1000 км каждое. Это делает ее особенно уязвимой при сильных магнитных возмущениях, что и показало чрезвычайное происшествие марта 1989 г. Немедленно после него были приняты меры по защите от подобных инцидентов. Эти меры обошлись компании в 1,6 млрд. долл. Во время сильной магнитной бури 28 ноября 1991 г. (сравнимой по интенсивности с событием в марте 1989 г.) система защиты прошла успешную проверку. Однако в ближайшем будущем планируется строительство системы подстраховки существующей сети высоковольтных (735 кВ) линий передачи электроэнергии.

В докладе профессора Л. Ланзеротти и др. (США) рассматривались геомагнитно-индуцированные токи, возникающие на линиях трансатлантического кабеля. Авторы рассматривали два участка кабеля: Тукертон (США — Франция) длиной 6000 км и Пойнт Арена (США — Гавайские острова) — 4000 км. Первый участок был более высокоширотным ( $\varphi = 60\text{—}65^\circ$  с. ш.), чем второй ( $\varphi = 30\text{—}55^\circ$  с. ш.). Оказалось, что под действием ГИТ потенциал кабеля сильно ( $\pm 10$  В) колеблется, причем колеба-

ния сильнее в более высокоширотном кабеле и коррелируют с магнитной активностью. Во время бури 13—14 марта 1989 г. наблюдались колебания потенциала, доходящие до 700 В.

Уязвимое место трубопроводов — система защиты от электролитической коррозии. Для такой защиты все корпуса труб имеют отрицательный потенциал относительно почвы, равный 650 мВ. Во время магнитных бурь он сильно меняется, причем его «скачки» хорошо коррелируют с вариациями магнитного поля. Так, 13—14 марта 1989 г. указанный потенциал изменялся на 2000 мВ, далеко выходя за пределы, допускаемые с точки зрения защиты от коррозии.

#### ВОЗДЕЙСТВИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ТЕХНИКУ

Перечислим некоторые твердо установленные факты воздействия солнечной активности на технические системы (этот список составлен австралийским ученым Р. Томпсоном).

— **Радиосвязь на коротких волнах.** Затухание слышимости в освещенном Солнцем полушарии, нарушение связи во время ионосферных бурь; ухудшение или полное нару-

шение связи во время поглощений в полярной шапке.

— **Низкочастотная и сверхнизкочастотная связь.** Фазовые аномалии в сигналах.

— **ВЧ и УВЧ связь.** Радиointерференция в освещенном Солнцем полушарии; необычные задержки сигналов и рефракция в зоне полярных сияний.

— Нарушения в работе загоризонтных радиолокационных систем.

— Искажения спутниковых геомагнитных съемок для целей геологического картирования.

— Сбои и катастрофы в энергетических сетях.

— Усиление коррозии в магистральных трубопроводах.

— Повышенное торможение спутников.

— Сбои и отказы электронного оборудования и управляющих систем на спутниках.

— Трудности в работе систем навигации.

— Радиационная опасность для экипажей пилотируемых космических аппаратов.

— Радиационная опасность для экипажей и пассажиров высотных самолетов, особенно при трансполярных рейсах и для беременных женщин.

— Трудности в работе си-



стем наведения и операционных систем радиотелескопов.

Впечатляющий список, не правда ли? Тем не менее, как это ни удивительно, скепсис по отношению к солнечно-земным связям менялся весьма медленно. Казалось бы, всем ясно, что человечество создало чрезвычайно сложную неустойчивую систему и по мере своего развития технологическая цивилизация становится все более уязвимой, все более чувствительной к капризам космической погоды. Тем не менее, отношение типа «авось, обойдется» продолжало преобладать и в среде технической интеллигенции, и в среде бизнесменов и политических деятелей.

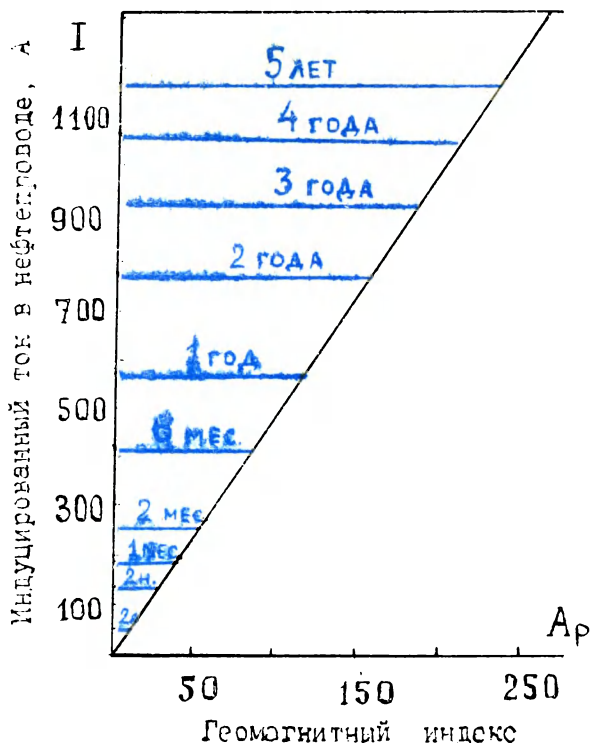
### ВОЗМОЖНЫ ЛИ ДРУГИЕ КАТАСТРОФЫ?

События в марте 1989 г., конечно, исключительны по их последствиям на Земле. Однако, по мнению специалистов, сами вспышки на Солнце и магнитная буря не были какими-то особо мощными. События такой мощности в период солнечного максимума повторяются несколько раз в году. В 1989—1992 гг. произошло 14 вспышек, каждая из которых могла привести к аналогичным последствиям. Достаточно только, чтобы сложились специфические обстоятельства, и произойдет катастрофа или, по крайней мере, серьезный сбой в работе системы. И они происходят.

На симпозиуме в Оттаве Л. Ланзеротти подчеркнул, что перебои и паразитные сигналы наблюдались на телеграфных (а позднее и телефонных) линиях еще с середины прошлого столетия. Лишь в последние десятилетия стало ясно, что подобные перебои связаны с появлением геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ), ко-

торые возникают в длинных проводниках при быстром изменении магнитного поля во время магнитных бурь. Эти токи могут быть очень сильными и приводить к выходу из строя оборудования с очевидными последствиями для работы всей системы. Ланзеротти привел следующий пример. Так 1 ноября 1991 г. в 10,1 Всемирного времени в обмотке одного из трансформаторов телефонной системы Белла возник наведенный ток силой в 80 А при обычном токе 0—0,5 А.

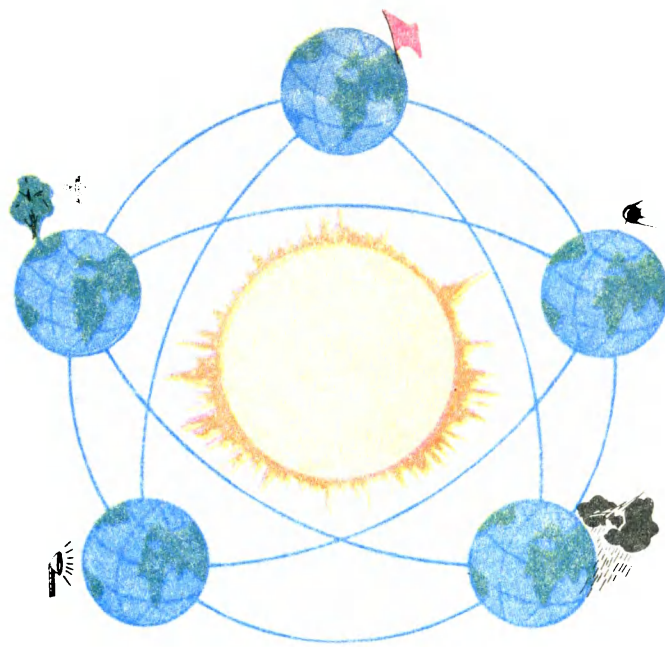
Ряд крупных нарушений и сбоев отмечался в работе космических систем. Наблюдались нарушения в работе огромной Глобальной системы определения положения объектов на поверхности Земли, базирующейся на 23 спутниках. Точность таких определений в «возмущенные» дни падает в несколько раз.





Связь тока в трубах нефтепровода ( $I(A)$ ) с геомагнитной активностью ( $A_p$  — внизу,  $K_p$  — вверху). Горизонтальные линии показывают уровень тока, который можно ожидать один раз в соответствующий временной промежуток (5 лет, 4 года и т. д.). Видно, что токи в Аляскинском нефтепроводе могут достигать многих сотен ампер


### СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ — ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ФАКТОР


Здесь следует сделать одну очень важную замечание. Действие гелиогеофизической активности не является фатальным. Например для хорошо отрегулированной системы или здорового организма эти возмущения не страшны: она имеет в своем распоряжении защитные средства. Однако стоит ей по тем или иным причинам




 космос и верхняя атмосфера

 техника и система связи

 экология и здоровье людей

 Нижняя атмосфера,  
метеорология и климат

 социальные процессы

Хрупкость цивилизации подчеркивается еще и тем, что все важнейшие аспекты ее структуры и существования переплетаются и тесно связаны. Технологические и коммуникационные системы, климат, урожайность, экология, здоровье человека, наконец, социальная атмосфера — всё это так переплетено, что достаточно воздействовать на одну из этих подсистем, чтобы реакция возникла во всей цивилизации

контакты канадских инженеров и геофизиков. Известен закон акцентации Э. Р. Мустеля, по которому солнечная активность усиливает предрасположенность того или иного региона к метеорологическим аномалиям.

Приведем еще несколько примеров. Была создана модель, хорошо описывающая наблюдаемую вариацию биомассы в тундре. Свободный параметр в этой модели — длительность бесснежного периода. Когда в модель включили реальные данные о вариации этого параметра, по наблюдениям местной метеостанции в выходном сигнале проявились 11-летние колебания биомассы, которые и наблюдаются в действительности. При этом сама зависимость метеорологических факторов от солнечной активности весьма слаба и с трудом обнаруживается сложным статистическим анализом.

Многokrатно открывалась и затем снова отвергалась зависимость здоровья людей от геофизических возмущений. В самом деле, если мы возьмем средние статистические данные, то получим крайне ненадежные и противоречивые результаты. Однако, если обратить дни с аномально высокой частотой вызовов «скорой помощи», окажется, что все они точно соответствуют дням, когда составляющая межпланетного магнитного поля  $B_z$

(нарушение регуляционных последствий этого сбоя механизмов, сужение области сбалансированности прямых и обратных связей, чрезмерная переусложненность и т. д.) приблизиться к пределу устойчивости, как она становится очень чувствительной к воздействию космических факторов. Система сама становится как бы резонансным детектором космической погоды. Солнечная активность увеличивает вероятность сбоя и усиливает

последствия этого сбоя вплоть до полного развала системы. Из этого следует еще один важный вывод — подлинный успех в анализе солнечно-земных связей может быть достигнут только при сотрудничестве специалистов в той или иной «земной» отрасли с астрономами и геофизиками. Примеров такого комплексного подхода сегодня известно довольно много. Мы уже упоминали тесные

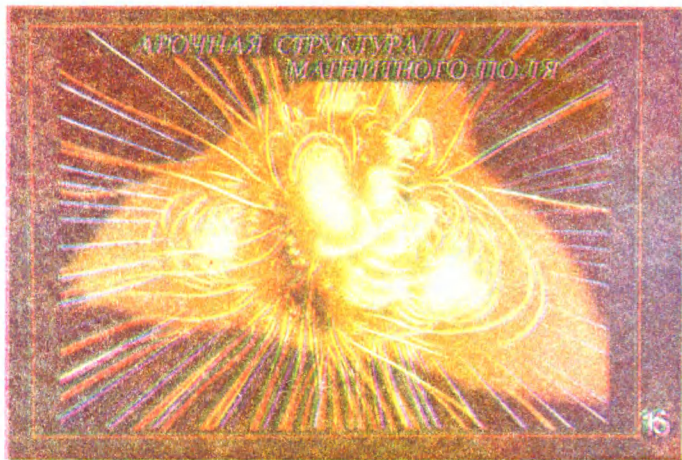
имела южное направление. Именно такая ситуация более всего способствует возникновению сильных магнитных возмущений. Дни с аномально низкой частотой вызовов «скорой помощи» были днями, когда  $B_z$  имела северное направление.

На упоминавшемся симпозиуме любопытный результат продемонстрировал Р. Пратт. Оказывается, что связь солнечной активности с качеством продукции сильно зависит от уровня требований к качеству (чем выше требования, тем заметнее влияние солнечной активности). Около 80 % брака было произведено в течение 1—2 дней вблизи геомагнитного возмущения.

## СКОЛЬКО СТОИТ МАГНИТНАЯ БУРЯ?

Приблизительно так звучали заголовки передовых статей в газетах и журналах США и Канады в марте 1989 г. Мы уже видели, что оценки последствий мартовской катастрофы дают величины от многих десятков миллионов до 1 млрд. долл. Во всяком случае известно, что компании «Гидро-Квебек» меры по защите ее систем электропередачи от повторения мартовских событий обошлись в 1,6 млрд. долл. И это только одна фирма в США! А как оценить суммарную стоимость многих других катастроф и сбоев, нарушения работы спутников и т. д.?

Надо отдать должное канадским инженерам. Они справились с нештатной ситуацией за 9 ч. Иногда задумываешься, что было бы, если бы подобная катастрофа произошла не в Оттаве, а, скажем, в Москве, где зависимость от электроэнергии гораздо выше, а организация работы (увы!) гораздо ниже. При бездействующих метрополитене, троллейбусах, трамвае, радио и телевиде-



нии, системах управления и связи, невыходящих газетах и, как следствие, при полном отсутствии информации, возможной панике и слухах в накаленной социальной среде Москвы — далеко ли до самых страшных последствий.

А ведь возможны куда более грозные катастрофы. Есть некоторые указания на то, что отказы систем управления на атомных электростанциях коррелируют с геомагнитными возмущениями. А возможные отказы систем в военной технике, химической промышленности и т. д.? Поневоле снова задумаешься о хрупкости современной технологической цивилизации и ее зависимости от капризов космической погоды. Ведь еще несколько десятков лет назад гелиогеофизические события типа мартовского вообще прошлого бы незамеченными, и только магнитологи отметили бы в своих каталогах еще одну большую магнитную бурю.

## МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ СОЛНЕЧНОГО ЦИКЛА

Мы уже несколько раз выражали сожаление по поводу определенного скепсиса, су-

Арочная структура магнитного поля

ществующего до сих пор в отношении солнечно-земных связей. Пора теперь честно признаться, что для такого скепсиса есть и некоторые основания. Прежде всего это связано с тем, что многие солнечно-земные связи пока не объяснимы. Мы часто не знаем их основных механизмов, не умеем построить количественную причинно-следственную модель большинства явлений. Можно сказать: «солнечно-земная физика — недостаточно физична».

Нерешенными являются многие фундаментальные проблемы. Разумеется, здесь не место излагать их все. Упомянем лишь некоторые:

1. Источники энергии Солнца, проблема нейтрино и проблема связи процессов в ядре Солнца с процессами в конвективной зоне и фотосфере.

2. Механизмы динамо и природа солнечной активности, основные фазы цикла, взаимоотношение магнитных полей разных масштабов.

3. Первичные источники в нестационарных процессах на Солнце, природа выбро-



Солнечная вспышка вблизи лимба

сов коронального вещества («транзиентов») и их связь с солнечными вспышками.

4. Генерация солнечного ветра и высокоскоростных потоков.

5. Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли, проникновение энергии в магнитосферу и, особенно, в хвост магнитосферы.

6. Собственно солнечные связи, т. е. воздействие на технические системы, экологию, здоровье, климат и погоду и т. д.

Второй общий недостаток наших исследований состоит в том, что до сих пор огромные комплексные программы относились к отдельным фазам цикла и фактически игнорировали взаимосвязь процессов внутри него. По существу мы разбивали эволюционный процесс на ряд статических положений. Со времен парадокса об Ахиллесе и черепахе ясно, что такой подход может привести к грубым ошибкам, особенно при прогнозировании.

Именно поэтому группа российских и американских ученых выступила с предло-

жением о проведении координированной международной программы, совпадающей по времени с 23 циклом солнечной активности (~1995—2005 гг.). Повышенный интерес к этой программе связан с тем, что 23 цикл обещает быть совершенно особенным.

### 23 ЦИКЛ — МАКСИМУМ-МАКСИМОМУМ

Еще четыре — пять лет назад многие специалисты были удивлены необычными характеристиками нынешнего 22 цикла. Чрезвычайно резкий рост активности с 1986 по 1988 гг. подталкивал

прогнозистов к выводу об очень высоком цикле. И действительно, 22 цикл оказался самым мощным из четных. Кроме того, в нем наблюдалось очень большое число вспышек (14!) с генерацией солнечных космических лучей.

Для нас сейчас важно, что в соответствии с правилом Гневышева-Оля, которое не нарушалось почти 200 лет, каждый нечетный цикл выше предшествующего четного. Это означает, что есть основания предполагать, что следующий 23 цикл с максимумом приблизительно в 2000 г. будет самым мощным в истории достоверных астрономических наблюдений — Maximum Maximumum (заметим, что сокращение ММ и означает в римской записи 2000). К такому выводу пришли сегодня многие исследователи, исходя из самых разных методик. Эти прогнозы суммированы в в таблице.

Разумеется, есть и другие прогнозы. Они тоже приведены в таблице. Однако заметим, что они указывают тоже на особенный, но очень низкий цикл.

Если максимум будет высоким, как ожидают многие прогнозисты, то с точки зрения фундаментальных исследований это означает: большинство закономерностей

### Прогнозы максимальных чисел Вольфа для 23 цикла

Автор	Дата прогноза	Средне-месячное значение	Средне-годовое значение
Р. Вильсон	США	1988	175 ± 40
М. Копецкий	Чехо-Словакия	1991	214.7
В. Макаров и В. Михайлуца	Россия	1991	>160
В. Макарова	Россия	1991	>160
Ю. Витинский	Россия	1992	189
Ю. Ривин	Россия	1992	225 ± 8
В. Обридко	Россия	1992	200 ± 25
В. Тритакис	Греция	1986	140 ± 10
В. Шов	Англия	1983	85—120
В. Чистяков	Россия	1983	75
Н. Контор	Россия	1983	110
А. Мордвинов	Россия	1992	81

солнечно-земной физики проявятся наиболее отчетливо и станут более доступны исследователям. С прикладной точки зрения можно ожидать, что неблагоприятные события в технологии, медицине, экологии, метеорологии и т. д., о которых мы говорили выше, проявятся чаще и последствия будут сильнее. Если цикл будет очень низким, то это, в первую очередь, изменит многие наши представления о солнечной активности. С прикладной точки зрения вопрос тоже не так прост. Современная неустойчивая технологическая цивилизация никогда еще не переживала

длительного (до 10 лет) периода низкой активности. Есть основания полагать, что «крайности сходятся» и очень низкая солнечная активность тоже нарушает привычный ритм жизни на Земле.

Таким образом, с любой точки зрения 23 цикл необычайно интересен для понимания природы солнечной цикличности.

Итак, готовится новая международная программа, приближающаяся по размаху к «Международному геофизическому году» (1957—1958 гг.), но существенно более продолжительная и еще более объемная. Появились

новые области исследований, новые направления. Достаточно вспомнить гелиосейсмологию, нейтринную астрономию, вариацию полного излучения Солнца, транзиенты, существование большого объема внеатмосферных исследований, новые аспекты солнечно-земных связей (технология, экология, озоновый слой и т. д.). Заметим, что особенно возрастает роль экологии. Уже ясно, что если XX в. был веком физики, то XXI в. будет веком экологии. Разумеется, первая большая программа по солнечно-земной физике, обращенная в XXI в., не может пройти мимо этого.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Книга об экологических преступлениях

Мерри Фешбах — профессор демографии Джорджтаунского университета в прошлом был советником генерального секретаря НАТО, много лет работал в Советском Союзе. Альфред Френдли-младший — бывший шеф корпоративного пункта журнала «Ньюсуик» в Москве. Результатом научно-исследовательской и журналистской работы этих людей стала книга «Экоцид в СССР» (с подзаголовком — «Здоровье и природа на осадном положении»), переведенная и изданная в Москве в 1992 г. (вскоре после появления английского оригинала).

В предисловии к русскому изданию академик С. П. Залыгин отметил, что «американские исследователи обладают значительно более обширными знаниями о нас, об условиях нашего существования, чем мы сами...»

Вот первые строки первой главы: «Когда историки произведут, наконец, вскрытие труп скончавшегося Советского Союза и советского коммунизма, то, возможно, причиной смерти они назо-



вут экоцид. Для новой эры это будет беспрецедентный, за исключением, пожалуй, таинственного угасания империи Майя, но правдоподобный вывод. Ни одна другая промышленная цивилизация не отравляла столь долго и столь планомерно свою землю, воздух воду и народ. Никто, столь громко декларируя свои усилия по совершенствованию здравоохранения и защиты природы, не довел до такого жалкого состояния и то, и другое. И ни одно пере-

довое общество не встречало экономический и политический кризис, обладая такими скудными ресурсами для восстановления».

А далее следует множество фактов и комментариев о сокращении жизни, болезнях людей, гнетущей нужде, раболопной науке, смердящей разлуке, болезнях земли, погибающих водоемах, загрязненном воздухе и о многом другом в виде небольших очерков или красноречивых таблиц...

Авторы убеждены, что они написали назидательную историю, но добавляют: «...мрачная картина, описанная в нашей книге, частично становится лучше, принимая во внимание обнаруженные нами примеры сознательного и гражданского пробуждения, проявления народных движений, которые встали на защиту окружающей среды от дальнейшего ее поругания и берут на себя решение исторических вопросов, по крайней мере, тех, которые касаются их судьбы. Очень трудно быть оптимистически настроенным по поводу темпов или хотя бы результатов тех усилий, которые предпринимаются для восстановления разрушенной экономики...»

Кратко пересказать такую книгу невозможно. К сожалению, довольно трудно будет и прочитать ее, ибо она издана тиражом 20 тыс. экземпляров.

## АХАФ- рентгеновский телескоп нового поколения

В. Г. СУРДИН,  
кандидат физико-математических наук  
Е. К. ШЕФФЕР,  
кандидат физико-математических наук  
ГАИШ МГУ

Рентгеновская астрономия уже почти полвека, и эпоха лёгких открытий в ней, несомненно, закончилась. Если воспользоваться аналогией с оптическими наблюдениями, то рентгеновская астрономия уже прошла этап созерцания неба невооружённым глазом и вступила в эпоху «малых любительских телескопов». В ближайшие же годы на околоземной орбите будут работать крупные инструменты - наступит эпоха «профессиональных телескопов».

### ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ АСТРОНОМИИ

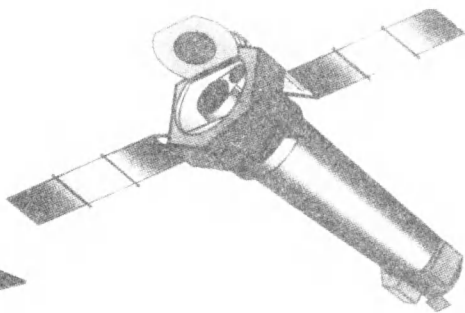
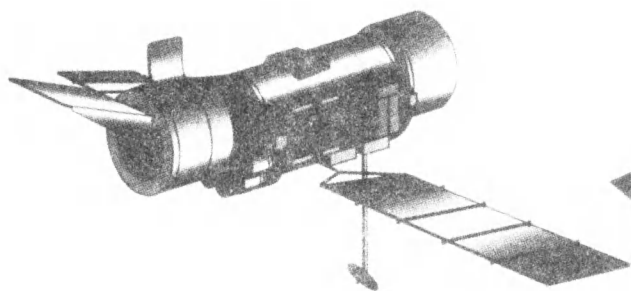
Земная атмосфера непрозрачна для рентгеновских лучей. Поэтому рентгеновская астрономия родилась вместе с ракетной техникой: в 1948 г. с помощью фотопластинок, поднятых ракетой «Фау-2» на высоту около 160 км, Р. Бар-



найт из Морской лаборатории (США) открыл рентгеновское излучение Солнца. В 1962 г., заменив фотопла-

стинку счетчиком Гейгера, астрономы обнаружили второй рентгеновский источник, на этот раз за пределом Солнечной системы — это был Sco X-1. Принятая в те годы система наименований была проста: «Sco X-1» означает — ярчайший (1) рентгеновский (X-ray) источник в созвездии Скорпиона (Sco). Третьим объектом рентгеновской астрономии, обнаруженным в 1963 г., стала знаменитая Крабовидная туманность в созвездии Тельца (Tau X-1).

В 60-е годы рентгеновские детекторы в основном поднимались за пределы атмосферы на геофизических ракетах; их вертикальный полет продолжался лишь несколько минут, так что в этот период на карты рентгеновского неба было нанесено всего около 40 источников. Но в 70-е годы чувствительные рентгеновские детекторы стали размещать на искусственных спутниках



Земли, наиболее известные из которых — «Ухуру», «АНС», «Коперник», «ОСО-7», «САС-3». Затем последовал запуск крупных аппаратов — «ХЕАО-1», «Эйнштейн», «Астрон», «Гранат», «Росат», аппаратура на станциях «Салют-4 и -7», «Скайлэб», «Мир». Хотя работа каждого из них принесла интереснейшую астрофизическую информацию, наиболее важными этапами в развитии рентгеновской астрономии стали запуски первого рентгеновского детектора высокой чувствительности «Ухуру» в 1970 г. и первого рентгеновского телескопа-рефлектора «Эйнштейн» в 1978 г. (обладал высокой чувствительностью и высоким угловым разрешением 2—4"). С их помощью были открыты рентгеновские двойные звезды, рентгеновские пульсары и вспыхивающие источники, нормальные звезды с горячими коронами, активные ядра галактик и межгалактический газ в скоплениях галактик. В 80-е и в начале 90-х годов на орбите уже работало немало мощных инструментов, но их характеристики оставались традиционными (Земля и Вселенная, 1989, № 5, с. 30.— Ред.).

Следующий крупный шаг в рентгеновской астрономии ожидается в 1998 г., когда произойдет запуск новой ор-

битальной обсерватории AXAF — «Advanced X-ray Astrophysics Facility» («Передовое рентгеновское астрофизическое оборудование»).

Еще в 70-х годах американские астрономы задумали создать четыре крупных орбитальных обсерватории, способных перекрыть всю шкалу электромагнитных волн, за исключением радио. В мае 1990 г. был выведен на орбиту HST — «Hubble Space Telescope» (Космический телескоп им. Хаббла), работающий в оптическом и ближнем ультрафиолетовом диапазоне (Земля и Вселенная, 1987, № 4, с. 49). Затем, в апреле 1991 г. была запущена GRO — «Gamma Ray Observatory» (Обсерватория гамма-лучей им. Комптона). На очереди рентгеновская обсерватория AXAF, а за ней должна начать работу инфракрасная обсерватория SIRTf — «Space Infrared Telescope Facility» («Оборудование космического инфракрасного телескопа»).

Однако последние два проекта подвергаются сейчас существенному пересмотру. Дело в том, что изготовление первых обсерваторий стоило очень дорого: HST обошелся в 5,55 млрд долл., а GRO — в 600 млн долл. При этом каждый из спутников был выведен на орбиту с помощью специально организованных экспеди-

Орбитальная рентгеновская обсерватория AXAF. Слева — первоначальный вариант проекта, справа — его современный вариант, состоящий из двух спутников.

ций на кораблях «Спейс Шаттл». Ошибки при изготовлении телескопа HST и общие экономические трудности заставили NASA пересмотреть бюджет перспективных астрофизических проектов. Прежде всего, решено отказаться от «Шаттла» или мощной ракеты «Титан», которые требовались для запуска тяжелых обсерваторий. Орбитальные обсерватории должны стать легче, чтобы их запуск можно было осуществить дешевыми одноразовыми ракетами типа «Атлас».

Для инфракрасной обсерватории SIRTf это означает, что необходимо уменьшить диаметр главного зеркала с 85 до 70 см, размеры спутника почти вдвое и минимальное время его жизни с пяти до трех лет. Правда, в последнее время появились новые очень чувствительные детекторы инфракрасного излучения, которые должны компенсировать уменьшение площади зеркала телескопа. Ученые NASA надеются, что им удастся осуществить запуск инфра-

красной обсерватории до 2000 г.

Еще более радикальные изменения предстоят в проекте АХАФ. Сначала обсерватория задумывалась как спутник 17 м в длину и массой 15 т; размах крыльев солнечных батарей должен был составлять 26 м. Теперь же планируется вместо одного большого спутника сделать два поменьше: на основном (14 м в длину и массой около 6 т) разместят главный рентгеновский телескоп, второй будет снабжен рентгеновскими спектрометрами. Первоначально запуск рентгеновской обсерватории планировался на 1987 г. Теперь называют 1998 г. Чего же ожидают астрономы от обсерватории АХАФ?

## МОЖНО ЛИ ПЛАНИРОВАТЬ ОТКРЫТИЯ?

Оказывается, можно! Особенно, если знаешь, что ищешь. В рентгеновской астрономии сейчас именно такая ситуация: хорошо известно, каковы должны быть параметры рентгеновского телескопа, чтобы с его помощью сделать долгожданные открытия в области космологии и релятивистской астрофизики. Однако создать такой инструмент долгое время не удавалось.

Существуют два принципиально различных типа рентгеновских детекторов: **пропорциональные счетчики квантов с коллиматорами** и **рентгеновские телескопы с фокусирующей системой и детекторами изображения**<sup>1</sup>. Первый из них применялся на «Ухуру», второй — на «Эйнштейне».

<sup>1</sup> В действительности создано значительно больше всевозможных типов рентгеновских детекторов, но мы хотим показать принципиальное различие между ними.

Пропорциональный счетчик — это современный вариант счетчика Гейгера, т. е. газонаполненная трубка с двумя электродами — положительным и отрицательным. Рентгеновский квант, влетая в трубку через затененное тонкой пленочкой окно, ионизует газ, а электроды собирают образовавшиеся при этом ионы и электроны. Измеряя возникающий импульс тока, можно определить энергию зарегистрированного кванта: они приблизительно пропорциональны друг другу (отсюда и название счетчика). Пропорциональные счетчики способны регистрировать кванты в широком диапазоне энергии — от 1 до 30 эВ, — и имеют неплохое спектральное разрешение, т. е. определяют энергию кванта с точностью в 15—20 %. Однако сам по себе пропорциональный счетчик подобен фотопластинке без объектива: он регистрирует кванты, приходящие со всех сторон. Если есть сигнал, значит где-то перед счетчиком находится источник рентгеновского излучения, но где именно — неизвестно.

Чтобы определить направление на источник, используют теневые коллиматоры, дающие свободный доступ к счетчику лишь квантам, приходящим с определенного направления, и затеняющие счетчик от всех остальных квантов. Продолжая аналогию с фотопластинкой, можно сказать, что, положив ее на дно глубокого колодца или длинной трубы, мы получаем возможность фиксировать направление на яркие источники, подобные Солнцу: как только они оказываются на оси нашего «коллиматора», пластинка чернеет. Однако изображение объекта таким инструментом не получишь: угловое разрешение у него низкое, да и чувствительность невелика. Ведь он фиксирует

все кванты, проходящие через данный «коллиматор» — как кванты от источника, так и фон неба. А в рентгеновском диапазоне небо довольно яркое. Ситуация напоминает дневное наблюдение звезд с поверхности Земли: невооруженным глазом видны лишь яркие источники — Солнце, Луна, Венера, — а звезды меркнут в сиянии дневного неба. Коллиматор тут беспомощен (вспомним: звезды не заметны днем со дна глубокого колодца!), но может помочь оптическая система — телескоп. Он создает изображение кусочка неба и дает возможность наблюдать звезду отдельно от фона.

Рентгеновский объектив, если его изготовить, позволяет счетчику выделить источник из фона. А если разместить в фокусе рентгеновского объектива много маленьких счетчиков, то они, подобно зернам фотоземли, построят картину рентгеновского неба, причем картину «цветную», если эти счетчики будут правильно воспринимать энергию падающих фотонов.

К сожалению, создать рентгеновский объектив очень непросто: жесткие кванты проникают вглубь вещества объектива, ни преломляясь, ни отражаясь. Лишь самые малоэнергичные рентгеновские кванты, падая очень полого на хорошо отполированную металлическую поверхность, отражаются от нее по законам геометрической оптики. Поэтому рентгеновский объектив, представляющий комбинацию парабооида и гипербооида вращения, очень похож на чуть коническую трубу. Обычно, чтобы перехватить побольше квантов, изготавливают несколько объективов разного диаметра, но с одинаковым фокусным расстоянием и укрепляют их соосно наподобие матрешки. Тогда все изобра-



**Эффективная площадь и спектральный диапазон главного зеркала телескопа AXAF в сравнении с телескопом космической обсерватории «Эйнштейн»**

жения складываются в фокальной плоскости и взаимно усиливаются. Размещенный в этой плоскости детектор рентгеновских квантов фиксирует их координаты и передает на ЭВМ, которая синтезирует картинку.

На обсерватории «Эйнштейн» был установлен телескоп с диаметром зеркала 60 см. Однако эффективная площадь сложного зеркала сильно зависела от энергии приходящих квантов: для квантов мягкого рентгеновского излучения с энергией 0,25 кэВ она составляла 400 см<sup>2</sup> и уменьшалась до 30 см<sup>2</sup> для квантов с энергией 4 кэВ. А для регистрации еще более жестких квантов телескоп был вообще непригоден.

Это очень печально, поскольку именно жесткие кванты несут уникальную информацию. Каждый астроном знает, как важно зафиксировать спектральную линию химического элемента: ее интенсивность указывает на содержание элемента, а положение в спектре говорит о скорости движения источника (доплер-эффект). Однако в рентгеновских спектрах линий почти нет; обычно в спектре горячего межзвездного газа присутствует лишь одна линия железа с энергией квантов около 7 кэВ. Многие астрофизики мечтают получить изображение в ней «своих» объектов. Например, исследователи галактик могли бы по ним определить содержание тяжелых элементов в горячих коронах звездных систем и в межгалактическом газе; они могли бы измерить ско-

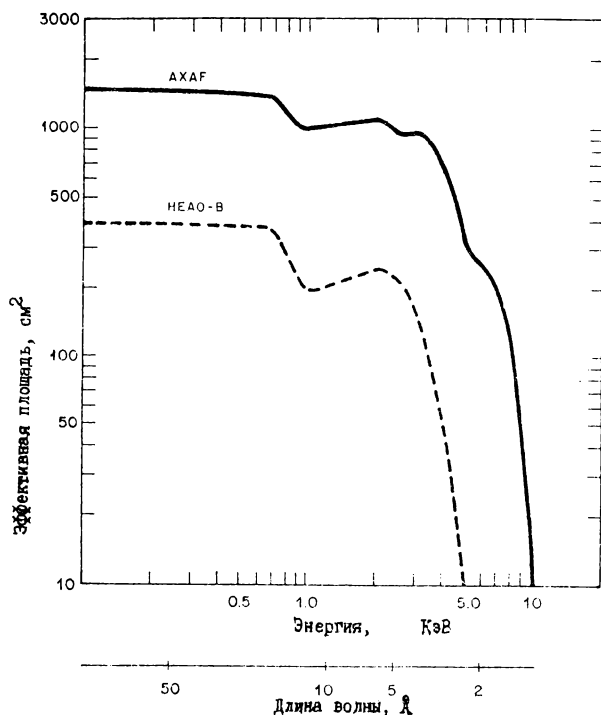
рость скоплений галактик и непосредственно определить расстояние до них, что позволило бы уточнить постоанную Хаббла и возраст Вселенной. К сожалению, телескоп обсерватории «Эйнштейн» не способен работать в области 7 кэВ: его чувствительность ограничивается диапазоном 0,1–4 кэВ.

Запущенная в июне 1990 г. рентгеновская обсерватория ROSAT («Röntgen Satellite»), созданная в основном специалистами Германии, хотя и имеет более высокую чувствительность, чем «Эйнштейн», но и ее рабочий диапазон относительно невелик: 0,1–2 кэВ. Угловое разрешение ROSAT (4'') примерно такое же, как у «Эйнштейна» (2''–4'').

А вот телескоп обсерватории AXAF будет способен строить изображение в диапазоне 0,1–10 кэВ и при этом даст разрешение как у хорошего оптического те-

лескопа (0,5''). Учитывая к тому же, что его составное зеркало будет иметь диаметр 1,2 м, при наблюдении точечных источников AXAF окажется почти в сто раз более чувствительным, чем «Эйнштейн». Это означает: ему станет доступен почти в тысячу раз больший объем пространства для исследования источников известного типа. А сколько принципиально новых объектов будет открыто? Можно лишь догадываться...

К тому же AXAF будет снабжен кристаллическим брегговским спектрометром высокого разрешения, дающим возможность определять энергию квантов с точностью выше, чем 0,1%. Принцип работы этого прибора аналогичен оптической дифракционной решетке, но поскольку длина волны рентгеновского излучения очень мала, роль дифракционной решетки для него в бреггов-



ском спектрографе играет природный кристалл, расстояние между слоями атомов в котором близко к длине волны рентгеновского излучения.

### ТРЕТИЙ ЭТАП РЕНТГЕНОВСКОЙ АСТРОНОМИИ

В книге П. Р. Амнуэля «Небо в рентгеновских лучах» (М.: Наука, 1984) приводится любопытная аналогия между рентгеновской и оптической астрономией. Обзор рентгеновского неба со спутника «Ухуру» был подобен рассматриванию ночного неба невооруженным глазом. Действительно, самый яркий «звездный» объект на не-

бе — Венера — в 10 тыс. раз ярче самой слабой звезды  $6^m$ , доступной глазу; таково же отношение потоков от ярчайшего рентгеновского источника Sco X-1 и слабейшего источника, обнаруженного «Ухуру». Запуск телескопа на обсерватории «Эйнштейн» в 100 раз более чувствительного, чем «Ухуру», был эквивалентен появлению оптического телескопа скромного, любительского уровня, в который видны звезды до  $11^m$ . А еще в 100 раз более чувствительный AXAF будет подобен хорошему профессиональному телескопу, для которого доступны звезды до  $16^m$ .

Каждая новая орбитальная обсерватория вносит свой

важный вклад в астрономию. Даже инструменты с традиционными параметрами способны собрать большой массив уникальной информации и сделать немало открытий; пример тому — российская обсерватория «Гранат» (Земля и Вселенная, 1993, № 1, с. 17.— Ред.). Еще важнее создать приборы с уникальными характеристиками, каждый из которых даст рывок в науке. Один только пример: до запуска обсерватории GRO в гамма-диапазоне было зафиксировано лишь два пульсара — Crab и Vela — а сейчас их около 500! Поэтому астрофизики с нетерпением ожидают начала работы новых крупных обсерваторий на орбите.

---

## Информация

---

### Научная сессия Абастуманской астрофизической обсерватории

15—16 октября 1992 г. в Тбилиси состоялась отчетно-информационная научная сессия Абастуманской астрофизической обсерватории Академии наук Республики Грузии.

Сессию открыл директор Абастуманской астрофизической об-

серватории академик Е. К. Харадзе. В его докладе, посвященном деятельности Абастуманской астрофизической обсерватории за период с 1932 по 1992 год, были отражены основные моменты становления и укрепления научно-технической базы обсерватории, отмечалась положительная роль Абастуманской обсерватории в развитии творческого сотрудничества с астрономическими обсерваториями и учреждениями Москвы, Санкт-Петербурга, Киева, Крыма, Бюракана. Подведя основные итоги 60-летней деятельности обсерватории, академик Е. К. Харадзе расска-

зал о перспективах и планах ее дальнейшей работы.

Всего на сессии прозвучало около двух десятков докладов, представлявших работы всех научных отделов обсерватории и познакомивших слушателей с их основными достижениями и темами будущих перспективных работ. После завершения выступлений научных сотрудников академик Е. К. Харадзе подвел итоги. Все доклады будут опубликованы в Бюллетене Абастуманской астрофизической обсерватории.

*Г. Г. ГЕОРГОБИАНИ,  
кандидат исторических наук*

# Графические модели мира

А. М. БЕРЛЯНТ,  
доктор географических наук  
МГУ им. М. В. Ломоносова

### КАРТОГРАФИЯ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Сегодня очень важным становится взаимодействие картографии с геоинформатикой — стремительно прогрессирующей научной дисциплиной, которая изучает природные и социально-экономические геосистемы (их структуру, связи, динамику, функционирование (в пространстве-времени) посредством компьютерного моделирования на основе баз цифровых данных и географических знаний).

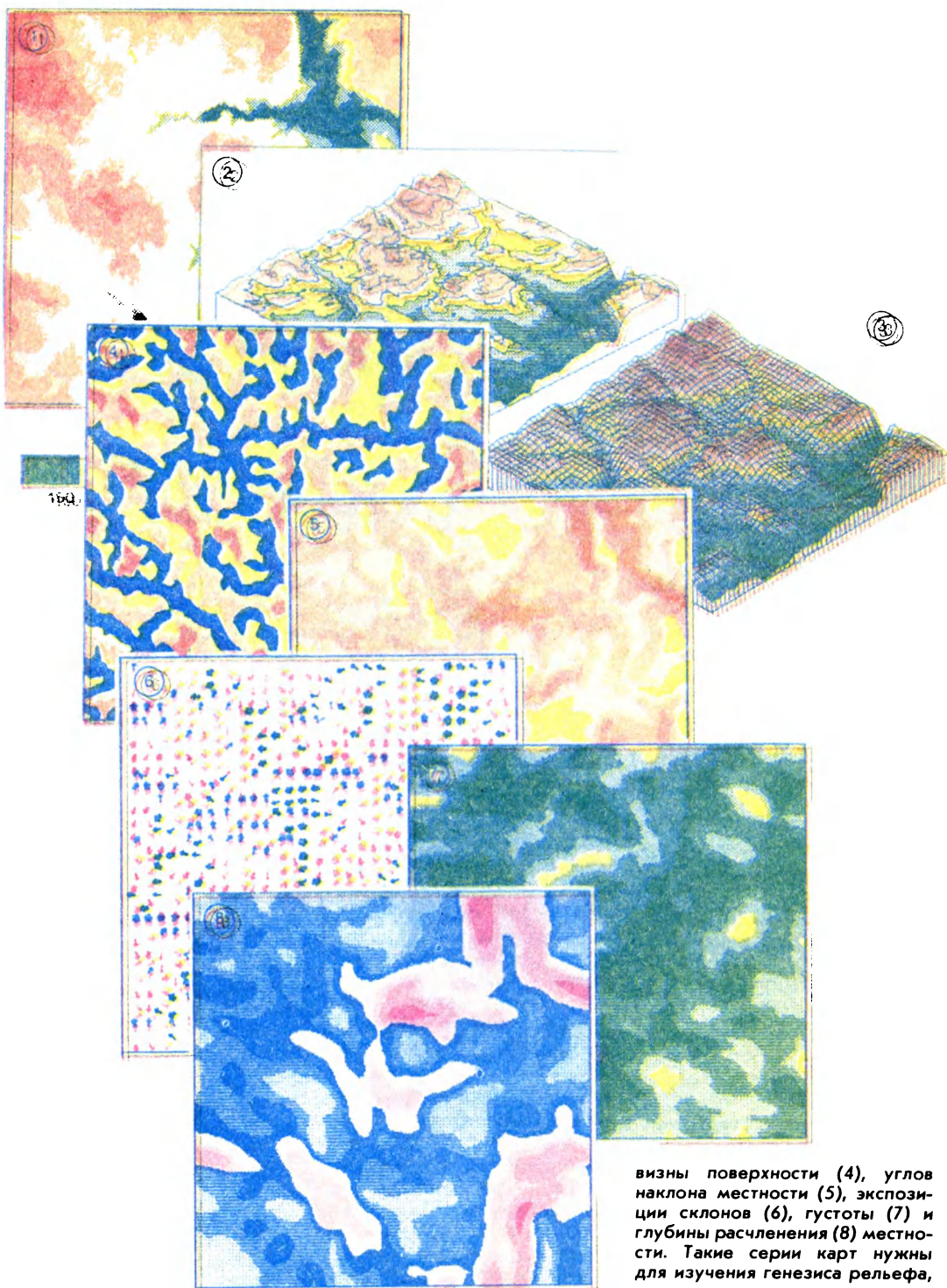
Подобно картографии, геоинформатика — не только наука, но и технология. Она занята созданием **географических информационных систем (ГИС)** — высокоавтоматизированных интерактивных комплексов, предназначенных для сбора, хранения, преобразования, отображения и распространения пространственно-координированной информации. ГИС получили сейчас широчайшее применение во всем мире. С их помощью выполняют инвентаризацию природных и трудовых ресурсов, оптимизируют природопользование, дают оперативные оценки и прогноз экологической об-



**Карты - одно из замечательных достижений цивилизации. Это одновременно и «модели мира», и каналы коммуникации, связывающие составителя карты с читателем, и особые тексты на языке картографических знаков, и даже продукция производства, пользующаяся огромным спросом буквально у всех - от туристов и автолюбителей до парламентариев и министров. Картография, издавна связанная с науками о Земле, а также со многими социально-экономическими дисциплинами, в наши дни установила прочный контакт с новыми отраслями научного знания. Среди них семиотика и машинная графика, теория моделирования и иконика, психология восприятия изображений и теория распознавания образов.**

становки, наконец, решают многие управленческие задачи. Главная функция ГИС — обеспечение пользователя достоверной информацией, необходимой для принятия решений. А пространственную информацию лучше всего черпать из карт и снимков, но главное — удобнее всего представлять ее потребителю опять-таки в картографической форме. Так уж устроен человек, предпочитающий «один раз увидеть...»

Отсюда и происходит тесная связь картографии с геоинформатикой. Системы компьютерного картографирования оказались главным компонентом, сердцевинной ГИС, а информация, заключенная в картах, — ценнейшим продуктом и товаром. Существенно изменилась в наши дни социальная роль и ответственность картографии, которая превратилась по существу в держателя и распорядителя пространственной информации. От наличия точной, полной и достоверной картографической информации зависит теперь не только успех научных изысканий, но и принятие эффективных хозяйственных решений, формирование политики, выбор вариантов развития национальных отношений, обеспечение экологиче-



Цифровые модели рельефа (ЦМР) позволяют в считанные минуты генерировать на экране компьютера всевозможные двумерные и трехмерные изобра-

жения по правилам «картографической алгебры». Обычную карту рельефа (1) можно преобразовать в блок-диаграммы разного вида (2, 3), карту кри-

визны поверхности (4), углов наклона местности (5), экспозиции склонов (6), густоты (7) и глубины расчленения (8) местности. Такие серии карт нужны для изучения генезиса рельефа, интенсивности современных рельефообразующих процессов, оценки возможностей сельскохозяйственного освоения земель, инженерного строительства и т. п.

ского равновесия, разрешенные разного рода конфликтных ситуаций и многое другое. В последние годы пришлось убедиться, что отсутствие надежной картографической информации приводит к серьезным ошибкам и даже политическим просчетам. Известно, например, что бизнесмены, вкладывающие средства в развитие какого-либо производства, весьма озабочены этнографической картой территории — возможные этнические конфликты могут поставить под угрозу всё предприятие.

Связи картографии с геоинформатикой прочны и взаимовыгодны: с одной стороны, ГИС всецело опираются на картографическую информацию, а с другой — они способствуют прогрессу новых методов и средств компьютерной картографии.

## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

Многие страны уже сформировали особые научно-исследовательские центры, реализующие специальные национальные и региональные программы по геоинформатике. В них изучают реальных и потенциальных пользователей ГИС, анализируют юридические проблемы сбора и распространения геоинформации, создают государственные стандарты для получения и обмена цифровыми данными. Подобный научно-производственный центр геоинформации — Росгеоинформ — существует и в нашей стране в системе Федеральной службы геодезии и картографии. В ее задачи входит создание государственных фондов картографо-геодезической информации, изготовление цифровых карт формирования региональных геоинформационных центров в шести городах России (Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Ново-

сибирске, Иркутске и Хабаровске).

Все это способствует формированию особого научно-практического направления в картографии — **геоинформационного картографирования**, суть которого составляет автоматизированное создание карт геосистем и их компонентов на базе ГИС. Главные отличительные черты геоинформационного картографирования как системного (обычно серийного) создания и использования карт — это ориентация на конкретные управленческие задачи, четкая целевая установка, прикладной характер картографических произведений. По оценкам специалистов, до 80 % карт, составляемых с помощью ГИС, носят оценочный или прогнозный характер, отражают то или иное целевое районирование территории.

Еще одна важная особенность геоинформационного картографирования — его оперативность. Картографические изображения часто создают непосредственно по данным дистанционного зондирования, материалам текущей статистической отчетности, результатам стационарных наблюдений. Оперативные карты бывают эскизными, рассчитаны они на кратковременное пользование — для решения какой-либо конкретной, порой весьма специфической задачи. Нередко жизнь таких карт измеряется мгновениями: они передают не какую-то устойчивую, тщательно выверенную концепцию, не итог многолетних наблюдений и обобщений, а сиюминутную ситуацию и спектр возможных вариантов ее дальнейшего развития. Такие карты предназначены для экспертных оценок и оперативного принятия решений.

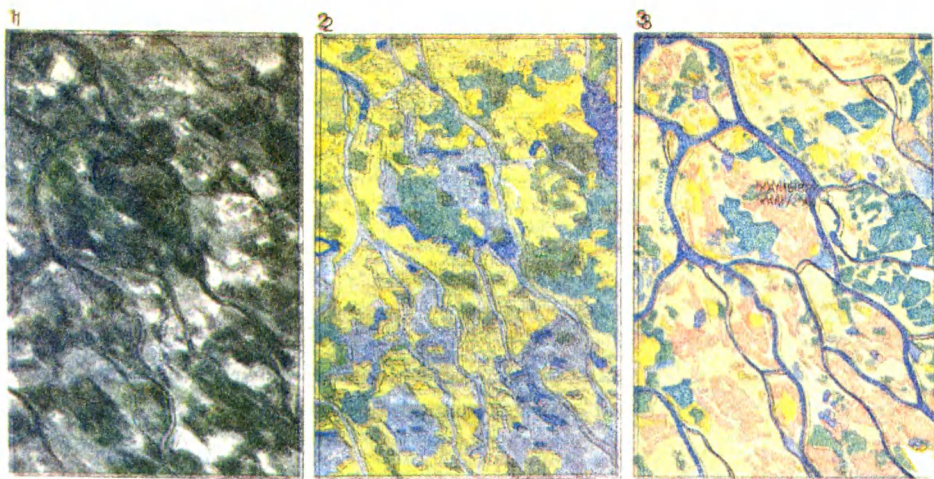
Материалы аэро- и космической съемки стали основой для изготовления новых типов карт — фотокарт, космо-

фотокарт, иконокарт. Это особые изображения, на которых геометрически откорректированные фотопланы (черно-белые или цветные) совмещены с рамкой, сеткой координат и традиционной топографической нагрузкой (названиями, условными знаками и т. п.). Такие изображения сочетают подробность снимков с точностью топографических карт и пользуются спросом у геологов, почвоведов, специалистов по архитектуре ландшафта.

Современные автоматические картографические системы позволяют оперативно воспроизводить на экране дисплея сравнительно простые статистические картограммы и картодиаграммы, карты с изолиниями и цветовой фоновой окраской. Преобразуя их, можно получать всевозможные производные изображения, например, карты рельефа удается сравнительно легко трансформировать в карты углов наклона местности, экспозиции, кривизны склонов, расчленения рельефа. Карты населенных пунктов преобразуют в карты плотности населения, карты дорог — в карты транспортной обеспеченности территории и т. д. Все это — результат математико-картографического моделирования, применения «картографической алгебры» к обработке пространственных цифровых моделей.

## НОВЫЕ ВИДЫ ГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Как же в таких условиях обеспечить наглядность, читаемость карт, их оптимальное и наиболее эффективное зрительное восприятие? Методы компьютерной графики позволяют укрупнять или уменьшать изображение или отдельные его фрагменты, строить трехмерные блок-диаграммы, поворачивать, наклонять, растягивать их, добиваясь наиболее удобного для



обозрения ракурса, и даже «оживлять» карты, заставляя их двигаться по экрану.

В практику все больше входят электронные или компьютерные карты и атласы, создаваемые и управляемые с помощью специальных программ. Они воспроизводятся порознь или совместно, что облегчает их комплексный анализ, взаимную корреляцию, сопоставление и наложение, генерирование производных изображений и т. п. Компьютерные атласы содержат серии согласованных видеокарт разного пространственного охвата и разной степени синтеза данных, и главное — всевозможной тематики: геологические, ландшафтные, экономические, экологические и многие другие.

Электронные карты широко применяются в навигации, они выводятся на экраны дисплеев в штурманских рубках судов и пилотских кабинах самолетов. На те же экраны одновременно выводится и накладывается на карты навигационная информация. На морской электронной карте трассируется путь судна, расчетный маршрут, отмечаются места навигационной опасности, фарватеры, створы, маяки, особыми знаками выделяются безопасные глубины

От снимка к карте: по фрагменту космического снимка дельты Волги (1) проведена алгоритмическая обработка и классификация контуров (2), а затем составлена карта сельскохозяйственного использования земель (3). На ней видны темно-зеленые рисовые поля, желтые пространства сенокосов и пастбищ и другие угодья

ны и т. п. Электронные карты подобного типа входят теперь в повседневный быт, и уже сегодня существуют системы картографической визуализации, установленные в салонах автомобилей. По ним водитель следит за маршрутом и получает текущую информацию о положении на дорогах и местности, по которой он проезжает.

В компьютерной картографии много внимания уделяется трехмерным пространственным и пространственно-временным моделям. Это фотографические блок-диаграммы, растровые стереоскопические анаглифы (на них изображение даётся в двух взаимодополнительных цветах, так что, глядя на них сквозь специальные очки-светофильтры, можно получить объемное рельефное пред-

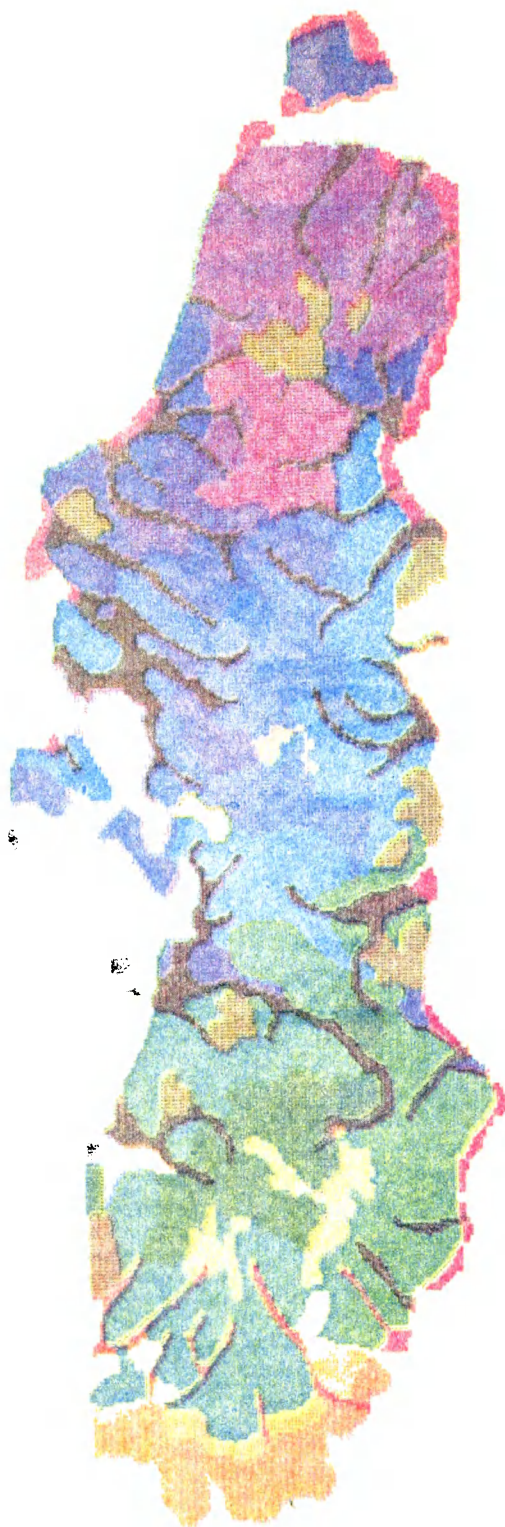
ставление о местности), объемные мультипликации и даже голографические изображения. Сейчас проводятся эксперименты по изготовлению голографических фильмов и генерированию на ЭВМ цифровых голограмм. В перспективе с их помощью можно будет объемно воспроизводить на экране такие абстрактные объекты, как например, расчетные температурные поля, модели напряжений в земной коре, поля гравитации, а также невидимые поверхности (глубинные геологические структуры, поверхности раздела водных масс в океане, атмосферные фронты).

Иногда даже говорят о трехмерной картографии. Методы машинной графики позволяют воспроизводить на экранах параллактические смещения изображений как функции высоты, глубины, мощности (например, мощности геологических пород, толщины ледников), моделировать удаленность объектов от наблюдателя. Так создаются фотопанорамы и особые картинные изображения местности, обладающие и наглядностью реальных пейзажей, и точностью карт. Это незаменимое средство изучения ландшафта для проек-

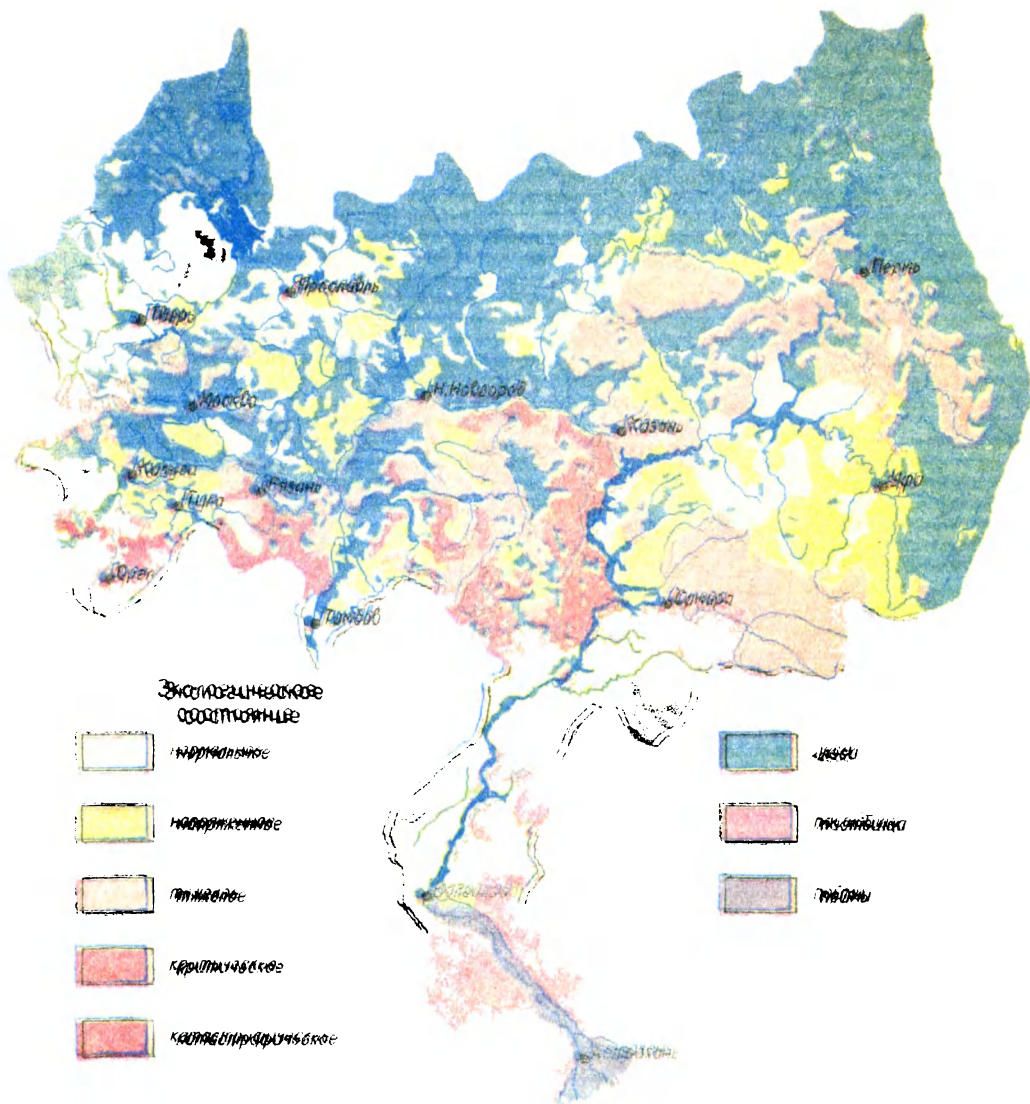
тировщиков, строителей и архитекторов. По картинным изображениям они могут проектировать застройку территории, прогнозировать изменения окружающей среды после строительства сооружений и дорог, оценивать неблагоприятные последствия инженерного вмешательства, планировать меры по созданию охранных зон, восстановлению растительности, рекультивации ландшафта. В стремлении обеспечить наглядность изображения компьютерная картография здесь почти смыкается с художественным дизайном.

Геоинформационное картографирование постепенно включает в исследовательскую практику и такие новые виды изображений, как картографические мультипликации и фильмы, воспроизводящие изменения состояния, пространственную динамику, эволюцию, траектории развития геосистем и отдельных их элементов. Такие фильмы состоят из разновременных карт или серий снимков, они могут быть плоскими или стереоскопическими, отражать реальные географические, геологические, геофизические объекты или абстрактные модели, даже воссоздавать палеогеографические ситуации (например, движения континентальных плит) или прогнозируемые состояния геосистем.

В одних случаях на кадрах последовательно представ-



Компьютерная ландшафтная карта полуострова Ямал. Холодные фиолетово-синие тона передают северо-тундровые ландшафты с низкими тепловыми ресурсами и неглубоким залеганием зоны вечной мерзлоты. Желто-зеленая гамма отражает несколько более теплые ландшафты, а оранжево-красная — переувлажненные затопляемые побережья Обской губы. Вся поверхность прорезана сетью заболоченных речных долин



ляются разные карты, передающие состояния того или иного явления в фиксированные моменты времени, в других — на неподвижной картографической основе мультипликационно меняются обозначения и фоновые окраски: перемещаются облачные системы, сдвигаются границы зон таяния снега, пульсируют контуры озоновой дыры над Антарктидой, «разливаются» по экрану пятна загрязнения морей. Мигающие красные значки приковывают

Один из «слов» географической информационной системы бассейна Волги, на котором показано экологическое состояние пахотных земель. Этот «слой» — компьютерный аналог Эколого-географической карты России (1:4 000 000), составленной на географическом факультете МГУ (Земля и Вселенная, 1993, № 3, с. 17.— Ред.)

внимание зрителя к ареалам развития опасных и катастрофических природных яв-

ний — очагам лавин и селей, зонам распространения наводнений и т. д.

Если картографические фильмы демонстрировать с разной скоростью, то зритель получает возможность проследить развитие долго- и короткопериодических процессов: своеобразная временная генерализация, исключает мелкие флуктуации и сохраняет лишь самые устойчивые во времени тенденции. Одновременно с демонстрацией фильма ведется ди-



намическое электронное картометрирование: измеряются площади затопленной наводнением территории, вычисляются меняющиеся объемы движущихся ледников, определяются направления ветров и морских течений, вызывающих перемещение нефтяных пятен. В любой заданный момент можно получить точные количественные параметры, а при необходимости и экстраполировать их на некоторый срок вперед, иными словами — прогнозировать развитие ситуации. Вполне допустима и «экстраполяция назад» («ретрогроз») или реконструкция прошлых состояний. Геоинформационное картографирование опирается в этом случае на динамические базы цифровых данных, на математико-картографические модели с учетом различных вариантов и сценариев эволюции явлений.

Интересно проследить общие тенденции развития геоинформационного картографирования. Начав с простых плоских и статичных карт, компьютерная картография обратилась затем к созданию синтезированных фотокарт и иконокарт, а потом перешла к трехмерным моделям, заставив их вращаться и менять ракурс для наилучшего обозрения. Позднее с трехмерными моделями стали совмещать цветные аэро- и космические снимки, получая таким образом тематические фото-блок-диаграммы, на которых объект предстает особенно наглядным — почти в натуральном виде.

Дальнейшее стремление картографов воспроизвести реальный мир во всем его многообразии привело к созданию динамических электронных карт, а затем и картографических фильмов, способных передать не только пространственные, но и временные изменения окружающей действительности, причем часто в близости к реаль-

ному масштабе времени. А в последние годы, как уже говорилось, получили развитие компьютерные карты-пейзажи, обладающие максимальной наглядностью и высокой графической точностью.

## ГЕОИЗОБРАЖЕНИЯ

Таков диалектический эволюционный виток картографии: от примитивных перспективных рисунков местности — через знаковые изображения, трехмерные и движущиеся модели — к компьютерным картинным моделям. И на всех уровнях развития цивилизации человеку был абсолютно необходим наглядный графический образ, который он всегда стремился создать — и каменным резцом, и сложнейшими средствами компьютерной графики.

Считается, что свыше 80 % информации об окружающем мире человек получает с помощью зрения. Географы, геологи, планетологи и другие специалисты в области наук о Земле едва ли не всю информацию получают посредством наглядных графических образов. Конечно, никогда прежде не располагали они таким изобилием и разнообразием карт, аэро- и космических снимков, компьютерных изображений, на которых в разных аспектах представлена наша планета, ее поверхность и недра, воды и атмосфера, население и хозяйство, экологическая обстановка и политические страсти.

Картографии предстоит, очевидно, расширить сферу своих интересов, включив в нее новые модели, для которых целесообразно ввести и новый термин — **геоизображения**. К ним правомерно будет отнести любые пространственные и пространственно-временные масштабные, генерализованные модели земных (планетных) объектов или процессов,

представленные в графической образной форме. Все известные на сегодня геоизображения легко подразделяются на три группы: плоские, объемные и динамические.

К плоским (двумерным) геоизображениям относятся:

— картографические (карты, планы, атласы, анаморфированные карты и т. п.);

— фотографические (фотоснимки, фотопланы, фотомонтажи, панорамы);

— телевизионные (теле-снимки, телепанорамы);

— сканерные и локационные (снимки, полосы, «сцены»);

— машинографические (векторные и растровые геоизображения, получаемые на дисплеях, графопостроителях, принтерах).

Объемные (трехмерные) геоизображения включают:

— стереоскопические (стереофотограмметрические модели, фоторельефы, анаглифы и др.);

— блокковые (блок-диаграммы, фотографические блок-диаграммы, столбчатые картограммы, рельефные и физиографические карты, метакронные диаграммы);

— голографические (карты, снимки).

В группу динамических (трех- и четырехмерных) геоизображений входят:

— серии разновременных карт и снимков;

— мультипликации (картографические, телевизионные, стереоскопические);

— кинофильмы (картографические, машинографические, видеофильмы).

Кроме них существует немало комбинированных геоизображений, сочетающих в себе свойства разных классов и видов. Таковы, например, фотокарты и иконокарты, которые соединяют элементы карт и снимков, фототелевизионные изображения, сочетающие достоинства четких малоискаженных фотографий с оперативностью телевизионного способа их пе-

## Система геоизображений

Гео-изобра-жения	статические		динамические	
	плоские	объемные	плоские	объемные
двумер-ные	карты, снимки, планы, фотокарты, ЭВМ-карты и др.			
трехмер-ные		анаглифы, блок-диаграммы, рельефные модели, голограммы и др.	кинокарт-фильмы, ЭВМ-фильмы, слайд-фильмы, многовременные снимки, метакронные блок-диаграммы, кино-атласы и др.	
четырёх-мерные				стереофильмы, динамические блок-диаграммы, киноголограммы и др.

редачи по каналам связи. К комбинированным геоизображениям принадлежат и всевозможные объемно-динамические модели: дисплейные стереоизображения и анаглифы, телевизионные голограммы, сканерные диафильмы, ЭВМ-мультипликация. Соединение разных графических моделей позволяет сочетать их достоинства, взаимно компенсировать недостатки и искажения, а главное — повышать их информативность за счет пересечения многих графических образов.

Геоизображения получают разными способами: в ходе наземных, воздушных, космических, подводных и даже подземных съемок, либо в процессе камеральной обработки и преобразования исходных материалов, либо путем генерирования на компьютерах.

Эта классификационная таблица геоизображений составлена по двум основаниям: статичности-динамичности и размерности. В этой системе находят свое место все уже известные геоизображения и

те, которые неизбежно появятся в будущем по мере развития съемочной аппаратуры и средств визуализации.

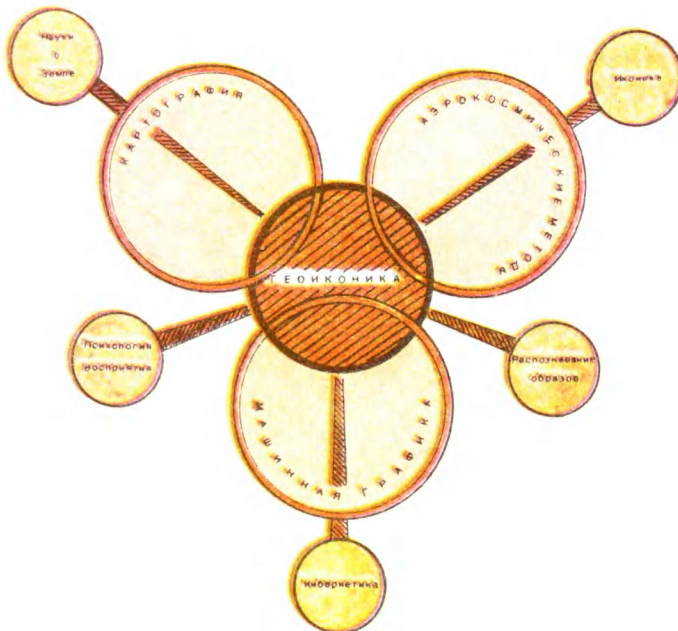
### ГЕОИКОНИКА

Новая синтетическая отрасль знания, которую мы назвали геоиконикой — наукой о геоизображениях, приз-

вана изучать их с единых позиций, разрабатывать методы их получения, анализа и преобразования, распознавания графических образов. Эта дисциплина формируется не просто на стыке разных наук — она служит связующим звеном, заполняя пробел между картографией, аэрокосмическими методами и машинной графикой, т. е. теми отраслями знания, которые изучают и интерпретируют геоизображения.

Геоиконика пока находится в стадии формирования, она активно впитывает в себя достижения иконологии (науки об изображениях), психологии восприятия, теории распознавания образов. В ее основу должны быть положены содержательные представления о закономерностях формирования изображений природных и социально-экономических геосистем и потому геоиконика тесно взаимодействует с науками о Земле и обществе.

В рамках нового направления главное место займут проблемы обработки, рас-



Геоиконика в системе наук

познавания и анализа графических образов. Получит новый импульс система геоинформационных дисциплин, изучающих размеры, структуру, метрику, яркостные характеристики, динамику геосистем. Эта система охватывает картометрию и морфометрию, фотометрию и стереофотограмметрию, голографометрию и динамическую картометрию, денситометрию и структурометрию. Совмещение методов, как это часто бывает, обещает быть плодотворным.

В задачи геоинформатики должна войти разработка средств улучшения геоизображений, их коррекция, снятия помех и шумов, сглаживания и фильтрации. К этим задачам близко примыкают проблемы формирования цифровых моделей по геоизображениям, включения их в базы данных ГИС.

Наука о геоизображениях в сегодняшнем ее понимании видится как некая надсистема, охватывающая картографию, дистанционное зондирование и компьютерную

графику. Но в будущем геоинформатика неизбежно станет частью обновленной и интегрированной картографии.

За представленные иллюстрации автор выражает благодарность сотрудникам Лабораторий автоматизации и аэрокосмических методов кафедры картографии и геоинформатики и Лаборатории комплексного картографирования Географического факультета МГУ.

## Информация

### Озона стало еще меньше

Группа специалистов по химии атмосферы, возглавляемая Дж. Глисоном из Университетской ассоциации космических исследований США, обработала данные, полученные при помощи прибора «TOMS» («Total Ozone Mapping Spectrometer» — «Спектрометр для общего картирования озона»). Он был установлен на американском спутнике «NIMBUS-7».

Данные показали, что во второй половине 1992 г. содержание озона в атмосфере Земли было примерно на 4 % меньше средней многолетней нормы. В декабре 1992 г. он составлял лишь 280 единиц Добсона, тогда как нормой считается 293 единицы. Это самый низкий показатель с декабря 1987 г.

Особенно истощена озоносфера Северного полушария: в декабре 1992 г. содержание озона там было на 9 %, а в апреле 1993 г. — на 11–12 % ниже нормы. Эти цифры оказались значительно ниже прогнозированных. Максимальное падение количества озона в Северном полушарии приходится на регион 10–60° с. ш. Этот пояс охватывает большую часть Европы, Азии и США.

В Южном полушарии истоще-

ние озоносферы ярче всего выражено между 10 и 20° ю. ш. (в экваториальной зоне оно значительно слабее).

Многие ученые наиболее вероятной причиной падения содержания озона считают извержение вулкана Пинатубо, происшедшее в июне 1991 г. на Филиппинских островах. Пылевые частицы, выброшенные при извержении в высокие слои атмосферы, нарушили здесь фотохимические реакции образования озона.

New Scientist, 1993, 138, 1871

### При спокойном Солнце «озонная дыра» увеличится

Известно, что один из факторов, приводящих к истощению озоносферы — снижение уровня солнечной активности в ее 11-летнем цикле. Однако подобные заключения делались, как правило, на основании теории, описывающей влияние частиц солнечного происхождения на химию верхней атмосферы Земли. Частицы эти, по-видимому, стимулируют реакции, способствующие образованию озона. Но в условиях спокойного Солнца их поток ослабевает.

Недавно сотрудники Лаборатории наук о Луне и планетах при Университете штата Аризона (Тусон, США) Л. Худ и Дж. МакКормак завершили математический анализ подобных явлений. Он основан на статиче-

ском изучении данных о концентрации озона в атмосфере, полученных с 1979 г. (использовалась информация с американского спутника «NIMBUS-7»).

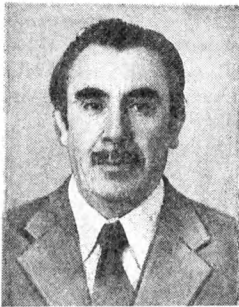
Ученые пришли к выводу, что двухлетние вариации в процессах истощения озона коррелируются с известными климатическими изменениями — квазидвухлетней осцилляцией. Однако, если учесть этот эффект, то истощение озона над Антарктикой в сентябре—октябре (в предшествующие годы в эти месяцы процесс заходил особенно глубоко) в последние годы замедлялось. Даже несмотря на тот факт, что в 80-х гг. слой озона в атмосфере постоянно ослаблялся.

Последний максимум солнечной активности пришелся на начало 90-х гг. Л. Худ и Дж. МакКормак сопоставили вариации содержания озона с изменениями солнечной активности, определяемыми по радиоизлучению Солнца с длиной волны 10,7 см. Оказалось, что они коррелируются с количеством пятен на Солнце. Ныне количество солнечных пятен идет на убыль, что будет продолжаться, по-видимому, до 1997 г. Используя свою математическую модель, ученые сделали вывод: в течение ближайших четырех лет, по мере приближения к солнечному минимуму, предстоит возврат к убыстрению процессов истощения озоносферы. Они не исключают и того, что может сработать эффект «насыщения», так как на определенных высотах весной в Южном полушарии практически весь озон ныне уже исчезает.

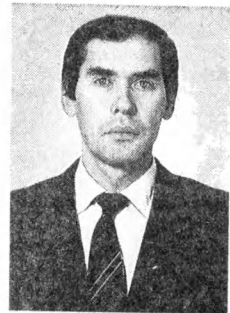
New Scientist, 1993, 137, 1860

# Позволяет ли закон удалять радиоактивные отходы в космос?

А. И. ИОЙРЫШ,  
доктор юридических наук  
С. А. ЯСКИН  
Институт государства и права РАН



О социальных и морально-нравственных аспектах проектов изоляции радиоактивных отходов (РАО), разработанных к настоящему времени, наш журнал уже писал [Земля и Вселенная, 1992, № 5, с. 26—32]. Настоящая статья продолжает эту тему, акцентируя внимание читателей на международно-правовых аспектах.



Ядерная безопасность — одна из злободневных проблем. Особенно актуальной она стала после Чернобыльской катастрофы и связанным с ней загрязнением долгоживущими радионуклидами четырнадцати областей России, а также территорий Украины и Белоруссии. Авария на Радиохимическом заводе в Томске-7 в этом году вновь привлекла внимание всего мира к проблеме ядерной безопасности. Однако, как мы считаем, в ближайшие десятилетия не будет альтернативы ядерной энергетике (это стали все отчетливее

понимать в регионах бывшего Союза, испытывших на себе энергетический кризис). Отсюда и важность вопроса о надежной изоляции радиоактивных отходов.

Радиоактивные отходы условно разделяют на **низкоактивные (НАО)**, **среднеактивные (САО)** и **высокоактивные отходы (ВАО)**, последние — наиболее опасные.

Основные способы изоляции высокоактивных и альфа-излучающих РАО — **соержание их в специальных сооружениях и захоронение в глубоких недрах Земли**. До недавнего времени прак-

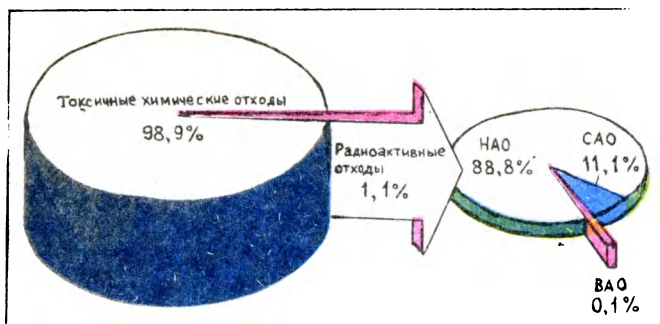
тиковалось захоронение РАО на дне морей и океанов. Сейчас рассматриваются еще два альтернативных способа — **трансмутация**, т. е. физическая ликвидация радиоактивных изотопов с применением ядерных реакторов или высокопоточных ускорителей протонов, и **удаление РАО в космическое пространство**. Конечно, лучше всего совсем не создавать радиоактивных отходов. Но это утопия, ведь атомная энергетика существует и, например в России она производит более 10 % электроэнергии.

## КОНЦЕПЦИЯ

Идея космической изоляции РАО возникла давно. Еще в 1959 г. этот способ предлагал в нашей стране академик П. Л. Капица, а в 1972 г. в США — Д. Шлессинджер. На Европейской конференции по ядерной энергетике в 1975 г. в Париже обсуждалось несколько общих концепций окончательного захоронения или удаления высокоактивных и альфа-излучающих РАО. Это, во-первых, космическое удаление РАО, во-вторых, трансмутация, в-третьих, использование специально оборудованных помещений на поверхности Земли или захоронение на дне океана и, наконец, использование геологических формаций в континентальных массивах или на морском дне. И хотя на первое место в этом перечне была поставлена концепция удаления РАО в космос, все же подчеркивалось, что в нашем столетии они в основном будут захораниваться на Земле.

Однако уже через четыре — пять лет НАСА и Министерство энергетики США стали разрабатывать способы удаления РАО в космос с использованием многогранной космической системы Спейс Шаттл. (В нашей стране подобный способ начали разрабатывать в 1987 г. в ЦНИИ машиностроения.) А четыре года спустя по материалам научно-технических отчетов различных организаций и предприятий космического и ядерного комплексов бывшего Советского Союза была подготовлена программа «Шанс», излагающая концептуальные исследования технических, экономических и правовых аспектов проблемы космической изоляции особо опасных РАО.

Возврат к этой идее обусловили следующие факторы: — значительный рост



долгоживущих и особо опасных РАО, находящихся во временных хранилищах;

— коренные политические изменения в мире и связанное с ними ядерное разоружение, особенно с ракетно-космическими средствами доставки;

— существенные достижения в совершенствовании космических летательных аппаратов;

— необходимость коммерциализации в космических отраслях.

## СПЕЦИАЛИСТЫ ИЩУТ РЕШЕНИЕ

12—14 января 1993 г. в подмосковном Калининграде проходила Вторая ежегодная международная конференция «Космическая изоляция радиоактивных атомных отходов — очистка биосферы». В ней участвовали ученые и специалисты по космической технике, ядерной энергетике России и ряда зарубежных стран, а спонсором конференции выступило Министерство науки России. На конференции обсуждались доклады, посвященные разным аспектам космической изоляции РАО, но основной упор был сделан на технические вопросы вывода РАО в Космос. Несмотря на различные, часто противоречивые мнения участники конференции нашли взаимопонимание.

Руководитель конференции действительный член

Из всех токсичных химических отходов радиоактивные составляют 1,1%, а из них лишь 0,1% приходится на высокоактивные

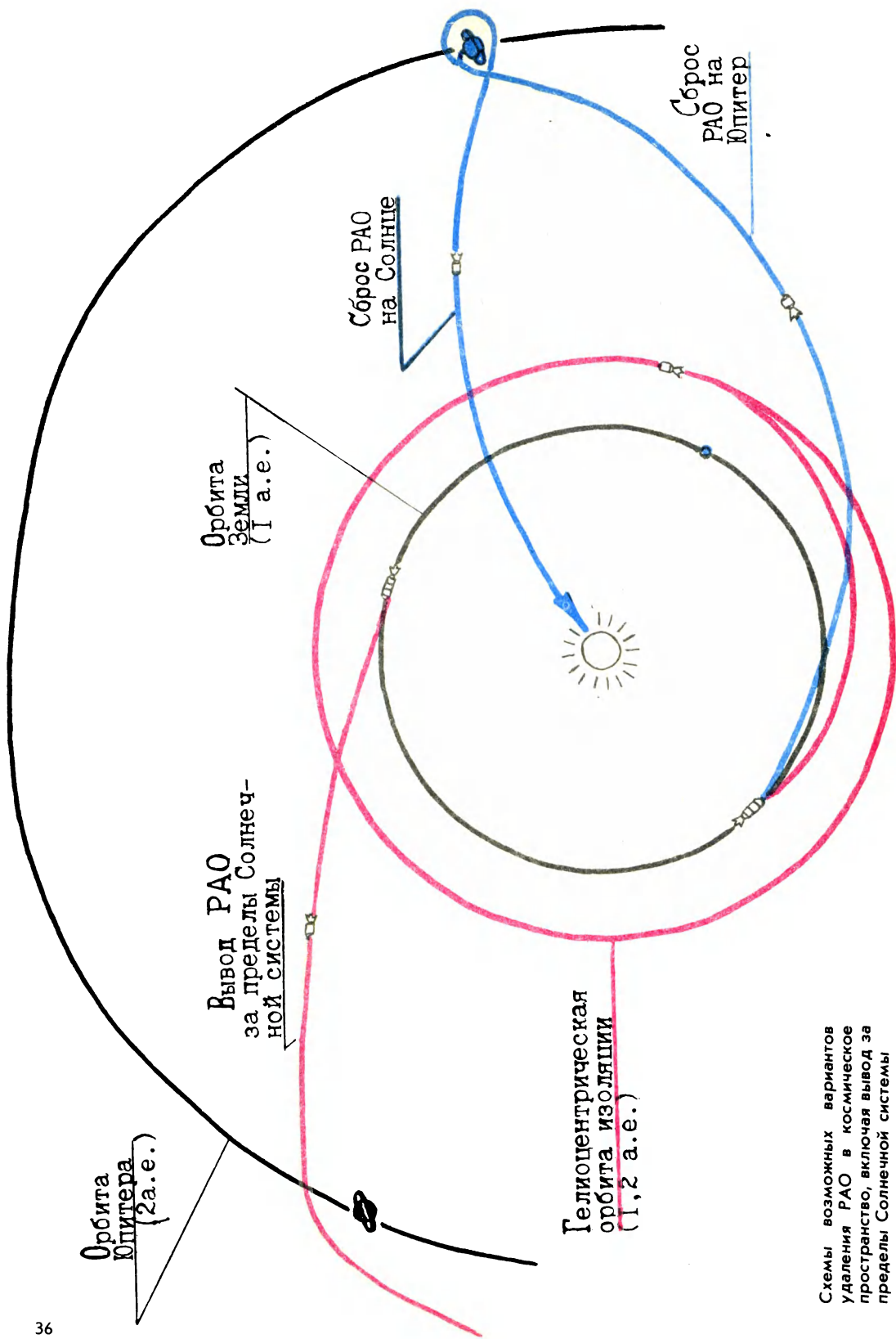
Академии космонавтики им. К. Э. Циолковского Ю. А. Мозжорин предложил руководствоваться следующими постулатами:

— биосфера не может ассимилировать все РАО, производимые человечеством; — наша планета ограничена;

— космос безграничен и его невозможно замусорить конечным количеством РАО; — космос агрессивен для живой материи;

— Земля ограждена от космоса атмосферой, так что из нашего «дома» мы можем выкинуть все, что хранить в нем невозможно.

На конференции обсуждалось несколько вариантов космического удаления РАО: удаление на Юпитер, вывод за пределы Солнечной системы, удаление на Солнце (в том числе полеты с гравитационным маневром около Юпитера). Заметим, что все эти варианты из-за неприемлемых в настоящее время энергетических затрат, которые требуются для разгона до необходимой скорости, возможно, будут применены лишь в отдаленной перспективе. А сейчас самый реальный вариант — это уда-



Орбита Юпитера (2 а.е.)

Орбита Земли (1 а.е.)

Гелиоцентрическая орбита изоляции (1,2 а.е.)

Вывод РАО за пределы Солнечной системы

Сброс РАО на Солнце

Сброс РАО на Юпитер

Схемы возможных вариантов удаления РАО в космическое пространство, включая вывод за пределы Солнечной системы

ление РАО на гелиоцентрическую орбиту (на расстоянии от Земли в 1,2 а. е., между орбитами Земли и Марса). Можно создать сборочно-эксплуатационный центр на околоземной орбите. Представитель НПО «Энергия» в своем докладе предлагал для вывода с околоземной орбиты на гелиоцентрическую использовать транспортный корабль с ядерной энергетической установкой на быстрых нейтронах.

Большое внимание на конференции привлекли вопросы надежности и безопасности удаления РАО в космос. Выступающие доказывали, что современное развитие космической техники обеспечивает приемлемый уровень риска — в основном за счет высокой надежности капсулы и контейнера с РАО. Выступавшие согласились, что космическая изоляция РАО — это не альтернативный способ, а дополняющий захоронение в геологических формациях. Удалять необходимо лишь самые опасные и долгоживущие изотопы (с периодом полураспада в тысячи и миллионы лет) — нептуний, америций, кюрий, цирконий, технеций и иод, которые составляют меньше 1 % от всей массы высокоактивных РАО, полученных в результате деятельности атомных электростанций.

На конференции прозвучало заслуживающее внимания мнение сотрудника Радиевого института Л. Н. Лазарева: не всегда целесообразно тратить средства на изоляцию РАО с перспек-

тивной на тысячелетия, намного выгоднее потратить их на прямое лечение пострадавших от радиоактивных воздействий, на научные исследования в медицине и на профилактические мероприятия (все это даст реальный эффект и для настоящего и для ближайших поколений).

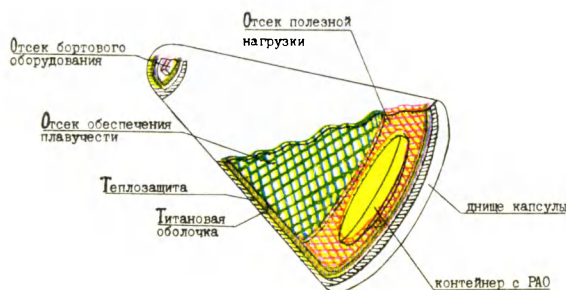
Конференция постановила, что космическую изоляцию РАО необходимо проводить в международных рамках. Во-первых, Россия дает лишь около 10 % всех полученных в мире долгоживущих и особо опасных РАО. Во-вторых, одно государство не в состоянии финансировать весь комплекс мероприятий по удалению РАО в космос. И наконец, космодром целесообразнее размещать не на территории России, а как можно ближе к экватору (в связи с энергетическими выгодами вывода на орбиту), например, на островах Гильберта, в Австралии или на плавучей платформе в приэкваториальных водах.

Напомним, что космическая изоляция РАО в России в настоящее время запрещена. Пунктом 3 статьи 50 Закона РСФСР «Об охране окружающей природной среды» от 19 декабря 1991 г. прямо запрещена отправка радиоактивных отходов и материалов в космическое пространство в целях захоронения. Только международный договор может устранить это законодательное препятствие, потому что,

согласно ст. 93 упомянутого Закона РСФСР, при несовпадении положений законодательства Российской Федерации и международного договора применяются положения международного договора.

## ВОПРОСЫ ОСТАЮТСЯ

Однако, думая о ближайшей перспективе удаления радиоактивных отходов в космос, нельзя не предвидеть, что со временем они могут стать реальной угрозой для космонавтов и космических аппаратов. Необходимо выяснить, какие могут быть последствия от контакта РАО с находящейся в околоземном пространстве плазмой, а также проанализировать, останутся ли удаленные в космос РАО локализованными или они будут распространяться дальше. Есть и другие вопросы: не слишком ли опасен процесс вывода РАО с поверхности Земли и не окажут ли отходы вредное воздействие на околоземное пространство, планеты и Солнце, наконец, в состоянии ли потоки солнечного ветра вынести на периферию Солнечной системы распыленные РАО. Так что еще до воплощения идеи космической изоляции РАО нужно ясно представлять будущее развитие событий и просчитать возможные последствия этой акции в максимальном количестве вариантов (особенно предельные, или кри-



Возможная конструкция капсулы, в которую помещаются радиоактивные отходы, подлежащие удалению в космос

тические ситуации). Нет смысла впадать и в другую крайность и под предлогом опасности последствий требовать запрещения космической изоляции РАО.

## МОЖЕТ ЛИ ЗАКОН РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ!

Рассмотрению технико-экономических аспектов проблемы космической изоляции долгоживущих и особо опасных РАО должна предшествовать тщательная проработка ее международно-правовых вопросов. Почти ни в одной стране мира нет законодательно принятой концепции захоронения РАО. В России Закон «О государственной политике в области обращения с радиоактивными отходами» 14 апреля 1993 года принят обеими палатами Верховного Совета Российской Федерации в первом чтении.

Вопросы космической изоляции РАО относятся к **международному космическому праву**, которое регулируется такими международно-правовыми документами, как Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела (**Договор по космосу 1967 г.**), **Конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами 1972 г.**, Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство 1975 г. Статьи I и III Договора по космосу прямо предписывают государствам осуществлять деятельность, связанную с исследованием и использованием космического пространства и небесных тел в соответствии с международным правом, включая Устав ООН.

Действующие международные документы не запрещают мирную ядерную дея-

тельность государств в космосе, не запрещен также вывод в космос объектов с ядерными источниками энергии, радиоактивными веществами или отходами. Однако статья IX Договора по космосу устанавливает два взаимосвязанных обязательства:

— осуществлять деятельность в космическом пространстве с должным учетом соответствующих интересов всех других государств;

— осуществлять изучение и использование космического пространства и небесных тел, чтобы избежать их вредного загрязнения.

В международном праве термин «загрязнение» включает в себя как умышленные, так и непреднамеренные действия, влекущие за собой химическое, биологическое, радиоактивное и прочие виды загрязнения среды в количествах, представляющих опасность для ее естественного равновесия.

Обязательства государств принимать меры для предотвращения вредных для окружающей среды последствий закреплены и в Соглашении о деятельности государств на Луне и других небесных телах от 1979 г. (вступило в силу 11 июля 1984 г.). В п. 1 ст VII Соглашения говорится, что при исследовании и использовании Луны и других небесных тел государства-участники принимают меры для предотвращения нарушений сформировавшегося равновесия их среды при внесении неблагоприятных изменений или вредоносного загрязнения, а также каким-либо иным способом. В связи с последним добавлением под запретом могут оказаться любые действия, способные вызвать такие последствия.

В последние годы сформировался новый принцип международного права — **прин-**

**цип непричинения ущерба окружающей среде.** Он закреплён в ряде международных природоохранных соглашений, а также в разделе 5 Заключительного акта Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе (1975 г.) и в Хартии экономических прав и обязанностей государств. Но полнее всего он сформулирован в качестве одного из принципа XXI Стокгольмской декларации об окружающей среде от 1972 г.: государства несут ответственность за обеспечение того, чтобы деятельность в рамках их юрисдикции или контроля не наносила ущерба окружающей среде других государств или районов за пределами действия национальной юрисдикции.

## И ВСЕ-ТАКИ МОЖНО ИЛИ НЕЛЬЗЯ!

С проблемой космической изоляции РАО кроме международного космического права связаны и вопросы международного атомного права. Но эти вопросы урегулированы еще меньше. Международно-правового регулирования обращения с РАО практически не существует (нет международной конвенции). В решении этой проблемы определенный вклад вносит МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии), которое разработало ряд рекомендательных норм по разным аспектам обращения с РАО. Один из примеров — одобренный в сентябре 1990 г. Генеральной конференцией МАГАТЭ **Кодекс практики по международному трансграничному перемещению радиоактивных отходов.** Он предписывает, что перемещение РАО осуществляется только в том случае, если получены разрешения от всех участвующих в нем государств — с заблаговременным извещением и с согла-



сия отправляющего, получающего и транзитного государства.

Многие проблемы, связанные с использованием космоса, решаются в национальном законодательстве отдельных стран, таких как США, Великобритания, Швеция. Больше всего развито космическое законодательство в США, оно состоит из более 50 различных актов. Например, Закон 1984 г. о коммерческих космических запусках регулирует осуществление частными предприятиями космических запусков и устанавливает порядок и процедуру выдачи лицензий на ведение такой деятельности. По этому закону получение лицензии требуется для осуществления запуска ракетносителя или действия пусковой установки. Закон предоставляет право Министерству транспорта США принимать меры, запрещающие вывод в космос грузов, которые могут причинить вред здоровью и безопасности населения, собственности, национальным интересам и внешней политике США. Особая лицензионная процедура установлена и Законом США о политике в области ядерных отходов, действующим с 1982 г.

Ни Договор по космосу

1967 г., ни Конвенция об ответственности 1972 г. не содержат требования предоставить страховое покрытие ответственности за ущерб, который может причинить космическая деятельность государства. Вопрос этот отнесен к компетенции государств. В соответствии с национальным законодательством США и Великобритании, условие о страховании на случай причинения ущерба третьим сторонам — необходимый элемент лицензий на допуск к космической деятельности частных компаний. Развитие космического страхования требует создания новых форм страховых фондов — транснациональных пулов (общих фондов) космического страхования, совместного страхования (в этом случае риск берут на себя страховщик, собственник космического аппарата, а также его производитель и эксплуатант).

В настоящее время в правовых вопросах нет однозначной позиции в отношении космического удаления РАО: нет ни запрета этой деятельности, ни ее регламентации. Поэтому расширение масштабов деятельности в космосе требует дальнейшего правового регулирования, особенно по проблемам охраны космической среды.

Подобную регламентацию можно осуществить как внесением дополнений в уже действующие международно-правовые документы, так и принятием нового документа, касающегося проблем космического удаления РАО. Участвовать в этом должны Международное агентство по атомной энергии и международные организации по проблемам космоса (например, Комитет по использованию космического пространства в мирных целях Генеральной ассамблеи ООН или Европейское космическое агентство).

Необходимо, конечно, регулирование этих вопросов и на национальном уровне. Но оно не должно быть таким, какое сейчас принято в России: запрещение любого удаления РАО в космос. Нужен более реальный подход с соответствующей проработкой всех аспектов проблемы выноса РАО в космос.

В заключение подчеркнем, что идея удаления РАО в космическое пространство вне всяких сомнений имеет право на жизнь. Но ее реализация возможна только на международном уровне и требует прежде всего решения правовых проблем.

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

**Не забыли ли Вы оформить подписку  
на свой журнал  
на первое полугодие 1994 года?**

# Михаил Федорович Субботин

**(к 100-летию со дня  
рождения)**

В отечественной науке яркой звездой сияет имя члена-корреспондента Академии наук СССР Михаила Федоровича Субботина, крупнейшего специалиста в области небесной механики, директора Института теоретической астрономии Академии наук СССР с 1943 по 1964 гг.

Из семейных записей известно, что дед Михаила Федоровича, Яков Семенович Субботин, был крестьянином-собственником (владел собственной землей и не состоял в сельской общине). В архивах Субботиных среди многих документов сохранилась семейная хроника, написанная Яковом Семеновичем и озаглавленная «Домашняя статистика». В ней среди памятных дат против 19 февраля 1861 г. записано: «Освобожден от ига рабства — крепостной зависимости — Государем Императором Александром Николаевичем. 1861 год».

Отец Михаила Федоровича, Федор Яковлевич, окончив в 1876 г. Оренбургское казачье юнкерское училище, участвовал в «Кокандском походе» в составе 16 Туркестанского линейного батальона, затем служил в 21 пехотном Муромском полку, дислоцированном в Варшавском военном округе.

Михаил Федорович Субботин родился 29 (17) июня 1893 г. в г. Остроленка Ломжинской губернии и в 1901 г., подобно большинству сыновей кадровых офицеров,



Михаил Федорович Субботин (1893—1966)

---

был отдан в кадетский корпус (сначала в Нижегородский, а затем переведен в Варшавский). Уже в это время у Михаила Федоровича проявились столь блестящие математические способности, что начальство предоставило ему возможность заниматься математикой и другими точными науками по индивидуальному плану, видя в нем кандидата в профессора Михайловской артиллерийской академии. Однако судьба распорядилась иначе: Михаил Федорович после окончания Варшавского кадетского корпуса в 1910 г. поступил на физико-математический факультет Варшавского университета.

Благодаря своему яркому математическому таланту Субботин буквально с первых студенческих дней побеждает в конкурсах научных работ на заданные факультетом темы, получая ежегодную стипендию имени Николая Коперника. Именно в эти годы лекции блестящих профессоров математики и астрономии Варшавского университета И. Р. Брайтца, И. А. Востокова, Ковальчина и других пробуждают в талантливом юноше стремление к самостоятельным научным исследованиям в самых сложных областях математики, небесной механики и астрометрии.

Из-за тяжелой болезни отца и скорой его кончины в 1913 г. М. Ф. Субботин наряду с напряженной студенческой учебной работой принимает на себя обязанности кормильца младших братьев и сестер. Он работает сначала внештатным вычислителем Варшавской астрономической обсерватории, а с 1914 г. — младшим астрономом, приобретая навыки и опыт в практической астрономии и геодезии.

Окончание М. Ф. Субботиным Варшавского университета совпадает с началом первой мировой войны — одной из трагических страниц в истории государства Российского. В 1915 г. Варшавский университет эвакуируется, и Михаил Федорович с матерью, братьями и сестрами переезжает на Дон и вскоре переходит на работу в Донской политехнический институт им. Войскового атамана Каледина в Новочеркасске, где работает с 1915 по 1922 гг. на кафедре математики в различных должностях. Круг вопросов, которыми занимался Михаил Федорович в это «нелегкое для написания книг, особенно математических, время» (как когда-то писал великий Кеплер о своей эпохе) чрезвычайно широк. Он включает алгебру, дифференциальные уравнения, теорию вероятностей, прикладную и вычислительную математику, небесную механику. Однако из-за неблагоприятного стечения исторических обстоятельств, повергших лучшую мыслящую

часть общества России после октябрьского большевистского переворота «в состоянии ощущения духовного и даже физического беспокойства» (так писал известный математик А. В. Васильев в послесловии к книге «Целое число»), серьезнейшие работы Михаила Федоровича, созданные им в Новочеркасске, охваченном ужасом и страданиями из-за зверств, чинимых ордой под названием «Первая конная армия Буденного», не стали известны широкому кругу читателей на Западе. А между тем в них содержится наиболее общее решение проблемы из области теории функций, связанное с ответом на вопрос, как узнать, трансцендентна ли функция, заданная разложением в ряд Тэйлора.

Михаил Федорович вспоминал, что непригодность к военной службе из-за очень сильной близорукости не была достаточно убедительной причиной для обеих воюющих сторон. И вот идет патруль (неважно, красный или белый!) и проверяет документы у всех мужчин призывного возраста. На вопрос: «Кто таков?» следовал ответ Михаила Федоровича: «Преподаватель Донского политехнического института!» Если патруль белый, то это производило благоприятное впечатление, так как Донской политехнический институт был кузницей новой технической интеллигенции из донского казачества. Значит — хороший человек! Если же патруль красный, то слово «преподаватель» означало то же самое, что и «учитель». А к учителям тогда отношение еще по традиции было в высшей степени почтительное. Значит, тоже хороший человек! Следует подчеркнуть, что Михаил Федорович, обладавший твердым и уважаемым обеими воюющими сторонами общественным положением, был тем стержнем, вокруг которого объединились в Новочеркасске и Ростове две многочисленные семьи — его и жены Марии Александровны.

В 1922 г. Михаил Федорович принял предложение В. Г. Фесенкова возглавить Ташкентскую астрономическую обсерваторию, основанную виднейшим военным геодезистом генералом Д. Д. Гедеоным и бывшую в то время Ташкентским отделением Государственного астрофизического института. В 1925 г. Ташкентская обсерватория вновь обрела статус самостоятельного научно-исследовательского учреждения. М. Ф. Субботина назначили ее директором (в этой должности он пребывал до 1930 г.).

Необходимо отметить, что в Ташкентской астрономической обсерватории работали выдающиеся астрономы, в том числе профессор Эрнст Юлиус Эпик — вид-

нейший специалист в области метеорной астрономии, астрофизики и космогонии, астрономической теории периодов оледенения (Земля и Вселенная, 1993, № 3, с. 32.— Ред.).

В бытность свою директором Ташкентской обсерватории Михаил Федорович всецело был поглощен восстановлением этого известного ранее центра геодезических изысканий в Туркестане, пришедшего в упадок за время гражданской войны. Он создал службу времени, оснащенную первоклассными по тому времени инструментами и аппаратурой. Благодаря его усилиям Международная широтная станция была перенесена из Чарджуя в Китаб (известна с 1930 г. как Китабская международная широтная станция им. Улугбека). В это же время Михаил Федорович занимается решением астрометрических проблем, связанных с исследованием системы собственных движений звезд каталога Босса, с уточнением нуль-пунктов каталогов звездных положений по наблюдениям малых планет, определением постоянной аберрации, выводом периода вращения Солнца. Он обрабатывает наблюдения прохождения Меркурия по диску Солнца 7—8 мая 1924 г. и 10 ноября 1927 г., выполненные в Ташкенте; составляет каталог фотографических величин звезд из скопления *M* 67; подводит также частичный итог своим исследованиям в области определения орбит малых планет и комет, опубликовав специальное пособие «Формулы и таблицы для вычисления орбит и эфемерид». Необходимо отметить непосредственное участие М. Ф. Субботина и в практических наблюдениях на нормальном астрографе, работа которого возобновилась благодаря усилиям Михаила Федоровича и П. И. Яшнова. Особый интерес был обращен на фотографирование звездных скоплений, а также на создание «вторых эпох» для звезд программы фотографических наблюдений В. В. Стратонова, выполненной в 1894—1904 гг. На основе обработки этих материалов Михаил Федорович с сотрудниками составил каталоги собственных движений звезд.

Переезд в 1930 г. в Ленинград ознаменовал новый важный период в жизни ученого, период многогранной и активной научно-исследовательской, преподавательской и научно-организационной деятельности, начало которого совпало с преподаванием небесной механики в Ленинградском университете и руководством Теоретическим сектором Пулковской обсерватории. Гигантский социально-экономический «эксперимент», поставленный большевика-

ми на людях бывшей России, не минул и высшего образования. Но верный своим убеждениям Михаил Федорович как заведующий кафедрой астрономии и как декан математико-механического факультета Университета ревностно оберегал традиционные, утвержденные жизнью методы преподавания, не допуская, насколько это было возможно, вторжения бригадного метода обучения. В течение 1934—1939 гг. М. Ф. Субботин возглавлял Астрономическую обсерваторию Ленинградского университета и в ее трудах опубликовал работы по теоретической астрономии замечательного российского ученого А. В. Вильева, безвременно скончавшегося в 1919 г. в Петрограде от эпидемии испанки (Земля и Вселенная, 1990, № 4, с. 65.— Ред.).

С 1933 по 1941 г. Субботин издал два тома своего уникального «Курса небесной механики», в котором были воплощены гигантский теоретический кругозор и эрудиция ученого в области классической небесной механики в сочетании с большим опытом и точным знанием практических потребностей. Заметим, что к началу космической эры «Курс небесной механики» Михаила Федоровича, дополненный в 1949 г. третьим томом, посвященным изложению вопросов теории гравитационного потенциала и теории фигур равновесия, стал единственным настольным руководством для теоретиков и практиков в области организации расчетов и проведения космических полетов.

Самое тяжелое время блокады Ленинграда Михаил Федорович с семьей провел в осажденном городе; он был эвакуирован в феврале 1942 г. в Свердловск.

Очередной поворот в судьбе М. Ф. Субботина произошел в сентябре 1942 г., когда Отделение физико-математических наук АН СССР предложило ему возглавить Астрономический институт АН СССР. Михаил Федорович принял это предложение и приступил к формированию научного облика института в новых условиях. Ранее для решения многих специальных проблем, возложенных на Астрономический институт и связанных с гравиметрией, астрономическим и геофизическим приборостроением, геодезией и гидрографией, были организованы отдельные научно-исследовательские учреждения. Михаил Федорович подготовил проект постановления Президиума Академии наук СССР, определивший профиль Института как научного учреждения, работающего в области небесной механики и эфемеридной астрономии. Туда же вошло и предложение о новом наименовании Института.

Постановление АН СССР об Институте теоретической астрономии АН СССР было принято 16 октября 1943 г. С этого времени в течение более двух десятилетий Михаил Федорович беспрерывно руководил одним из мировых научно-исследовательских центров в области динамической астрономии, моментально реагирующим на непрерывно меняющиеся запросы теории и практики классических и новых научных направлений.

Созданная М. Ф. Субботиным школа небесной механики и теоретической астрономии сочетает глубокие и тонкие теоретические исследования с широкими практическими приложениями их результатов. Многочисленные ученики Михаила Федоровича стали известными учеными, внесшими огромный вклад в отечественную и мировую науку. Среди них необходимо назвать Ю. В. Батракова, В. А. Брумберга, Д. К. Куликова, Р. А. Ляха, Г. А. Мермана, Б. А. Орлова, В. Ф. Проскурина, Г. А. Чеботарева, Ш. Г. Шараф и многих других. Именно Михаил Федорович Субботин был инициатором исследований в области релятивистской небесной механики в России. Его перу принадлежат многочисленные монографии и статьи по многим проблемам чистой и прикладной математики, астрономии, ее истории.

Незадолго до своей кончины 26 декабря 1966 г. Михаил Федорович завершил многолетнюю работу над огромной рукописью, обобщавшей современные исследования в области теоретической астрономии. «Пора уже освободить ящик письменного стола», — сказал Михаил Федорович, имея в виду предствление этого труда к опубликованию. Книга под названием «Введение в теоретическую астрономию», подготовленная к печати его учеником Г. А. Мерманом, вышла в свет в 1968 г. уже после смерти Михаила Федоровича.

По свидетельству Г. А. Мермана, мечтой Михаила Федоровича было построение теории движения больших планет Солнечной системы, удовлетворяющей современным практическим требованиям к точности и более совершенной, чем классические планетные теории Ньюкома и Леверрье. Подготовкой к этому стала созданная Субботиным аналитическая теория движения Цереры (к сожалению, почти готовая к печати рукопись этой

работы пропала во время эвакуации из осажденного Ленинграда), а также проведение исследований, связанных с применением методов С. Ньюкома и Дж. Хилла к теории движения Плутона и Цереры. Оценку точности классических теорий движения внутренних планет Солнечной системы провели ученики Субботина. Именно методами численного интегрирования, столь глубоко изученными и развитыми Михаилом Федоровичем, была построена в России релятивистская теория движения внутренних планет с точностью, удовлетворяющей радиолокационным наблюдениям, охвачены единой численной теорией все короткопериодические кометы на интервале за 400 лет...

Федор Михайлович Субботин, сын Михаила Федоровича, вспоминает: «Как только я достиг возраста, когда начинают читать художественную литературу, меня очень удивляли обычные при описании домашней обстановки выражения: «отец был не в духе», «отец был раздражен»... и т. п. По моим представлениям, отец — это такой человек, который всегда находится в равном, спокойном состоянии, никогда не кричит, всегда занят каким-либо делом, всегда готов помочь, но ни к кому... «не лезет в душу». Потом я понял, что мне просто повезло... Никогда я его не видел праздным. В часы отдыха он занимался живописью (и достиг в этом высокого профессионального уровня.— В. А.), или что-нибудь мастерил, чаще всего рамы для картин, читал художественную литературу. Любимыми его авторами были Ф. М. Достоевский и Анатолий Франс, которого он предпочитал читать по-французски...»

Конечно, в кратком очерке невозможно написать обо всем, что связано с жизнью и работой М. Ф. Субботина и что создает портрет большого ученого и гражданина. Здесь будет уместно привести слова, произнесенные им по поводу кончины его ученика Дмитрия Кузьмича Куликова: «Слово его не было праздным, а молчание — бессловесным».

Автор статьи благодарит Федора Михайловича и Лидию Андреевну Субботиных за предоставленные семейные документальные материалы.

В. К. АБАЛАКИН  
член-корреспондент РАН



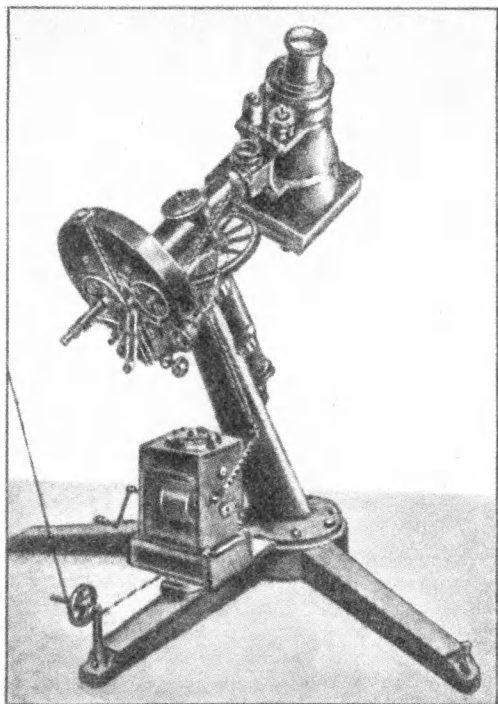
1858 г., когда он наблюдал комету Донати. В физическом кабинете гимназии имелась астрономическая труба, с помощью которой Цераский провел свои первые астрономические наблюдения. Увлечение астрономией оказалось устойчивым, и в 1867 г. Цераский поступил на физико-математический факультет Московского университета. Уже со второго года студенчества он начал принимать участие в работе обсерватории при университете, штат которой тогда был небольшим и состоял всего из четырех человек. Как правило, все сотрудники одновременно преподавали астрономические дисциплины на физико-математическом факультете, поэтому научная работа могла вестись только в свободное от преподавания время. После окончания университета В. К. Цераский был принят на должность внештатного астронома-наблюдателя.

С первых шагов своей научной деятельности ученый стал специализироваться в области фотометрических исследований. Тема его магистерской диссертации была связана с изучением блеска белых звезд. В это же время он заинтересовался фотометрией Солнца. Цераский предложил студенту Белопольскому, будущему директору Пулковской обсерватории, проводить работы по фотографированию Солнца. С этого начался путь А. А. Белопольского (1854—1934) в астрономии.

В 1891 г. Цераского, уже профессора Московского университета, назначают директором Московской обсерватории. В то время российское правительство выделило около миллиона рублей на реконструкцию и обновление Московского университета. Часть средств была использована во время перестройки Московской обсерватории.

Цераский прекрасно понимал задачи, поставленные перед ним, и результаты его деятельности свидетельствуют, насколько верно и точно он представлял перспективы развития астрономической науки, насколько хорошо был знаком с современным ему положением дел в практической и теоретической астрономии.

Особого внимания заслуживает тот факт, что после реконструкции обсерватории астрофизика стала основной темой научных работ ее сотрудников: определение звездной величины Солнца, фотометрические измерения звезд в скоплениях Волос Вероники; визуальные наблюдения переменных звезд и уточнения кривой блеска звезд типа Алголя; фотографирование спектров звезд и метеоров; обнаружение переменных звезд методом сравнения фотопластинок и др.



Экваториальная камера

Цераский иногда шутил, что он принял обсерваторию деревянной, а оставил ее каменной. За этими словами скрывалась гигантская работа, проделанная не только в области архитектурного расширения обсерватории (которое тоже было значительным), но и в качественно новом инструментальном переоснащении обсерватории. Цераский познакомился с методами работы крупнейших европейских обсерваторий, побывав в двух зарубежных командировках. Понимая, что будущее наблюдательной астрономии — в фотографировании неба, он мечтал приобрести инструмент, пригодный для этих целей. Однако его не удовлетворяли европейские образцы. И здесь проявился еще один талант ученого — талант изобретателя. Одним из оригинальных его изобретений стала «экваториальная камера», техническое воплощение которой заказали дрезденскому механику Г. Гейде. В 1895 г. она была установлена в одной из башен Московской обсерватории.

Фотографии звездного неба, полученные с помощью этого инструмента по разработанной Цераским многолетней программе, стали основой будущей «стеклян-



ной библиотеки». На нем же было открыто более двухсот переменных звезд. Камера работала настолько удачно, что Г. Гейде стал помещать ее изображение на первом листе своих рекламных проспектов.

Тогда же были приобретены и многие другие важные инструменты, в том числе 15-дюймовый рефрактор с двумя трубами (одна для фотографических, другая для визуальных наблюдений) и 7-дюймовый рефрактор. Модернизация обсерватории длилась 13 лет.

В. К. Цераский, как немногие из ученых его поколения, осознавал важность социальных перспектив науки. Его деятельность по улучшению положения Московской обсерватории отличалась упорством и методичностью. Он вошел в деловой контакт практически со всеми административными органами и частными лицами, могущими хоть как-то повлиять на работу обсерватории. При Цераском штат обсерватории был расширен, кроме того, за ней закрепили постоянного механика (раньше сотрудники обсерватории пользовались услугами механиков, обслуживающих другие подразделения университета). По настоянию Цераского Университет приобрел участки земли, прилегающие к обсерватории, чтобы исключить на них любое строительство, которое могло бы помешать наблюдениям.

Диплом, выданный В. К. Цераскому за фотографирование серебристых облаков

Витольд Карлович был одним из лучших лекторов Московского университета. Он курировал преподавательскую работу молодых сотрудников обсерватории. Сохранялась традиция, по которой Цераский прослушивал в пустой аудитории первые лекции начинающих преподавателей, а затем давал рекомендации, делился методическим опытом. Активно работал он и в составе Московского общества любителей астрономии.

Несомненно, что во многом успеху организаторской и наставнической деятельности Витольда Карловича способствовали его открытый характер и личное обаяние, притягивавшие людей. На квартире у Цераских устраивались домашние вечера, «душой» которых был хозяин. Позже А. А. Белопольский свидетельствовал: «Своими парадоксальными положениями (у него была манера поддразнивать публику) он вызывал горячие споры; он умел каждого взбудоражить, каждого заставить высказаться от своей собственной души (будоражил религиозных людей, подсовывал бумагу и карандаш художнику, атаковал противников женской само-



стоятельности, усаживал музыкантов за рояль), и все высказывались и спорили... Недаром там встречали не раз таких выдающихся профессоров, как Владимир Соловьев, Корелин, Кареев, Андреев, Жуковский, Млодзеевский, Лопатин и др. Все они были тогда молоды, блистали талантами, оригинальностью, умственным подъемом и богатой эрудицией»<sup>1</sup>.

А вот какие воспоминания от встреч с Цераским остались у Андрея Белого: «...Худой, высокий галантный поляк, он с первой встречи не производил впечатления профессора, а скорее модного публициста, острого литературного критика — не без богемства, которого он не развертывал в почтенных гостиных, но мог бы при случае развернуться... в кабарэ; я разумею не содержание его бесед, чаще всего научных, но стиль целого; не профессорский стиль... Его худое, протонченное, нервное лицо с умными, наблюдательными, далеко не добрыми глазами, маленькая светлая бородка, высоко закинутая назад голова на сухощавом, выточенном, длинном теле скорее вызывала впечатление какого-то польского деятеля искусств, шармера, которому, однако, палец в рот не клади; откусит; и кто его знает: может быть, он — скрывающийся под маскою остряка, бомбист-анархист; а, может быть, наоборот, член святейшей иезуитской коллегии.

Вид загадочной личности; но — уютный.»<sup>2</sup>

<sup>1</sup> А. А. Белопольский. Памяти Витольда Карловича Цераского. *Астрономия в Московском университете (1824—1937). Ученые записки МГУ, М., 1940. Вып. 58.*

<sup>2</sup> А. Белый. *На рубеже двух столетий. М.: Худож. лит., 1989.*

Андрей Белый использовал в воспоминаниях опыт своих самых первых, юношеских встреч с Цераским и поэтому, в отношении характера последнего, мог во многом ошибаться. Несомненно одно: личность Цераского была привлекательна, сильна и неординарна. Питая искреннюю любовь к астрономии, этот человек умел заражать ею знакомых и близких. Не вызывает удивления поэтому, что Назаров, — московский меценат, решивший пожертвовать часть личных денежных средств на нужды Университета, — выбрал для своих пожертвований — обсерваторию. Не удивительно и то, что жена Цераского, Лидия Петровна, тоже стала астрономом. После того как накопились фотографии, полученные на экваториальной камере, Цераский, не имея возможности дать задание кому-либо из ассистентов, предложил ей заняться поиском переменных звезд, к чему Лидия Петровна и приступила в 1898 г. За время своей научной деятельности ею открыты более сорока переменных звезд.

В 1916 г. здоровье Витольда Карловича ухудшилось, он сложил с себя обязанности директора Московской обсерватории и уехал лечиться в Крым, в Феодосию, где его застали события 1917 г. Последние годы Цераского согреты знакомством с известным русским писателем и поэтом М. Волошиным, посвятившим ему замечательное стихотворение.

Только за три года до смерти, в 1922 г., Цераскому удалось вернуться в Москву.

К. В. ИВАНОВ,  
Тульский государственный пединститут  
им. Л. Н. Толстого

## Информация

### «Иллюстрированная астрономия»

«Иллюстрированная астрономия» — новое наглядное пособие для уроков и внеклассных занятий в средней школе. Авторский коллектив (К. А. Порцевский, Е. П. Левитан, С. В. Широков, В. И. Цветков), работая в творческом объединении «Планетарий — Театр» (Московский пла-

нетарий, руководитель С. В. Скрипкин), создал 10 слайд-фильмов. Это 6 серий по курсу астрономии («Строение Солнечной системы», «Планеты Солнечной системы», «Малые тела Солнечной системы», «Звезды и Галактики», «Галактики, эволюция Вселенной») и 4 серии для младших классов («Земля, её естественный и искусственные спутники», «Солнце и его семья», «Звездное небо», «Необыкновенные небесные явления»).

Каждая серия состоит из

40 слайдов, показ которых сопровождается получасовым пояснительным текстом, записанным на магнитную пленку. Все серии снабжены краткими методическими рекомендациями.

Новое аудиовизуальное пособие необходимо не только школам, но и пединститутам, институтам усовершенствования учителей и, конечно, коллективам любителей астрономии.

Справки по вопросам приобретения комплектов по телефону в Москве — 254-15-60.



### Памяти Константина Иосифовича Грингауза

10 июня 1993 г. после тяжелой болезни ушел из жизни К. И. Грингауз. Профессор, доктор технических наук, он был, в полном смысле этого слова, пионером космических исследований в нашей стране: первый искусственный спутник Земли, запущенный в 1957 г., нес на борту радиопередатчик, созданный научно-технической группой под руководством К. И. Грингауза.

Родился он 5 июля 1918 г. в Туле в семье провизора. Спустя три года семья переехала в Самару, где Константин Иосифович окончил в 1935 г. среднюю школу. В том же году он поступил на электрофизический факультет Ленинградского электротехнического института. Одновременно работая на заводе, в 1941 г. закончил институт по специальности «радиотехника». Во время Великой Отечественной войны работал инженером на танковом заводе в Сибири, а в 1944 г. был направлен на 1-й Украинский фронт в составе специальной комиссии, которая изучала работу танковых средств радиосвязи в боевых условиях. С января 1945 г. продолжил образование в аспирантуре и в 1949 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию, посвященную изучению влияния ионосферы на распространение радиоволн.

В 1948 г. К. И. Грингауз начал сотрудничать с ОКБ-1, руководимым в те годы С. П. Королевым (теперь — НПО «Энергия» имени академика С. П. Королева), принимал участие в пуске первой ракеты, оснащенной радиозондирующим устройством для изучения ионосферы, на полигоне Капустин Яр.

С 1959 по 1971 гг. возглавлял отдел космических исследований в Радиотехническом институте АН СССР, а с июля 1971 г. — лабораторию межпланетной и околопланетной плазмы Института космических исследований РАН.

Первые успешные измерения концентрации и температуры ионов в ионосфере Земли, первые исследования плазменной оболочки Земли, первые плазменные эксперименты на космических аппаратах серии «Луна», экспериментальное доказательство того, что орбита Луны пересекает хвост земной магнитосферы, первые измерения параметров плазмы вблизи Венеры и Марса, первые наблюдения удар-

ной волны около Венеры, обнаружение источника ночной ионосферы Венеры, первые исследования холодной плазмы на спутниках серии «Космос», «Интеркосмос», «Прогноз», на космических аппаратах «Вега», наконец, открытие кометопаузы вблизи кометы Галлея — все это этапы творческого пути крупного исследователя космического пространства. Первые... Впервые... В первый раз... — и так почти до последних его дней... Полученные им результаты сегодня вошли в учебники.

На основе проведенных экспериментов К. И. Грингауз (в соавторстве со своими коллегами) сделал два научных открытия: плазменной оболочки Земли и зоны мягких электронов за пределами радиационных поясов. Он автор и соавтор многочисленных научных работ, докладов и лекций, прочитанных на международных и отечественных симпозиумах и конференциях.

Длительное время К. И. Грингауз возглавлял секцию исследования солнечного ветра и межпланетного магнитного поля в Международной ассоциации геомагнетизма и аэрномии, организовал и долго руководил такой же секцией в Межведомственном геофизическом комитете при Президиуме РАН, был членом редколлегии международного журнала «Nuovo Simento», посвященного научным приборам для исследования космоса. Он был избран вице-председателем междисциплинарной научной комиссии по космической плазме КОСПАР, действительным членом Международной академии астронавтики, в 1992 г. — в Год космоса — награжден международной медалью КОСПАР «За выдающийся вклад в космические исследования».

Научная деятельность К. И. Грингауза отмечена высокими правительственными наградами — двумя орденами и шестью медалями, он лауреат Ленинской и Государственной премий.

Светлую память о Константине Иосифовиче Грингаузе, крупном ученом и сердечном, отзывчивом человеке, навсегда сохранят его ученики и коллеги.

Коллеги и ученики

# Новая модель развития общества и освоение Космоса

А. Д. УРСУЛ,  
действительный член Международной  
академии астронавтики (Париж),  
директор Ноосферно-экологического  
института Российской академии  
управления (Москва)

---

### СУЩНОСТЬ КОНЦЕПЦИИ

Россия, находясь на переломном этапе своего развития, пытается найти выход из кризисной ситуации, сложившейся в социально-экономической и экологической сферах. Десятилетиями снижалась эффективность экономики, происходило широко-масштабное разрушение природы и снижение жизненного уровня населения. Начавшиеся в последние годы процессы обновления еще не улучшили жизнь большинства людей нашей страны, не привели к экологическому оздоровлению России, и пока даже не сформирована обоснованная стратегия выхода из экологического кризиса. Теряются десятки и даже сотни миллиардов рублей, разбазариваются наиболее ценное стратегическое сырье и природные ресурсы, снижается качество жизни и ухудшается здоровье людей, падает средняя продолжительность жизни. Сплошь и рядом политические, национальные, экономические и социальные проблемы решаются за счет

окружающей природной среды. Очевидно, что реализуется модель неустойчивого развития, отвергнутая мировым сообществом в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Конференции ООН по окружающей среде и развитию. На этой Конференции представители правительств 180 стран приняли ряд документов по проблеме глобального перехода к новой модели развития мирового сообщества — к **устойчивому развитию**.

Возрождение России, ее полноценное включение в мировой процесс также должно ориентироваться на модель устойчивого развития. Речь идет о новом типе движения вперед, при котором удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей не будет достигаться за счет обездоливания потомков. Стратегия устойчивого развития требует системной оптимизации не только экономических и экологических характеристик, но и всех остальных параметров и тенденций социоприродной системы,

достижения гармонии между людьми и между обществом и природой. Стабильность экономического роста и социального развития может осуществляться без неоправданной деградации природы, сопровождаться не разрушением, а сохранением биосферы планеты. Такого рода устойчивое социоприродное развитие предполагает движение по пути всесторонней интенсификации производства и всех сфер социальной деятельности, когда максимальное вовлечение качественных источников и факторов органически связано с минимизацией количественных параметров. Переход на путь устойчивого социоприродного развития интенсивного типа связан с выполнением ряда стратегических требований, сформулированных в «Декларации Рио-де-Жанейро» и «Повестке дня на XXI век» — основных итоговых документах упомянутой Конференции в Бразилии.

Императивы устойчивого развития не могут быть реализованы стихийно и по-

требуют формирования новых механизмов управления как в глобальном, так и в национальном (федеральном) и региональном масштабах. Изменяются цели развития цивилизации, а из общечеловеческих ценностей приоритеты получают те, которые обеспечат устойчивое движение вперед. Это повлечет за собой кардинальные демографические, социально - экономические, культурные, политические и иные трансформации, выходящие за рамки тех или иных реформ. Сказанное касается, конечно, и изменения (корректировки) целей развития космонавтики и освоения космоса, их содействия переходу к новой модели развития.

Устойчивое развитие неизбежно пойдет по постиндустриальному пути, формируя в ближайшие десятилетия на всей планете (в том числе и с помощью космических средств) **информационную цивилизацию**, способную решать экологические и другие глобальные проблемы. На стадии информационного общества появится новый общечеловеческий интеллект глобально-космического масштаба, способный эффективно управлять планетарной социозкосистемой при ее переходе на рельсы устойчивого развития. Здесь возможен и **ноосферный вариант** развития, т. е. появление в отдельных странах и в глобальном масштабе сферы разума, или **ноосферной цивилизации**. Это будущая сфера совместного проживания человечества без конфронтационно - центростремительных и социально-патологических тенденций, цивилизация, отдающая приоритет идеалам нравственного разума и гуманизма. Если мировое сообщество пойдет по пути устойчивого развития, то уже в обозримом будущем концепция ноосферы из социальной утопии начнет

превращаться в концепцию, имеющую стратегическую и практическую значимость.

К сожалению, необходимость перехода к устойчивому развитию и его ноосферно-космической ориентации в России осознается пока весьма узким кругом интеллектуалов и даже не обсуждается на высших уровнях властных структур. Почти не говорит об этом и российская пресса. Складывается впечатление, что, когда весь мир выражает готовность совершить важнейший после сельскохозяйственной и промышленной революций переход на путь устойчивого развития, наша страна продолжает непрогнозируемое хаотическое движение, уходя все дальше от «реального социализма», но не вперед вместе с мировым сообществом, а возможно, либо куда-то в сторону, либо в далекое прошлое капитализма (его «дикую» стадию).

Модель устойчивого развития имеет отношение прежде всего к удовлетворению основных потребностей людей. Не отходят ли при этом на второй план освоение космоса, прогресс космонавтики? Отрицательный ответ очевиден. Движение человечества во внеземные пространства, согласно точке зрения, разделяемой автором, отражает ту неразрывную связь всего живого с космосом, которая была осознана еще в древности и затем названа антропокосмизмом<sup>1</sup>. Активно она развивалась и российскими мыслителями<sup>2</sup>, являясь составной частью «русской идеи»<sup>3</sup>.

Данные современной науки свидетельствуют в пользу того, что человек и общество в целом — порожде-

ние не только отдельной планеты — Земли, но и всего космоса. Достаточно вспомнить хорошо известный принцип, устанавливающий зависимость человеческого существования от фундаментальных физических констант и ряда глобальных свойств Вселенной. И вполне естественно, что на определенном этапе развития человек, осознав свою космическую сущность, стремится проникнуть в космическое пространство. Но для осуществления этого необходимо было создать и развить космонавтику. Лишь человек оказался единственным представителем биосферы, который смог проникнуть в космос и начать его обживать.

Известно, что природа человека не сводится к биологической компоненте. Не менее важная составляющая его сущности — социально-духовная. Именно поэтому весьма перспективны те исследования, которые связывают смысл человеческой духовности со Вселенной, с космическими реалиями и перспективами<sup>4</sup>. И если верно, что далекое прошлое человека обусловлено космосом, то и его будущее, одухотворенное нравственно - гуманистическим разумом, должно быть тоже связано с ним. К. Э. Циолковский, рассуждая о влиянии разумных существ на развитие и устройство Вселенной<sup>5</sup>, по существу, говорил о биосферной (планетарной) и космической роли Разума. Не случайно и разрабатываемая автором концепция перехода к устойчивому развитию

<sup>4</sup> Левитан Е. П. Научные представления о Вселенной — основа космического мышления и сознания. Земля и Вселенная, 1993, № 3.

<sup>5</sup> Циолковский К. Э. Разум и звезды. Архив РАН. Ф. № 555. Оп. 1. Ед. хр. 244.

<sup>1</sup> Урсул А. Д., Урсул Т. А. Эволюция, космос, человек. Кишинев.: 1986.

<sup>2</sup> Русский космизм. М., 1993.

<sup>3</sup> Русская идея. М., 1992.

и становления ноосферы предусматривает не только возможность появления **геоноосферы**, но и **космоноосферы** и даже **астроноосферы**<sup>6</sup>.

В новой модели потребность освоения космоса относится к категории основных. **По-видимому, это все-ленная потребность Разума.** Поэтому космическая деятельность должна органически войти в новую цивилизационную модель развития и стать мощным средством ее реализации.

Совершенно новая постановка вопроса о будущем человечества требует разработку новой социальной (точнее — социоприродной) теории развития цивилизации. Особенно необходима такая теория для России, поскольку у многих вызывает сомнение сама возможность перехода нашей страны на путь устойчивого развития. Соответствующие социальнo-гуманитарные и экологические исследования следует рассматривать как приоритетное научное направление, от которого зависит судьба нынешних и будущих поколений.

## НООСФЕРНЫЙ ВЫБОР РОССИИ

Безальтернативность модели устойчивого развития в планетарном масштабе обуславливает необходимость включения России в этот процесс и определяет возможности российского пути в ноосферу. На взгляд автора, содержание процесса возрождения нашей страны характеризуется не возвратом к какому бы то ни было варианту прошлого, а переходом вместе с другими странами и регионами пла-

неты к новой социоприродной модели развития и перспективами ноосферного выбора. И, конечно, наряду с общими тенденциями такого типа устойчивого социозоразвития, Россия будет характеризоваться своими специфическими чертами и тенденциями. Они определяются особенностями российской духовности и менталитета, истории и национальных традиций, пониманием нравственных императивов и экогуманистических ценностей, своеобразием процессов демократизации и перехода к рынку, обеспечения безъядерного мира, демилитаризации и конверсии, реализации социальной справедливости и защищенности личности, оптимизацией властных структур и механизмов управления, евразийскими культурно-этническими и территориально-природными реалиями и т. д. Однако все это не должно уводить Россию с магистрали глобального перехода к устойчивому развитию в его высшем (ноосферном) варианте.

Разработка социальной теории устойчивого развития и вариантов движения России по этому пути должна основываться на комплексе социально-гуманитарных исследований (с акцентом на проблемы прогнозирования и управления), а также на исследованиях в области естественных и технических наук. Первостепенное значение приобретает и проблема формирования принципиально нового мировоззрения — **ноосферного**, включающего все лучшее, что создано человечеством. Новое ноосферно-гуманистическое мировоззрение должно в полной мере учитывать недостаточность многих фундаментальных идей прежнего «научного» мировоззрения, отказаться от сциентизма и техницизма, от идеи господства человека над при-

родой, от идеи социального прогресса, от абсолютизации геоцентрических представлений. Поколение людей ноосферной ориентации будет способно реализовать модель устойчивого развития общества и активно содействовать процессу перехода на путь **управляемого ноосферогенеза — оптимальной траектории выживания человечества.**

## ПРИОРИТЕТ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО

О непрерывном и устойчивом развитии общества многие мыслители мечтали давно. Говорили и о бессмертии человеческого рода. Пытались выявить те или иные опасности, угрожающие человечеству, искали способы избежать их.

Можно утверждать, что К. Э. Циолковский был одним из основоположников идеи устойчивого развития. Обосновывая вечность Вселенной, ее безграничность в пространстве и во времени, калужский ученый обращал в своих трудах внимание на «темные враждебные силы, которые могут погубить человечество, если оно не примет против них соответствующих мер спасения. Знание всех угрожающих сил космоса поможет развитию людей, так как грозящая гибель заставит их быть настойчивее, заставит напрячь все свои умственные и технические средства, чтобы победить природу»<sup>7</sup>.

Среди причин возможного угасания жизни на Земле, К. Э. Циолковский выделял охлаждение Солнца (в то время этот срок устанавливался в 6 млн лет), мощные вулканические процессы, сопровождающиеся землетрясениями, потопами,

<sup>6</sup> Урсул А. Д. Путь в ноосферу (концепция выживания и устойчивого развития цивилизации). Земля и Вселенная, 1993, № 4.

<sup>7</sup> Циолковский К. Э. Земные катастрофы (мировые катастрофы, 1921). Архив РАН. Ф. № 555. Оп. 1. Ед. хр. 247. Л. 51.

поднятием и опусканием материков, падением больших метеоритов и комет и т. д. Сегодня нас больше беспокоят угрозы экологического самотубийства, термоядерная катастрофа и тому подобные человеческие деяния...

К. Э. Циолковский в значительной степени предвосхитил обсуждение проблем, которые мы сейчас относим к компетенции глобальных, в особенности проблем, связанных с экологией и моделью устойчивого развития. Он верил (как и В. И. Вернадский), что человечество окажется глобальным (геологическим) фактором развития и коренным образом преобразует планету, поскольку в ее природе «много несовершенств» (а ведь и выход в космос — это тоже средство «исправления» этих несовершенств). Например, он считал таким усовершенствованием полное уничтожение всех вредных для сельского хозяйства и здоровья человека животных и растений (причем выдвинул даже конкретные проекты реализации этой идеи). Он хотел превратить поверхность Земли в сплошные сельскохозяйственные угодья и оранжереи...

К. Э. Циолковский предложил, и вполне осознанно, один из возможных путей предотвращения гибели человечества на планете — освоение космического пространства, и указал конкретный способ выхода в космос, который был реализован практической космонавтикой. Ученый считал, что цели познания и деятельности — счастье человека, его бесконечное развитие и совершенствование. Однако, по его мнению, эта цель на Земле недостижима, потому что Земля зависит от остального космоса, ей угрожают такие воздействия, которые с течением времени сделают невозможной жизнь на планете. Гибель всего живого на

Земле можно избежать, лишь познав законы Вселенной и создав средства выхода людей за пределы планеты, на которых можно путешествовать к иным космическим источникам энергии (иным солнцам).

Самое главное, по мнению мыслителя, «устранение страданий» — устранение смерти человека и человечества. Жизнь людей может длиться неопределенно долго, если человек сумеет преобразовать свое тело и стать космическим существом, непосредственно поглощающим энергию солнечного излучения<sup>8</sup>.

Большой мировоззренческий резонанс получила идея К. Э. Циолковского о бессмертии человеческого рода. Напомним, что вторую часть его знаменитого труда «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1911 г.) венчает мысль о том, что «нет конца жизни, конца разуму и совершенствованию человечества. Прогресс его вечен. А если это так, то невозможно сомневаться и в достижении бессмертия»<sup>9</sup>. И это первое научно обоснованное положение о возможности непрерывного развития цивилизации, основная идея которого та же, что и в обсуждаемой сейчас модели устойчивого развития.

## ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Концепция устойчивого развития сегодня никому не сулит «светлого будущего». Все предыдущие концепции именно это обещали людям, очаровывая миражами социальных утопий. В противоположность этому модель устойчивого развития ориентирована не на значительное

улучшение жизни людей, а просто на продление на неопределенно большой период времени их нормальной жизни. Раньше подобное казалось само собой разумеющимся, но теперь ясно, что за столь «тривиальную» цель человечество должно бороться. Очевидно, что теперь придется изменить стратегию существования и развития цивилизации — непрерывность развития нужно достигать без количественного роста многих традиционных параметров (численность населения, антропогенное давление на биосферу и т. д.).

Отметим, что в истории человечества были периоды длительного устойчивого развития. Так, в палеолитическую эпоху обеспечивалось достаточно долгое непрерывное развитие первобытного человечества, длившееся несколько миллионов лет. Да и большая часть неолитической истории человечества, вплоть до начала индустриальной революции (возможно, до XIX в.), также отличалась относительной устойчивостью, породив иллюзию возможности непрерывного социального прогресса. Очевидной неустойчивостью характеризуются лишь последние десятилетия индустриального развития (а неочевидной — последние два столетия).

## КОСМОНАВТИКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Наиболее известна сейчас **экологическая роль космических средств**, без которых уже немалым выходом из экологического кризиса. Например, с помощью **космического мониторинга** окружающей среды можно оперативно получать информацию на глобальном и региональном уровне, оценивать степень воздействия человека на окружающую природную среду. Космические

<sup>8</sup> Циолковский К. Э. Жизнь в межзвездной среде. М., 1964.

<sup>9</sup> Циолковский К. Э. Реактивные летательные аппараты. Собр. соч. Т. 2. М., 1954, с. 139.

средства позволяют отслеживать естественные природные изменения — извержения вулканов и землетрясения, тайфуны и ураганы, динамику акваторий, перемещения ледников и айсбергов. Из космоса можно наблюдать антропогенные воздействия на природу — фиксировать техногенные катастрофы и загрязнения, развитие индустриального и сельскохозяйственного воздействия, обезлесения и опустынивания, изменения атмосферы и озонового слоя.

Однако экологические проблемы, решаемые с помощью космических средств на Земле, не сводятся к мониторингу. Так, космонавтика, если это окажется целесообразным, может оказаться полезной при изоляции особо опасных радиоактивных отходов<sup>10</sup>.

Эти и многие другие примеры говорят об исключительной важности космических средств для решения экологических проблем и перехода к устойчивому развитию цивилизации, хотя придётся, конечно, преодолевать на Земле и в околоземном пространстве определенные отрицательные экологические последствия космонавтики.

После того как космонавтика стала ориентироваться на решение народнохозяйственных задач, мы в духе традиционного экономического мышления обращали внимание именно на немалые выгоды от применения космических средств. Между тем, космонавтика уже давно окупала расходы общества на свое развитие, и это обстоятельство важно не

только подчеркнуть, но и шире пропагандировать, чтобы противостоять обывательскому мнению о космических затратах и психологическому неприятию ее.

Однако требуется более глубоко исследовать экологические аспекты космонавтики. Считалось (и это в основном справедливо), что экономические и научные проблемы в развитии космонавтики всегда были доминирующими. В настоящее время сугубо экономическое объяснение появления и развития космонавтики выглядит несколько односторонним, поскольку экологическая функция и возможности космонавтики будущего приобретают огромное значение для перехода общества на путь устойчивого развития. Это касается прежде всего устойчивого существования биосферы и человечества на нашей планете. Существенно способствуя решению экологической проблемы на планете и реализации новой модели цивилизационного процесса, освоение внеземных пространств само должно строиться на принципах устойчивого развития. А тогда и темпы пространственной экспансии человечества окажутся не такими уж стремительными, какими они представлялись некоторым исследователям, исходящим из экстенсивной стратегии космической деятельности. Помните: космическая природа должна быть переделана по желанию человека — планеты земной группы будут освоены, планеты-гиганты расчленены, вокруг Солнца будет построена сфера Дэйсона и т. д.

Скорее всего путь устойчивого экоразвития не требует экспотенциального расширения осваиваемых новых внеземных пространств, а тем более коренной переделки Солнечной системы и Галактики. В космических масштабах гуманизм будет

органично соединяться с натурализмом, и человек в большей степени станет следовать структуре и природе космоса, чем это представлялось ранее. Даже экологическое производство должно будет развиваться так, чтобы не нарушать «гармонию небесных сфер», обеспечивая обществу продвижение в космос в той степени и в том масштабе, которые следуют из основных принципов стратегии устойчивого экоразвития, гарантирующей выживание человеческой цивилизации на Земле и в космосе.

Использование космических средств в социальной деятельности в настоящее время, когда за пределы планеты выносятся лишь часть народнохозяйственных комплексов, выполняющих в основном информационные функции, представляет собой мощный стимул для перехода к модели устойчивого развития. С этих позиций освоение космоса — одно из кардинальных средств решения проблем окружающей среды на длительную астрономическую перспективу. Создание экологобезопасного устойчивого общества возможно лишь при активном использовании средств космонавтики в ее наиболее совершенных (возможно и безракетных) вариантах.

Итак, история дает нам возможность осознать бесперспективность прежних моделей и вариантов развития, отказаться от надуманных стандартов жизни. В условиях неопределенности и риска предстоит принять беспрецедентное решение, способное коренным образом изменить судьбу человечества — выйти на траекторию устойчивого развития. Такой выбор гарантирует выживание, а будущим поколениям даст возможность стать жителями ноосферы — качественно более высокой ступени цивилизации, которая обретет свою зрелость лишь на космической стадии.

<sup>10</sup> Урсул А. Д., Левитан Е. П., Комаров В. Н. Космическая изоляция радиоактивных отходов: «за» и «против». Земля и Вселенная, 1992, № 5; Иойрыш А. И., Яскин С. А. Позволят ли закон удалять радиоактивные отходы в космос? Земля и Вселенная, 1993, № 5.

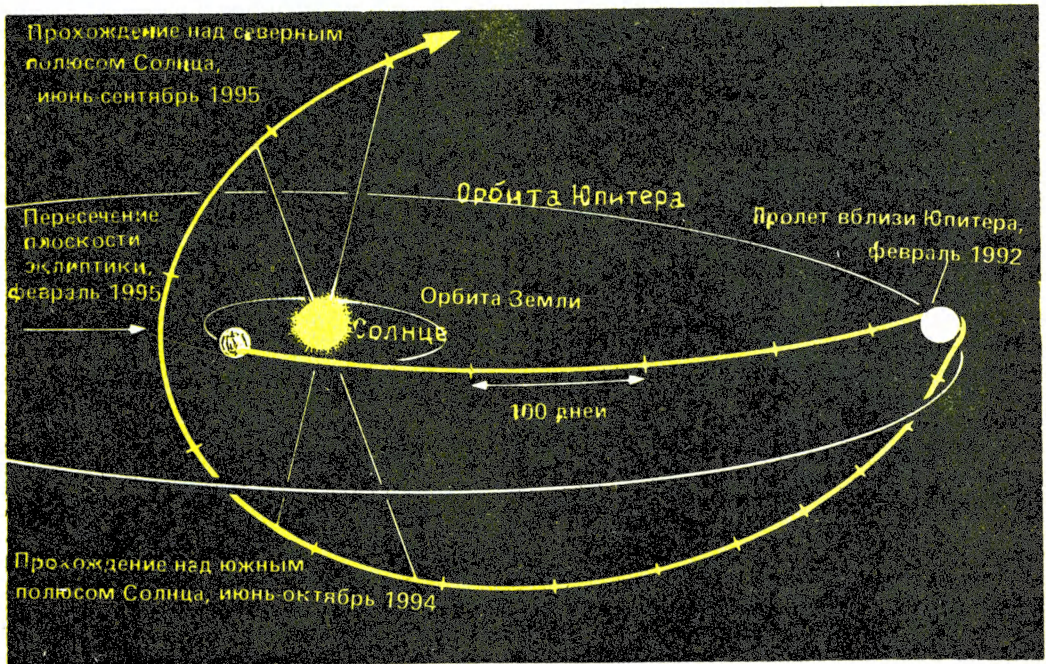
### Проект «Улисс». Позади первый этап

В октябре 1990 г. во время орбитального полета американского многоэтажного корабля «Дискавери» из его грузового отсека экипаж вывел в космос космический аппарат «Улисс», которому предстояло совершить уникальное путешествие по Солнечной системе [Земля и Вселенная, 1990, № 5; 1991,

№ 1]. Через несколько часов аппарат, чья основная цель — добыть новые данные о Солнце, был переведен на орбиту межпланетного перелета, но в отличие от всех своих предшественников, направился не к самому светилу, а в обратном направлении.

Так началось путешествие

нового, теперь уже космического Одиссея (Улисс — римское имя героя греческой мифологии Одиссея, прославившегося своим многолетним и полным приключений путешествием). В 1992 г. он миновал важный этап своего маршрута. Научным результатам этого события и посвящена статья.



Траектория полета космического аппарата «Улисс» в Солнечной системе. Рис. NASA



## СМЕЛЫЙ ЗАМЫСЕЛ

Исследования Солнца космическими аппаратами велись с первых лет освоения внеземного пространства. Почти каждый эксперимент приносил новую информацию, однако все они обладали одним общим недостатком — траектория полета космических зондов была такова, что наблюдения осуществлялись лишь в области солнечного экватора, а приполярные области нашего светила оставались недоступными.

Причина — в том, что все аппараты, запускаемые на межпланетные орбиты, совершали полет в плоскости эклиптики или с небольшим удалением от нее. Отсутствие же данных о полярных областях Солнца и о межпланетном пространстве над ними не позволяло составить целостного представления о нем самом и более точно сформулировать модель околосолнечного пространства. Этот пробел в наших знаниях и был призван заполнить «Улисс».

Первый замысел такого полета появился примерно два десятилетия назад. Вначале предполагалось запустить два космических аппарата (КА) — Европейского космического агентства (ESA), и NASA. Однако из-за финансовых проблем было принято решение построить один «компромиссный» КА, которому предстояло осуществить комплексные исследования по совместной, согласованной между ESA и NASA программе, носящей название ISPM (International Solar Polar Mission — «Международный полет к полюсам Солнца»). Выведение на орбиту осуществлено американским «Шаттлом». Из девяти научных приборов, установленных на его борту, четыре «европейских» и пять «американских». Аппарат был готов к запуску в 1986 г.,

но катастрофа «Челленджера» в январе этого года заставила пересмотреть график всех запланированных полетов кораблей «Шаттл» и отложить их на более позднее время.

Разгонные блоки вывели «Улисс» на межпланетную траекторию, однако КА направился не к главной цели своего путешествия, пересекая орбиты Венеры и Меркурия, а в противоположную сторону — к Юпитеру. Такое необычное решение было принято из-за того, что значительное удаление от плоскости эклиптики в случае прямого старта с Земли потребовало бы очень высокого начального импульса движения, а значит, и чрезмерно большого количества топлива для разгонных блоков. Зато совершив маневр в гравитационном поле планеты, «Улисс» получил бы импульс, необходимый для изменения первоначального направления полета, «даром». Такие маневры (их называют пертурбационными) давно и успешно применяются в космонавтике, позволяя существенно изменять траектории КА с небольшим расходом топлива (его запасы, как правило, ограничены). Правда, такое решение значительно удлинит продолжительность полета, но с этой потерей ученые согласны были смириться, лишь бы получить недоступную ранее информацию.

### Страны, участвующие в научных исследованиях с борта КА «Улисс»

Объект изучения	Название эксперимента	Страна
1. Космическая пыль	DUST	Германия
2. Космические лучи и солнечные частицы	COSPIN (Cosmic-Ray and Solar Particle INvestigation)	США
3. Состав энергичных частиц и межзвездный газ	EPAC/GAS (Energetic Particle Composition/Interstellar Neutrale GAS experiment)	Германия
4. Ионы и электроны низких энергий	HI-SCALE (Heliosphere Instrument for Spectra Composition and Anisotropy of Low Energies)	США
5. Магнитометрические измерения	FGM/VHM (Flux Gate Magnetometr/Vector Helium Magnetometr)	Англия
6. Состав солнечного ветра (ионы)	SWICS (Solar-Wind Ion Composition Spectrometr)	США
7. Плазменные измерения (солнечный ветер)	SWOOPS (Solar-Wind observation Over the Poles of the Sun: ion and electron measurement)	Швейцария США
8. Солнечные рентгеновские и космические гамма-всплески	GRB (Solar X-Rays and Cosmic Gamma-Ray Burst experiment)	США Германия
9. Радио- и плазменные волны	URAP (Unified Radio and Plasma Wave experiment)	США
10. Гравитационные волны	GWE (Radio-science Gravitation Wave Experiment)	Италия
11. Солнечная корона	SCE (Radio-science Solar Corona Experiment)	Германия

## ПРОГРАММА ПОЛЕТА

Для «Улисса», стартовавшего в октябре 1990 г., был выбран следующий график: через 16 месяцев (в феврале 1992 г.) он огибает Юпитер, а в 1994 г. пролетает на расстоянии около 350 млн. км «под» южной полярной областью Солнца. Затем КА пересекает плоскость эклиптики на расстоянии около 200 млн. км от Солнца и в 1995 г. окажется «над» его северной полярной областью.

Масса «Улисса» около 370 кг, из которых около 55 кг приходится на научную аппаратуру. Его герметичный корпус имеет размеры  $3,2 \times 3,3 \times 2,1$  м, мощность энергетической установки (она радиоизотопная, топливом служит плутоний-238) — 285—255 Вт (постепенно уменьшается со временем). На КА установлены два передатчика мощностью 20 и 5 Вт и параболическая антенна диаметром 1,65 м. На выносной штанге размещен магнитометр. В космосе раскрываются еще две антенны (радиальная и осевая). Инфор-

мация с борта «Улисса» передается в реальном масштабе времени со скоростью 1024 бит/с, и кроме этого предусмотрен режим записи данных со скоростью 512 бит/с.

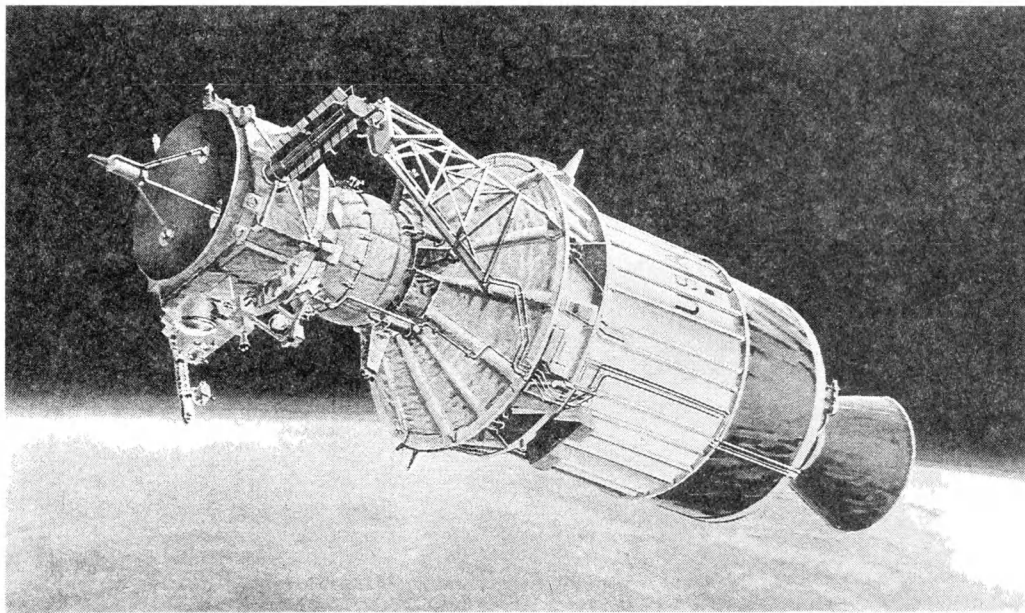
Научная программа полета «Улисса», помимо основной задачи — исследований Солнца, — предусматривает проведение различных измерений на трассе полета к Юпитеру и от него к Солнцу. Из-за ограничений в финансировании на борту аппарата нет фото- и телекамера. Научные приборы обеспечивают измерения характеристик космической пыли, космических лучей, солнечного ветра, проведение плазменных экспериментов и магнитометрические измерения.

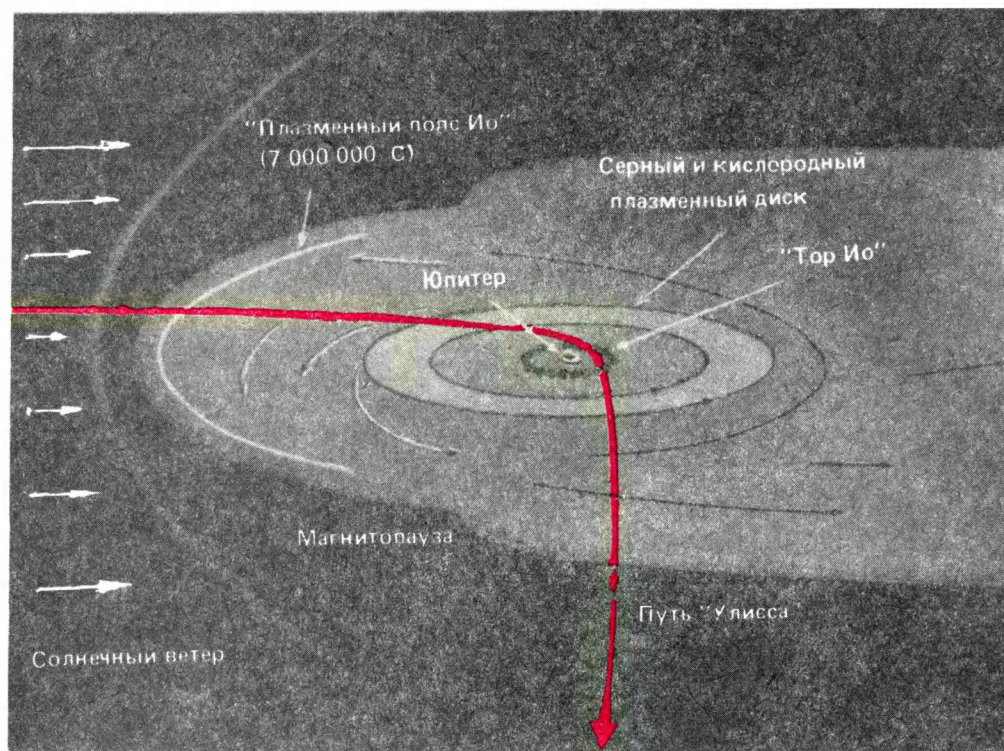
Последние два из перечисленных в таблице экспериментов будут проведены с учетом результатов анализа распространения радиоволн, радиослежения и траекторных измерений. Исследуя доплеровский сдвиг частот радиоволн при движении КА ученые попытаются зарегистрировать гравитационные волны. Солнечную корону (ее

температура, плотность, турбулентность) предполагается изучать, анализируя прохождение радиосигналов с КА на Землю при облете Солнца. Стоит остановиться подробнее на каждом из экспериментов.

Эксперимент DUST проводится как во время полета по трассам Земля — Юпитер и Юпитер — Солнце, так и при облете планеты. Регистрировались соударения с частицами от  $10^{-15}$  до  $10^{-9}$  г. В межпланетном пространстве аппаратура регистрировала в среднем один удар пылевой частицы за неделю, при пролете же вблизи Юпитера число их достигло восьми (размер 1—10 мкм). Две

Рисунок изображает «Улисс» после его выведения из грузового отсека «Шаттла». Космический аппарат (небольшой четырехугольный с антенной, слева) переведен на траекторию межпланетного перелета к Юпитеру связкой из двух разгонных блоков: IUS (большой светлый цилиндр справа) и РАМ (небольшая сфера под аппаратом). Рис. NASA





Схематическое изображение магнитосферы Юпитера и путь «Улисса» через нее. Этот и остальные рис. заимствованы из «Бюллетеня ESA», ноябрь, 1992 г.

из них — частицы межпланетной космической пыли, видимо, попавшие в окрестности планеты из-за притяжения Юпитером, а остальные входят в состав разреженного пылевого кольца (они зарегистрированы при пролете экваториальной области планеты). Это слабо-выраженное кольцо было обнаружено при пролете зондов «Вояджер-1» и «Вояджер-2» в 1979 г. Полученные от «Улисса» данные свидетельствуют о том, что ширина кольца больше, чем предполагалось на основании предыдущих измерений. Часть пылинок, по-видимому, имеет вулканическое происхождение (вулканы на

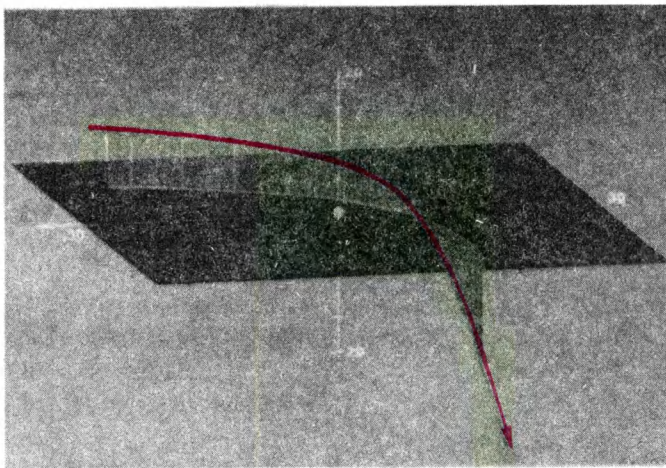
Ио), другая часть, вероятно, откололась от песчинок, вращающихся вокруг планеты. Результаты эксперимента, возможно, помогут решить проблему происхождения пылевых частиц, однако это будет сделано после анализа космическим данным о составе пыли.

Эксперимент COSPIN — регистрация солнечных частиц с энергиями от 0,3 до 600 МэВ/нуклон и электронов от 4 до 2000 МэВ. В эксперименте EPAS/CAS предполагалось оценить состав межпланетных ионов (ионы от 80 кэВ до 15 МэВ/нуклон) и содержание межзвездного нейтрального гелия. Программой HI—SCALE предусматриваются гелиосферные исследования спектрального состава и анизотропии частиц низких энергий, регистрация ионов с энергиями от 50 кэВ до 5 МэВ и электронов от 30 кэВ до 300 кэВ.

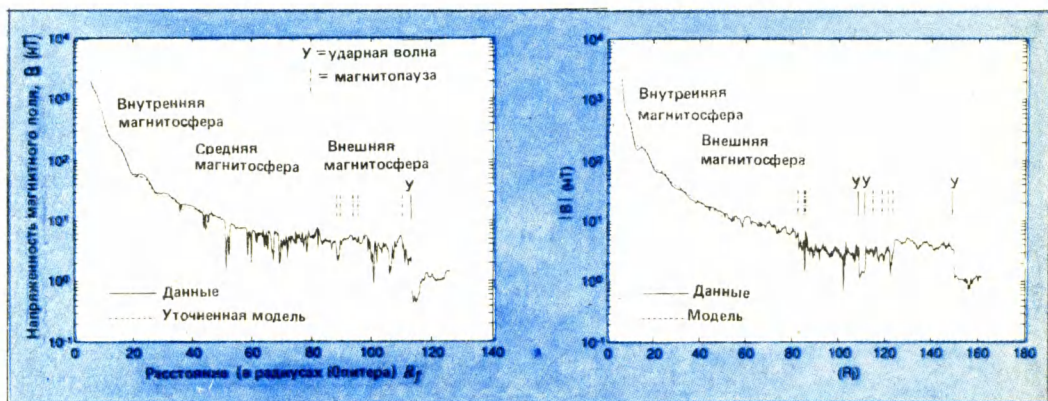
Прибором SWICS прове-

дено измерение состава, определение температуры и скорости ионов солнечного ветра от 145 км/с (для  $H^+$ ) до 1,352 км/с (для  $F^{+8}$ ). Прибор SWOOPS предназначен для регистрации ионов (от 257 эВ/заряд до 35 кэВ/заряд) и электронов от 1 до 903 эВ. В эксперименте URAP запланированы комплексные измерения плазменных волн (0—60 кГц), электронной плотности, солнечных радиовсплесков (1—940 кГц).

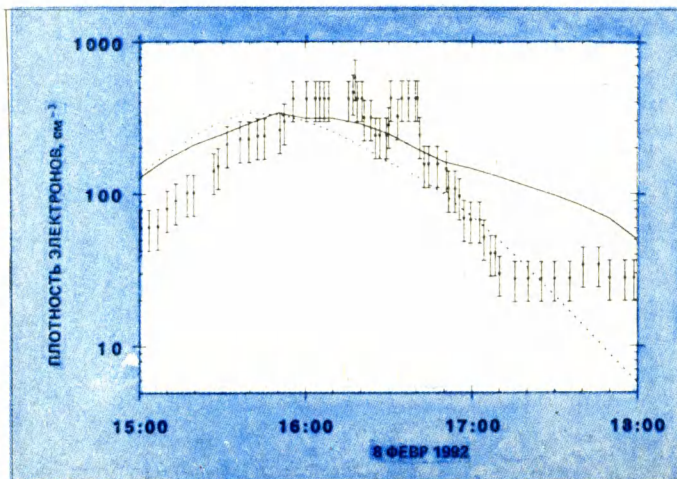
Другие, как уже проведенные эксперименты, так и те, что еще предстоят, весьма взаимосвязаны, поскольку динамика любых процессов, т. е. поведение всех видов частиц, обусловлена присутствием магнитного поля на протяжении всего полета (на трассе полета — межпланетного, у Юпитера — собственного). Магнитометр на КА измеряет напряженность поля и покомпонентное измерение магнитного поля в гелиосфере и магнитосфере



Траектория пролета «Улисса» вблизи Юпитера. Минимальное расстояние между аппаратом и планетой составило 6,3 радиуса Юпитера. Вертикальные штрихи, нанесенные на проекцию траектории, разделены интервалами в три часа. Стрелка указывает направление на Солнце, цифры по осям — расстояния в радиусах Юпитера



Данные о напряженности магнитного поля Юпитера, переданные «Улиссом»: а) при входе в магнитосферу, в) при удалении от планеты. По вертикали — напряженность магнитного поля в нанотеслах, по горизонтали — расстояние от планеты в ее радиусах



Плотность электронов внутри «плазменного тора Ио», зарегистрированная во время эксперимента URAP. Для сравнения указана расчетная кривая, построенная по данным «Вояджеров»

Результаты регистрации ионов и электронов в магнитосфере Юпитера в ходе эксперимента HI—SCALE. Вверху — спектрограммы энергий, внизу — количество зарегистрированных частиц

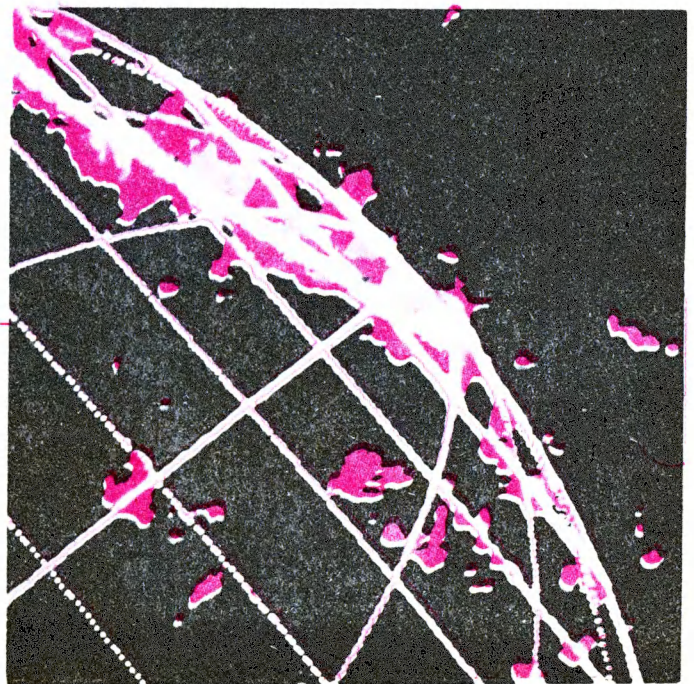
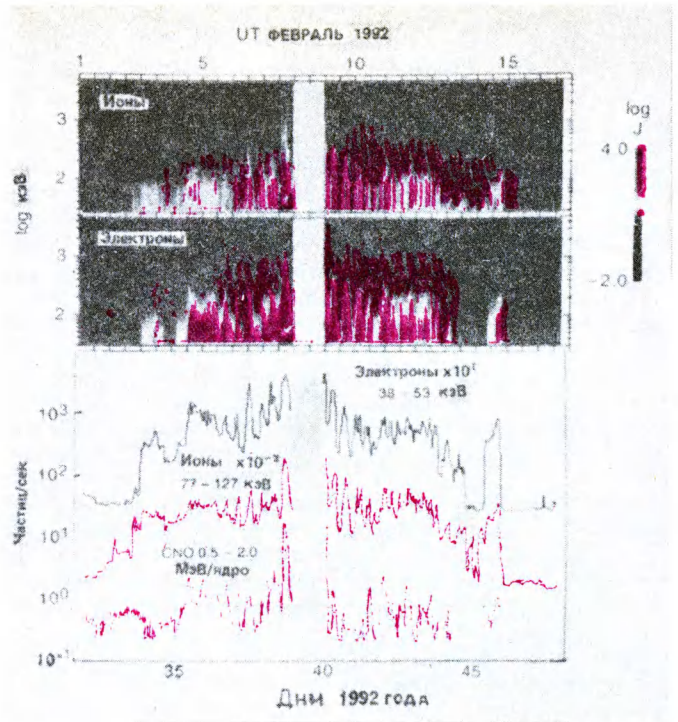
Юпитера (в пределах от 0,01 до  $44 \times 10^3$  нанотесла, нТ).

### «УЛИСС» ВБЛИЗИ ЮПИТЕРА

«Улисс» совершил облет Юпитера примерно за две недели, передав огромное количество информации. Поэтому лишь комплексное рассмотрение совокупности полученных данных позволит ученым сделать более основательные выводы о процессах, происходящих в околопланетном пространстве.

Особенность траектории полета КА вблизи Юпитера заключалась в том, что он огибал планету «сверху», т. е. над областями высоких широт, обладая большими возможностями для измерений, которые и были успешно реализованы. Проведены наблюдения в области так называемого северного каспа, затем КА прошел внутри орбиты Ио, пересек «плазменный тор», расположенный внутри нее, и облетел Юпитер «снизу». Напряженность магнитного поля в этой области оказалась около 2,4 мкТл, т. е. в тысячи раз больше, чем и в межпланетном пространстве, и в магнитном поле Земли.

Изображение (в условных цветах) северного полярного региона Юпитера, полученное камерой слабых объектов Космического телескопа им. Хаббла (она установлена ESA). Полярное сияние, видимое здесь (его основная область отмечена светлым кольцом) было зарегистрировано и приборами «Улисса»



Непосредственные измерения магнитного поля планеты производились ранее и измерения с борта «Улисса» подтвердили полученный ранее основной результат: ось магнитного поля наклонена к оси вращения примерно на  $10^\circ$ .

Магнитосфера Юпитера более «плоская», чем земная, имеющая форму вытянутой капли. Это, по-видимому, и стало причиной того, что КА вошел в нее несколько ранее, чем предсказывали расчеты, сделанные на основании данных «Вояджеров».

Из результатов измерений следует, что магнитосфере присуща определенная «эластичность». Магнитное поле образуется двумя составляющими: собственным внутренним магнитным полем планеты (90 %) и полем, создаваемым магнитоплазменным диском (10 %) вокруг нее. В пределах этого тонкого диска протекают электрические токи огромной мощности ( $10^9$  А), которые и генерируют свое магнитное поле. Уточнение его конфигурации и роли таких крупномасштабных токовых систем в строении и динамике магнитного поля — станет одним из важнейших научных результатов эксперимента.

Приборы аппарата наблюдали ионы и электроны в различных энергетических диапазонах, измеряли гамма- и рентгеновское излучение, регистрировали радио- и плазменные волны.

Данные, полученные в эксперименте SWICS, позволят уточнить взгляд на «историю жизни» магнитосфер-

ной плазмы Юпитера, которая состоит из трех компонентов — частиц солнечного ветра, атмосферных ионов и частиц вулканического происхождения. Они дадут возможность более точно оценить механизм крупномасштабного «перемешивания» всех этих трех видов вещества. Совместные данные прибора SWOOPS и магнитометра помогут уточнить границы различных участков магнитосферы и динамику этих границ.

Исследования плазменного тора Ио (программа «Io Plasma Torus-IPT») были проведены как непосредственно в ходе полета (прибор URAP), так и на основании анализа прохождения радиосигналов по трассе КА—Земля.

Анализируя предварительные данные, можно предположить, что вулканическая активность Ио в последнее время несколько уменьшилась, однако присутствие ионизированных атомов серы и кислорода все же, по-прежнему, четко обнаруживается приборами. Именно в результате ионизации атомов серы и кислорода мощными радиационными поясами (частицы, захваченные и удержанные магнитным полем) образуется плазменный пояс («тор Ио»), вовлекаемый во вращение магнитным полем. По полученным ориентировочным оценкам, его «толщина» порядка трех радиусов планеты, однако структура «тора» неоднородна, т. е. он не является непрерывным кольцом, у него есть отдельные «активные» участки.

Проводился эксперимент

по изучению радиоизлучения Юпитера (прибор URAP). Во внешних областях «тора» были обнаружены «долгоживущие» дискретные источники километрового излучения (вращающиеся вместе с планетой). Результаты измерений в диапазоне длин волн порядка десятков метров не поддаются на сегодняшний день ясному теоретическому объяснению. Как и при полете «Вояджера», обнаружены всплески радиоизлучения (их на записях довольно много), а на низких частотах непрерывная часть спектра наблюдалась довольно далеко; интенсивность и частотные характеристики спектра изменялись в зависимости от давления солнечного ветра.

Полученная в результате облета Юпитера информация дополнила уже имеющиеся сведения о планете, добытые в предыдущих четырех полетах («Пионер-10, -11», «Вояджер-1, -2»). Новые данные не являются, вообще говоря, сенсационными, но ценность их в том, что КА прошел через магнитосферу по совершенно уникальной траектории, причем работали одновременно несколько приборов. Это позволит создать более точную трехмерную модель магнитосферы и происходящих в ней процессов.

Итак, Юпитер позади, «Улисс» лёг на новый курс, и мы ждем лета следующего года, когда он приблизится к цели своего путешествия.

С. М. ДЬЯЧЕНКО

# Открытие как награда...

(к 120-летию  
открытия Земли  
Франца-Иосифа)

В. А. МАРКИН,  
кандидат географических наук



Юлиус Пайер (1842—1915) —  
начальник экспедиции, открыв-  
шей Землю Франца-Иосифа

Приняли нас с почетом и радушием. Все, что имелось на корабле лучшего, предоставили в наше распоряжение», — писал Юлиус Пайер, начальник австро-венгерской экспедиции, которая, как думали, бесследно исчезла в ледяном безмолвии Ледовитого океана два года назад...

О возвращении экспедиции, отплывшей на судне «Тегетгоф» для поисков открытого моря в районе Северного полюса, мир узнал 3 сентября, когда в норвежский порт Варде вошла русская шхуна «Николай» со спасенными полярными путешественниками. В их честь на фок-мачте развевался флаг Австро-Венгрии. Моряки «Тегетгофа» потеряли свой корабль — был раздавлен льдами. Но там, где искали свободное от дрейфующих льдов море, они открыли архипелаг островов. В честь австро-венгерского монарха он был назван Землей императора Франца-Иосифа I.

Вечером 24 августа 1874 г. с борта поморской зверобойной шхуны «Николай», стоявшей на якоре близ носовоземельского мыса Бритвина, увидели идущие с севера четыре шлюпки. «На палубу

высыпало много народа — все бородатые русские. Они смотрели сверху на нас. В их взгляде было удивление и участие. Среди них стоял похожий на патриарха капитан шхуны Федор Воронин...

## ПРЕДВИДЕНИЕ

Телеграммы об открытии новых островов полетели во все концы света, получили телеграмму и в Русском географическом обществе в Петербурге. На его специальном заседании зачитали записку капитана Воронина о встрече с австрийскими моряками у берегов Новой Земли. Через два года в Вене вышла книга Ю. Пайера, подробно рассказавшая о всех перипетиях плавания и зимовки на вновь открытой земле. И только человек, который имел к этому открытию прямое отношение, ничего тогда о нем не узнал.

Князь Петр Алексеевич Кропоткин, член-сотрудник Русского географического общества, в тот момент, когда на борту зажатого льдами «Тегетгофа» раздался радостный крик «Земля!», мерил шагами каземат Петропавловской крепости. Он успокаивал себя: «Нужно представить, что предстоит провести несколько лет на севере, во время полярной экспедиции...» Ему это было нетрудно представить, ведь он уже был назначен руководителем подобной экспедиции после того, как в 1871 г., по поручению Географического общества, составил проект комплексных исследований в морях Северного Ледовитого океана.

Еще раньше флотский офицер Н. Г. Шиллинг на основе своих расчетов обнаружил отклонение арктического течения от генерального направления. Он предположил, что оно вызвано препятствием — участком суши. Найти эту неизвестную еще землю к северу от Шпицбергена — такую задачу поставил Кропоткин перед будущей экспедицией. По-видимому, возможным обретением новых земель он старался заинтересовать представителей власти. Однако грандиозный проект ос-

тался неосуществленным — правительство отказалось его финансировать.

Впрочем, та же судьба была уготована и арктическому проекту М. В. Ломоносова в XVIII в. в котором содержался намек, что «может быть, не в самой полярной точке, однако близкой должно быть немалому острову или еще многим...» Есть также сведения, что еще в XVII в. голландский китолов Корнелиус Роуль набрал на какие-то острова к северо-востоку от Шпицбергена. Возможно, это и была Земля Франца-Иосифа. Гораздо большего доверия заслуживает информация о посещении норвежским шкипером Нильсом Ронбеком и гарпунером Юханом Айдиерви в 1865 г. двух западных островов архипелага — Земли Александры и Земли Георга. Но первооткрывателями все же считаются те, кто заявил миру об открытии новой группы островов и нанес их на карту. А сделали это руководители австро-венгерской экспедиции на судне «Тегетгоф» Юлиус Пайер и Карл Вайпрехт.

### «КАПРИЗ ПЛЕНИВШЕЙ НАС ЛЬДИНЫ...»

Преподавателю истории военной школы в Вене Ю. Пайеру было 27 лет, когда он в 1869 г. впервые попал в Арктику — участвовал в германской экспедиции К. Кольдевея на пароходе «Германия», направившейся в сопровождении парусника «Ганза» к берегам Гренландии. Оба судна позднее раздавили льды, и экипажам пришлось высаживаться на дрейфующий лед. Так Пайер приобрел свой первый полярный опыт. Через два года он оказался в новом плавании — на норвежской парусной шхуне «Исбьерн» («Белый медведь»), которая под руководством австрийского лейтенанта Карла Вайп-

рехта устремилась во льды Баренцева моря. Цель обеих экспедиций — проверить идеи известного немецкого географа Августа Петермана о свободном от льдов море в районе Северного полюса, по которому якобы можно пройти кратчайшим путем к Берингову проливу. Плавание «Германии» и «Ганзы» закончилось неудачно, но «Исбьерн», преодолев полосу льдов, вышел в районе Новой Земли в открытое море и достиг рекордной широты — 78°58' с. ш. По возвращении в Вену К. Вайпрехт выступил на заседании Академии наук с предложением продолжить исследования, поскольку идея Петермана, как он считал, находит подтверждение.

Проект Вайпрехта правительство поддержало, причем главную роль сыграли патриотические мотивы: Австро-Венгрия только что обзавелась собственным флотом и претендовала на роль великой морской державы. По этим же соображениям специально построенное в Германии деревянное судно получает имя первого австрийского адмирала Тегетгофа. 15 июля 1872 г. судно покинуло норвежский порт Тромсе и взяло курс на север, имея на борту 24 человека. Среди них — капитан У. Карлсен, два начальника экспедиции — Ю. Пайер и К. Вайпрехт, машинист О. Криш, боцман П. Лузина, кочегар Поспишилл, лейтенант Г. Брош, мичман Э. Орел, плотник А. Вечерина, матросы Лукинович, Катаринич, Занинович... Состав экипажа интернациональный, но преимущественно славянский, отражающий национальное многообразие «лоскутной» Австро-Венгерской империи. Уже через десять дней плавания на широте всего 74° путешественники увидели лед, пройти через который



Ю. Пайер (слева) и К. Вайпрехт водружают знамя Австро-Венгерской империи на Земле Франца-Иосифа 2 ноября 1873 г. С картины участника экспедиции Э. Оела



оказалось невозможно вплоть до Панкратьевых островов у Новой Земли. Здесь произошла встреча со шхунной «Исбьерн». Как только суда разошлись, «Тегетгоф» очутился в плену тяжелых льдов, откуда ему уже не суждено было вырваться. Вера в «теплое море» у полюса окончательно развеялась, когда короткое лето после суровой зимы не принесло ни малейшей надежды на выход из дрейфа. Экипаж готовился ко второй зимовке среди ледяных торосов...

Но вот 30 августа 1873 г. на 375-й день дрейфа в разрыве плотного тумана блеснула освещенная солнцем заснеженная земля — скалы и ледники. «Открытие ее было наградой кучке незадачливых моряков за силу их надежды и выдержку в период тяжелых испытаний, — писал Ю. Пайер. — Нам подарил ее каприз пленившей нас льдины».

Только спустя два месяца удалось достигнуть желанной земли. Вид ее не разочаровал Пайера: «Нам казалось, что это рай земной, хотя в действительности здесь ничего, кроме снега, скал и смерзшихся камней, не было. Мы не чувствовали тогда, что землю печальнее нашего острова трудно было сыскать». Острову присвоили имя графа Вильчека, финансировавшего экспедицию.

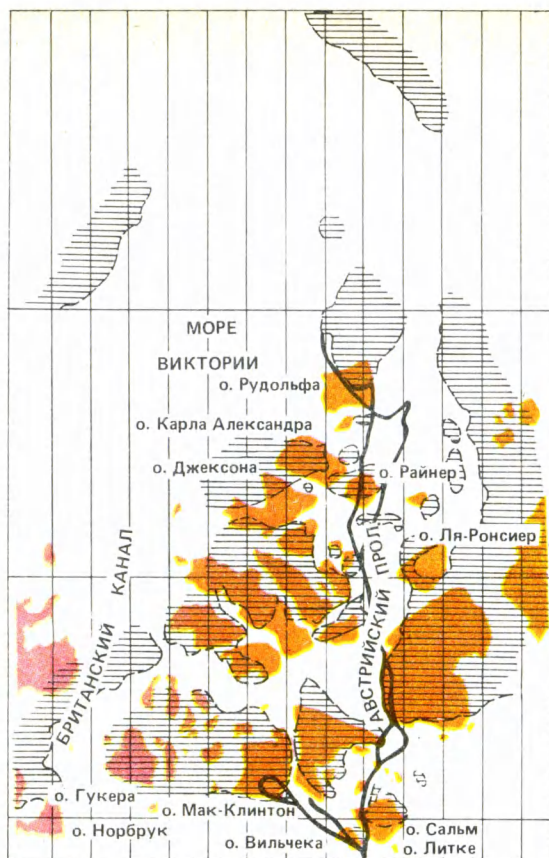
До начала полярной ночи лишь трижды посетили первооткрыватели остров, и Пайер, сам неплохой художник, успел сделать несколько акварельных набросков

ландшафтов. Сразу после восхода Солнца, в начале марта, вышла с «Тегетгофа» экспедиционная группа из семи человек во главе с Пайером. С высокого мыса они заметили еще два острова, которым дали имена полярных исследователей Френсиса Галля и Леопольда Мак-Клинтока. Стало ясно, что открыт целый архипелаг островов. Поднявшись на ледниковый купол Сонклар, отряд повернул назад, нанося на карту первые контуры суши...

Второй санный поход первооткрывателей оказался более продолжительным и продуктивным. По широкому проливу, названному Австрийским каналом, удалось пройти далеко на север. Путешественники наносили на карту встречавшиеся им маленькие острова и береговые линии более крупных «земель». На первой карте архипелага появилась простиравшаяся на запад Земля

Зичи, на восток — Земля Вильчека, на север — Земля Петермана, на северо-востоке — Земля Короля Оскара. Все эти участки суши впоследствии были «закрыты» — они оказались относительно небольшими островами, покрытыми ледниками своеобразной формы, имеющей вид полусферы («ледниковые купола»). Ряд островов в Австрийском канале и его окрестностях удалось оконтурить весьма точно: это острова Сальм, Кольдевея, Гохшеттер, Галля, Винер-Нейштадт, Райнера и др.

11 апреля 1874 г. на карте появился мыс Флигели на острове Рудольфа — северная оконечность Земли Франца-Иосифа. Однако Пайер принял за продолжение суши уходившие далеко на север гряды торосов и не знал, что весь архипелаг уже был пересечен с севера на юг, его ширина оказалась небольшой — всего 230 км.



Участок современной карты Земли Франца-Иосифа и съемка, проведенная Ю. Пайером в экспедиции (показана штриховкой). Черные линии — маршруты санных походов под руководством Ю. Пайера

свой корабль в Австрийский канал, повернул в один из боковых проливов и... открыл новый остров, не обозначенный на карте Пайера. Этому острову Джозефа Гукера впоследствии суждено было стать самым известным среди островов архипелага: на нем организовали полярную станцию Бухта Тихая, которая сыграла роль одного из форпостов освоения Арктики в 30—50-е годы.

История изучения Земли Франца-Иосифа по-своему уникальна. И действительно, трудно найти такую же в общем небольшую территорию, в исследовании которой участвовало бы столько стран. Причина тому — архипелаг, самая высокоширотная суша планеты, ближе всего расположен к Северному полюсу, а достижение его в конце XIX и в начале XX столетия считалось одной из достойнейших целей. И все попадавшие в ледяной мир этих островов вносили собственную лепту в его топонимику — этим объясняется удивительная «разноязычность» названий. К австрийским топонимам первооткрывателей несколько десятков английских названий добавили Б. Ли Смит, побывавший здесь в 1881 г. и зимовавший в следующем году, и Ф. Джексон — он провел на Земле Франца-Иосифа три года (1893—1896). Эти названия: острова Белл, Нортбрука, Мак-Клинтонка, Земли Георга и Александры, мысы Флора, Ниль, Гранта, проливы Ли Смита, Нейтингейль и Британский канал...

Третий санный поход участники экспедиции предприняли на запад от Австрийского канала. Ландшафт здесь оказался совершенно фантастическим: «Почти половина небосвода была занята скалистыми кряжами, снежными вершинами и долинами... Вся страна была изрезана фиордами и покрыта ледниками». На карту легла обширная Земля Зичи. На самом же деле западную часть архипелага образуют преимущественно небольшие острова, скрытые под ледяными куполами, иногда сливающимися друг с другом.

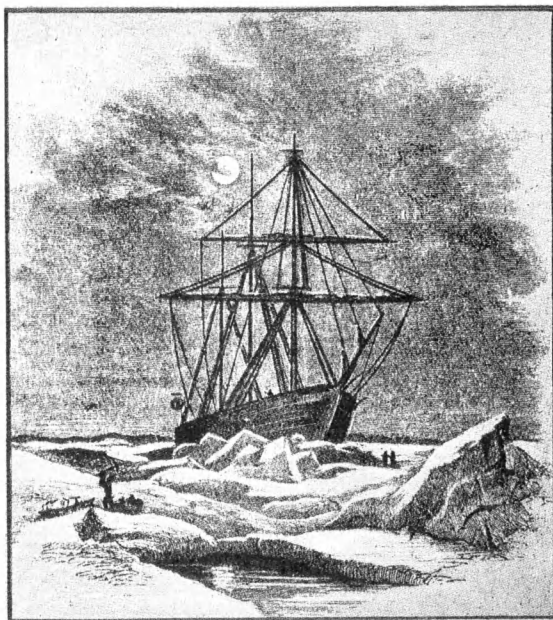
20 мая 1874 г., оставив раздавленный льдами «Тегетгоф», экспедиция отправилась на юг, к Новой Земле. Больше двух месяцев пробыли люди по дрейфую-

щим льдам, пока не встретились с русскими зверобоями.

#### ВСЛЕД ЗА ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЯМИ

Покидая Землю Франца-Иосифа, Юлиус Пайер выразил пессимизм в отношении будущего этой полярной территории: «Годы пройдут, а эти негостеприимные берега останутся теми же, и снова воцарится нарушенное нами их великое одиночество... Посещенные нами страны едва ли когда-нибудь окажут материальную пользу человечеству».

Однако безмолвие ледяных островов было нарушено уже через пять лет. В 1879 г. туда пришло голландское исследовательское судно «Виллем Баренц». Его капитан Де-Брюйне повел



Экспедиция Ф. Джексона, базировавшаяся близ мыса Флора на острове Нортбрука, провела обстоятельные метеорологические и другие наблюдения. А когда уже готовились к возвращению на родину, произошла неожиданная и почти невероятная встреча с Фритьофом Нансеном, три года назад отправившимся на «Фраме» в ледовый дрейф. Оказалось, что не дойдя немного до полюса, он вдвоем с Я. Юхансеном повернул к Земле, открытой 20 лет назад (карта Пайера была с ним), и зазимовал на одном из островов. Позднее он присвоил этому острову имя Джексона.

Интерес к Земле Франца-Иосифа все возрастал. Многие считали ее исключительной удобной базой для похода к полюсу. Первым, в 1898 г., такой подход с американского судна предпринял журналист В. Уэльман. Однако ему не повезло: провалившись в трещину во льду, он сломал ногу и идти на полюс отказался.

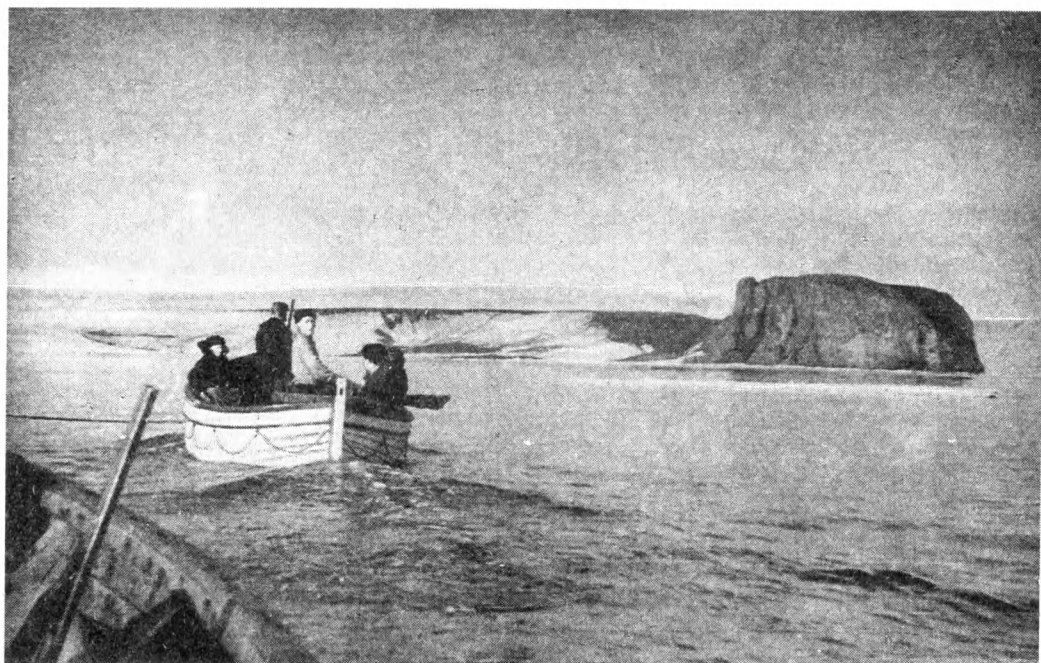
Покидая архипелаг, американское судно встретило в Британском канале итальянскую яхту «Стелла поларе» с полярной экспедицией. В бухте Теплиц на острове Рудольфа яхта, атакованная льдами, получила пробоину. Зиму провели на берегу в палатках, а в марте на север отправилась полярная партия У. Каньи — больше сотни собак тащили тринадцать нартов. Через 85 дней этот санный поезд возвратился: полюса достигнуть не удалось. Три участника похода погибли во льдах, и их имена выбиты на каменном обелиске, установленном на мысе Флора.

#### «РОССИЙСКАЯ СТРАНИЦА» В ИСТОРИИ АРХИПЕЛАГА

9 августа 1901 г. к этому самому южному мысу Земли Франца-Иосифа подошел русский ледокол «Ермак» под командованием адмирала С. О. Макарова. Здесь был водружен русский государственный флаг, обозначивший притязания России на эту территорию. Через 12 лет их подтвердила экспедиция Г. Седова, которая и завершила серию попыток дойти до Северного полюса по дрейфующим льдам с Земли Франца-Иосифа.

Организация в 1929 г. полярной станции в Бухте Тихой закрепила Землю Франца-Иосифа за Советским Союзом. Об этом торжественно объявил «верховный комиссар арктических земель» О. Ю. Шмидт; он основывался на специальном правительственном постановлении, ссылавшемся на существенную роль русских ученых в исследовании архипелага. За 56 лет, прошедших после его открытия, ни одна страна не заявила своих претензий на Землю

Франца-Иосифа. Заявка же советских властей подкреплялась научно-организационной деятельностью, практически постоянной с 1929 г. Соблюдена была и преемственность: среди участников экспедиции О. Ю. Шмидта, прибывшей для строительства полярной станции на ледокольном пароходе «Г. Седов», были известный географ В. Ю. Визе и художник Н. В. Пинегин, зимовавшие в бухте Тихой еще в 1913—14 гг. в составе русской экспедиции Г. Я. Седова. Проведенные ими исследования по географии, геологии, гидрологии, а также растительного и животного мира Земли Франца-Иосифа послужили важным вкладом в изучение природы архипелага. Впоследствии В. Ю. Визе опубликовал результаты этих исследований, им же написан первый очерк истории изучения Земли Франца-Иосифа за 50 лет, предшествовавших «советскому периоду». После самой высокоширотной в то время полярной станции Бухта Тихая вошли в строй поляр-



На Земле Франца-Иосифа. На заднем плане — скала Рубини, названная именем знаменитого итальянского певца. На ней собирается самый большой на архипелаге птичий базар.

Фото В. А. Маркина

ные станции на острове Рудольфа, Земле Александры (Нагурская) и геофизическая обсерватория на острове Хейса.

В мае 1937 г. Земля Франца-Иосифа, наконец, выполнила роль «трамплина» в продвижении к Северному полюсу: с вершины ледникового купола Миддендорфа на острове Рудольфа взлетели самолеты, высадившие на дрейфующую льдину у полюса четверку папанинцев. В 1958 г. с берега озера Космического сотрудники высокоширотной обсерватории Дружная на острове Хейса (ныне — им. Э. Т. Кренкеля) провели первые запуски гео-

физических ракет для исследования верхних слоев атмосферы. Несколько экспедиций геологов, климатологов, ботаников, геофизиков, гляциологов, преимущественно из Москвы и Ленинграда, работали на островах архипелага в 30-х, 50-х, 60-х гг. Среди них особо отметим гляциологическую экспедицию Института географии АН СССР, проведшую двухлетние стационарные исследования на вершине ледникового купола Чюрлёниса (остров Гукера) по программе Международного геофизического года.

В середине 60-х гг. наступил длительный перерыв в экспедиционной активности, но в самые последние годы она возобновилась. И снова приобрела интернациональный характер: российские экологи, биологи и гляциологи работают совместно с учеными из Англии, Швеции, Польши.

Перед уникальной страной ледяных куполов, проливов-каналов и базальтовых скал-мысов с грандиозными

птичьими базарами открываются новые перспективы. Земля Франца-Иосифа может стать центром международного туризма. Трижды через архипелаг проходил туристский маршрут из Мурманска на Северный полюс (одна из американских фирм организует такое путешествие, арендуя российский атомный ледокол). Обсуждаются проекты самолетных экскурсий на Землю Франца-Иосифа, а также строительства на ее островах стационарной туристской базы. Удаленность от центров цивилизации позволила природе архипелага остаться нетронутой со времен ледникового периода. Но сей час архипелаг — бесценный памятник природы — нужно сохранять. А для этого необходимо предоставить ему статус Национального парка — по своей уникальности он стоит в одном ряду с Байкалом, Долиной Гейзеров на Камчатке, дельтой Волги и другими замечательными памятниками природы России.

## Факультатив для старшеклассников и студентов

... Счастливы те, кто, оставив все другие дела свои, самозабвенно замечают неувядающий порядок бессмертной Природы: какова она, где и как она образовалась...

Еврипид (ок. 480—406 гг. до н. э.)

Смысл слов Еврипида — младшего из трех великих афинских трагиков — даёт нам, живущим почти через 2,5 тысячелетия после древнегреческого поэта, повод задуматься о пользе космологических размышлений. Может быть, размышление над вечными проблемами, если и не сделает наших современников счастливыми, то хотя бы озарит «высшим светом» их существование? Пожалуй, особенно в этом нуждаются те старшеклассники и студенты, которые ощущают пустоту от отсутствия мировоззренческих, ценностных ориентиров. Однако калейдоскоп официального учебного бытия, перенасыщенного массой второстепенностей, практически исключает возможность каких-либо неспешных глубоких размышлений в рамках обязательных уроков, лекций и семинаров. Остаётся надеяться на факультативные занятия, которые, к счастью, обретают более благоприятные условия для своего распространения. По-



этому к предложенным в своё время мною (Физика в школе, 1968, № 2) и другими авторами темам факультативных курсов хотелось бы добавить еще одну — «Эволюционирующая Вселенная». Основываясь на материале новых учебников по астрономии и используя научно-популярные книги и статьи И. Д. Новикова, В. Г. Курта, И. А. Климишина, С. Вайнберга, И. Л. Розенталя, Ю. Н. Ефремова, А. В. Засова, А. Д. Чернина, А. Д. Линде, В. В. Казютинского, А. Турсунова и ряда других авторов, учителя средних школ и преподаватели астрономии пединститутов могут проводить увлекательную работу в рамках такого курса.

Ориентировочная структу-

ра и содержание курса обозначены в моей давно задуманной и подготовленной, но лишь недавно вышедшей одноименной книге (книга для чтения учащихся 10—11 классов, Просвещение, 1993). Ясно, что факультативный курс «Эволюционирующая Вселенная» должен включать проблемы астрофизики, внегалактической астрономии, космогонии и космологии. Соответственно этому первый раздел курса («Неожиданная Вселенная») содержит обзор основных сведений о Солнечной системе, звездах, Галактике, других галактиках и Метагалактике. Основная идея обзора — обратить внимание на наблюдаемые изменения и эволюционные процессы во Вселенной, различие возраста небесных тел и их систем, нестационарность Метагалактики.

Второй раздел курса — «Какой была и какой будет наша Вселенная» — включает основные сведения о космогонии, классической и релятивистской космологии.

Третий раздел курса — «Почему наша Вселенная такая» — в основном посвящен рассмотрению фундаментальных свойств Вселенной (крупномасштабная структура, расширение, однородность и изотропность, распространённость химических элементов и др.) и гипотезе

раздувающейся Вселенной. Но здесь же целесообразно рассмотреть такие проблемы, как уникальность нашей Вселенной, место человека в эволюционирующей Вселенной (и, конечно, антропный принцип), множественность вселенных и, наконец, некоторые вопросы, связанные с комплексной проблемой «Вселенная и жизнь».

Научно-популярная и учебная литература не успевают отразить на своих страницах

поток новой научной информации, источником которой являются прежде всего открытия, сделанные с помощью космической техники («Астрон», «Квант», «Гранат», «Вояджер», «Джотто», «Галилео», «Магеллан», «Хаббл», «СОBE» и др.). На факультативных занятиях этим новейшим данным необходимо уделить особое внимание и в лекциях преподавателей, и в рефератах, с которыми будут выступать учащиеся. Здесь

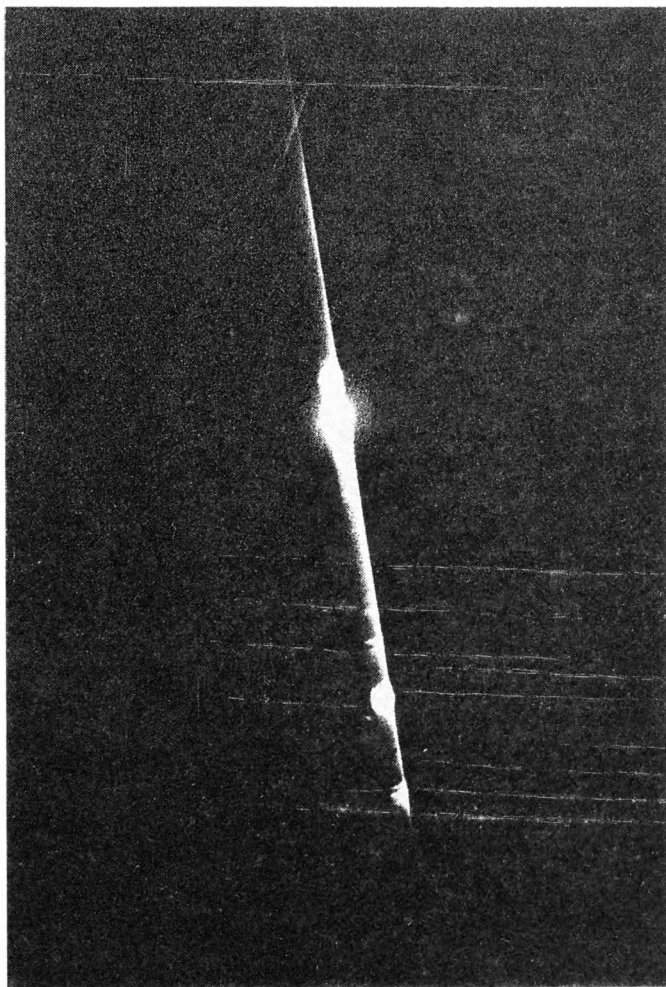
наверняка окажутся полезными многочисленные публикации в «Земле и Вселенной» и в других научно-популярных журналах («Наука и жизнь», «Природа», «В мире науки»). В дальнейшем интересно будет обобщить опыт проведения факультатива на предложенную тему и сообщить о новых идеях.

Е. П. ЛЕВИТАН

## Информация

### Редкий снимок метеора

Любителю астрономии из Минска В. М. Аскирко удалось получить интересный снимок. На фотографии отчетливо виден дрейф метеорного следа, что свидетельствует о ветрах, дующих в верхних слоях атмосферы. Метеор наблюдался вблизи звезды  $\xi$  Ориона.



# История открытия радиационных поясов Земли: кто же, когда и как?

В. В. ТЕМНЫЙ,  
кандидат физико-математических наук  
Институт истории естествознания  
и техники им. С. И. Вавилова РАН

### ОБЩЕПРИНЯТАЯ ВЕРСИЯ

В настоящее время считается общепризнанным, что автором открытия радиационных поясов Земли является американский физик из университета штата Айова Джеймс Ван Аллен (Земля и Вселенная, 1992, № 6, с. 14.— Ред.). Эта точка зрения была изложена в статье главного редактора журнала «Тайм» (май 1959 г.). Из нее следовало, что это открытие Ван Аллена, сделанное на основе измерений на спутниках «Эксплорер-1» и «Эксплорер-3», было логическим завершением результатов его ранних экспериментов на геофизических ракетах, в то время, когда «...ни один из трех тяжелых русских спутников не передал сообщений об излучении Ван Аллена. Одно из объяснений состоит в том, что русские перехитрили сами себя, отказавшись сообщить внешнему миру, как нужно интерпретировать сигналы с их спутников. Поскольку только нижние части орбит спутников проходили над советской территорией, русские ученые никогда не получали данных с больших высот. Если какой-то из советских спутников и имел запоминающее устройство, то оно не работало. Другое предположение состоит в том, что гейгеровские счетчики перегружались вблизи апогея излучением Ван Аллена и русские ученые не знали, как объяснить это необычное поведение. Собака, запущенная на втором спутнике, умерла примерно через неделю, но русские не сообщили, было ли это вызвано воздействием излучения. Вполне возможно, что они этого не знали».

Хорошо известно, что значит такого ро-

да публикация в «Тайме» да еще с красочным портретом героя статьи на первой странице обложки! И поэтому представляется совершенно естественным, что пос-



Джеймс Ван Аллен с прибором спутника «Эксплорер-1», с помощью которого он обнаружил первые признаки существования радиационных поясов Земли (обложка журнала «Тайм» от 4 мая 1959 г.)



Первые отечественные исследователи околоземного космического пространства — профессора С. Н. Вернов и В. И. Красовский

ле этого мировая пресса стала связывать открытие только с именем американского физика, и на страницах замелькали новые термины: «излучение Ван Аллена», «пояса Ван Аллена»...

Надо отдать должное самому автору открытия, быстро разобравшемуся в сложившейся ситуации: «Я выражаю существенное несогласие с разделом статьи относительно неудач советских исследователей по обнаружению захваченного излучения. По моему представлению, наша работа со спутником «Эксплорер-1» действительно обеспечила основное открытие, и я сделал первое публичное сообщение на объединенной сессии Американского Физического Общества и Национальной Академии наук США 1 мая 1958 г. Двумя неделями позже был успешно запущен советский «Спутник-3», и он обеспечил существенное подтверждение наших ранних результатов».

Попробуем теперь, когда улеглись страсти с приоритетом открытия, разобраться в результатах, полученных с первых спутников, на основе которых и были открыты пояса. Для этого необходим тщательный анализ последовательности событий тех лет, поскольку сложившаяся тогда ситуа-

ция очень напоминает известную притчу о том, как трое слепых ощупывали слона.

#### ШАГИ К ОТКРЫТИЮ

С 3 ноября 1957 г. на втором советском искусственном спутнике Земли (ИСЗ), с апогеем орбиты — 1671 км и углом ее наклона  $i=69,3^\circ$ , гейгеровскими счетчиками, установленными группой С. Н. Вернова, регистрировался хорошо известный рост с широтой потока космических лучей. Неожиданно на его фоне был зарегистрирован быстрый всплеск интенсивности заряженных частиц. Хотя тогда авторы эксперимента объяснили его приходом к Земле энергичных частиц от Солнца, сейчас мы понимаем, что это был первый в истории факт регистрации прибором спутника частиц радиационных поясов. Однако тогда на основании этого единичного факта такой вывод сделать не удалось.

Сигналы этого прибора с апогейных высот в южном полушарии принимались австралийскими специалистами. Если бы им удалось сразу же расшифровать свои записи, то открытие радиационных поясов могло произойти еще в 1957 г. Этому помешала



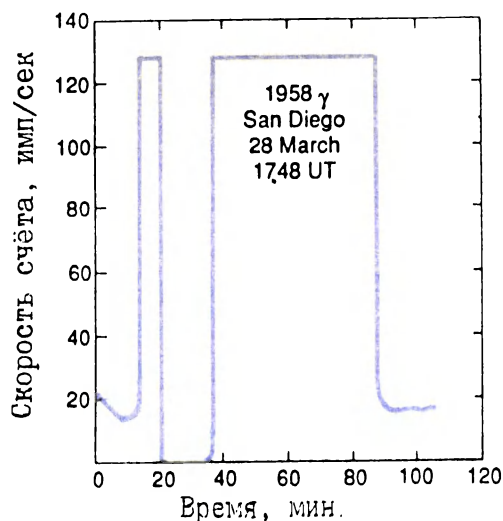
секретность кодировки сигналов советского спутника.

С 1 февраля 1958 г. экранированный гейгеровский счетчик, установленный группой Ван Аллена на борту первого американского спутника «Эксплорер-1», начал регистрировать энергичные заряженные частицы. Неожиданно было обнаружено, что на больших высотах у экватора и над Южной Америкой его счет прекращался полностью, причем не регистрировались даже космические лучи, присутствующие всегда. Информация поступала только в режиме прямого приема, поскольку «Эксплорер-1», как и второй советский спутник, не имел запоминающего устройства.

Начиная с 26 марта 1958 г. это явление стало фиксироваться таким же прибором на спутнике «Эксплорер-3». Запоминающее устройство спутника регистрировало показания счетчика вдоль каждого витка. Анализируя эти записи, сотрудник Ван Аллена, Карл Мак-Илвайн, пришел к выводу, что регистрировавшееся и ранее на «Эксплорер-1» и теперь отсутствие показаний вызывалось не отсутствием заряженных частиц, а перегрузкой ими прибора. Авторы эксперимента установили, что нулевые показания детектора на самом деле соответствовали реальным скоростям его счета более 300 тысяч импульсов в секунду, т. е. на три-четыре порядка превышающей интенсивность космических лучей. «Боже мой, космос радиоактивен!» — эту фразу Эрнста Рея, коллеги Мак-Илвайна, можно считать эпиграфом начала новой эры радиационных исследований космического пространства.

## ПОПЫТКИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

1 мая 1958 г. на совместном заседании Национальной Академии наук и Физического общества США выступил Ван Аллен. Он связал высокие уровни скоростей счета гейгеровских счетчиков на спутниках «Эксплорер-1 и -3» с наблюдавшимися прежде потоками электронов в зоне полярных сияний. Он заявил, что «не может быть, чтобы частицы имели энергии порядка миллиардов электронвольт». Иными словами, Ван Аллен считал, что экранированные счетчики регистрировали только тормозное излучение электронов малых энергий, отвергая тем самым возможность того, что наблюдавшиеся частицы могли быть протонами. Хотя совершенно очевидно, что одиночный гейгеровский счетчик не позволяет определить, что вызвало его срабатывание — протон, электрон или тормозное излучение последнего. Кроме того, из его выводов оставалось неясным,

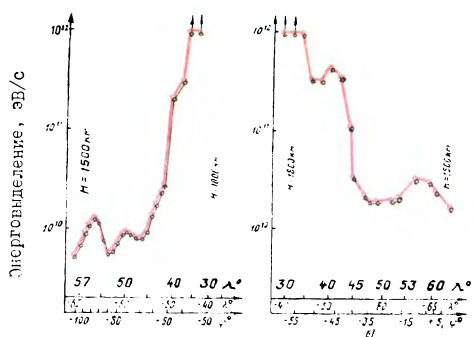


Первая запись показаний счетчика Гейгера вдоль орбиты спутника «Эксплорер-3». Спад скорости счета заряженных частиц с нулевой по десятую минуту обусловлен изменением интенсивности космических лучей с широтой, а ее постоянство с 15-й и по 20-ю и с 37-й по 80-ю минуту — насыщением схемы регистрации его сигналов. Спад показаний до нуля с 20-й по 37-ю минуты свидетельствуют о перегрузке счетчика интенсивными потоками заряженных частиц

как проникают эти электроны из зоны полярных сияний к экваториальной плоскости на высоту 2 тыс. км.

15 мая 1958 г. был запущен III советский ИСЗ ( $i=65,2^\circ$ , высота апогея 1880 км в южном полушарии). Сцинтилляционные детекторы научных групп С. Н. Вернова и В. И. Красовского зафиксировали гораздо более интенсивные потоки заряженных частиц, чем гейгеровские счетчики спутников «Эксплорер-1 и -3». Детекторы группы Вернова впервые позволили установить, что наблюдаемые потоки заряженных частиц состоят именно из протонов с энергиями порядка 100 МэВ.

Вдоль ночных участков орбиты 15 мая между экватором и широтой  $56^\circ$  детекторы группы Красовского были зарегистрированы потоки энергии электронов с энергиями  $E_e=10-20$  кэВ достигающие  $100 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ . Их поглощение в верхней атмосфере Земли должно было привести к образованию полярного сияния III балла яркости и к сильным ионосферным возмущениям. Поскольку 15 мая такие явления не наблюдались, то В. И. Красовский пришел к выводу, что регистрировавшиеся на



Показания счетчика III ИСЗ, запущенного в СССР 15 мая 1958 г., вдоль двух участков его орбиты. По горизонтали отложены значения географической долготы ( $\varphi$ ), широты ( $\lambda$ ) III ИСЗ и геомагнитной широты ( $\Lambda$ ). Приведены также значения высоты спутника над поверхностью Земли

III спутнике электроны не достигали плотной атмосферы потому, что были захвачены магнитным полем Земли.

Сотрудник С. Н. Вернова А. Е. Чудаков из показаний детектора над территорией СССР в приполярной зоне на широтах около  $60^\circ$  выделил постоянно присутствовавшее тормозное излучение от потоков электронов с  $E_e = 100$  кэВ и интенсивностью около  $10^5$  см $^{-2}$ ·с $^{-1}$  ср $^{-1}$  (ср — телесный угол в 1 стерадиан). Он установил, что с ростом высоты зона регистрации этих потоков смещается к низким широтам вдоль геомагнитных силовых линий. Этот результат и следует считать первой достоверной регистрацией электронов внешнего радиационного пояса.

#### ПЯТАЯ АССАМБЛЕЯ СПЕЦИАЛЬНОГО КОМИТЕТА МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГОДА (МГГ).

Она состоялась в Москве **31 июля — 9 августа 1958 г.** На ней были представлены первые результаты наблюдений на спутниках, выполненные советскими и американскими научными группами. Выводы каждого докладчика отражали его профессиональный интерес.

В. И. Красовский объяснил возможность захвата геомагнитным полем наблюдавшихся интенсивных потоков электронов с энергиями в 10—20 кэВ. А. Е. Чудаков сообщил, что в узкой приполярной зоне постоянно присутствуют потоки электронов с  $E_e =$  около 100 кэВ. С. Н. Вернов и А. И. Ле-

бединский ввели понятие «земное корпускулярное излучение», относящееся к протонам от  $\beta$ -распада нейтронов альbedo, создаваемых космическими лучами в атмосфере Земли. Они впервые рассмотрели накопление этих протонов в магнитосфере Земли как следствие их вращения и колебаний вдоль силовых линий геомагнитного поля.

В докладе Ван Аллена, зачитанном его сотрудником Э. Реем, природа излучения в низкоширотной зоне связывалась с электронами, ранее наблюдавшимися над зоной полярных сияний. Ван Аллен прислал на Ассамблею телеграмму со свежими результатами наблюдений со спутника «Эксплорер-4», запущенного 26 июля на орбиту с  $i = 51^\circ$ . Эти данные дополнили содержание его доклада, не изменив выводов о природе регистрировавшихся частиц: «...общая ситуация подобна ранее наблюдавшейся. Интенсивность излучения возрастает в несколько тысяч раз между 300 и 1600 км с быстрым началом роста около 400 км высоты... Сцинтиллятор полной энергии [под таким же поглотителем, как и в детекторе группы В. И. Красовского.— В. Т.] показывает  $10$  эрг·см $^{-2}$ ·с $^{-1}$  ср $^{-1}$  на высоте 1600 км. На основании этого факта и наших прежних данных есть основания полагать, что большая часть потока энергии создается электронами с энергией порядка 50 кэВ. Полный поток таких низкоэнергичных электронов  $J_e = 10^5$  см $^{-2}$ ·с $^{-1}$  ср $^{-1}$ . Не обнаружено значительных временных флуктуаций за период в три дня. С ростом широты большие интенсивности простираются к малым высотам. Уровень облучения на 1600 км около двух рентген в сутки».

Итак, в начале августа 1958 г. было установлено, что вокруг Земли всегда присутствуют интенсивные потоки протонов с энергией порядка 100 МэВ (С. Н. Вернов) и электронов с энергиями в десятки кэВ (В. И. Красовский, Дж. Ван Аллен), захваченные геомагнитным полем. Эти выводы вполне укладывались в рамки теорий того времени. До открытия явления, позже названного «радиационным поясом Земли», оставалось сделать еще один шаг — доказать, что заряженные частицы, «накопленные» в геомагнитном поле, могут дрейфовать в азимутальном направлении. Эта возможность обсуждалась еще в 1946 г. при разработке зеркальной магнитной ловушки и считалась проблематичной из-за предполагаемого образования пространственного заряда от разделяющихся при дрейфе электронов и ионов. Доказать существование дрейфа заряженных частиц могли только эксперименты с инжекцией заря-

женных частиц в геомагнитную ловушку. Ими стали высотные ядерные взрывы, проведенные США в августе — сентябре 1958 г.

## ВЗРЫВЫ «ТИК», «ОРЕНДЖ», «АРГУС» И ТЕРМИН «РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА»

**1 августа 1958 г.** в 10 ч 50 мин 05 с (UT) в условиях полной секретности над островом Джонстон (169° з. д., 17° с. ш.) на высоте 76,8 км США произвели термоядерный взрыв «ТИК».

**10 августа** — через сутки после окончания 5 Ассамблеи МГГ в «Нью-Йорк Таймс» появилось сообщение о предстоящих высотных ядерных взрывах «Аргус» над Южной Атлантикой.

**11 августа** в редакцию поступила статья С. Ф. Зингера, в которой он впервые ввел понятие «радиационный пояс Земли». Автор представлял его как полость, заполненную заряженными частицами, которые совершают вращательные, колебательные и дрейфовые движения относительно силовых линий геомагнитного поля.

**12 августа** над о. Джонстон в 10 ч 30 мин 08 с UT на высоте 42,97 км был произведен второй термоядерный взрыв «Орэндж». В этот же (!) день в редакцию журнала поступила вторая статья С. Ф. Зингера о радиационном поясе.

К настоящему времени в открытой печати опубликованы материалы наблюдений последствий только взрыва «Орэндж», после которого в течение 19 дней у Восточного побережья США гейгеровскими счетчиками геофизических ракет регистрировались релятивистские электроны. Но за прошедшие 35 лет в печати почему-то так и не появилось ни одной публикации о наблюдениях электронов от первого, более высотного взрыва «Тик». Видимо, эти результаты все еще остаются секретными.

Термоядерные взрывы 1958 г. могли бы так и остаться неизвестными, если бы не появление исключительно ярких низкоширотных «полярных сияний» под местами взрывов и в магнитосопреженных точках Южного полушария.

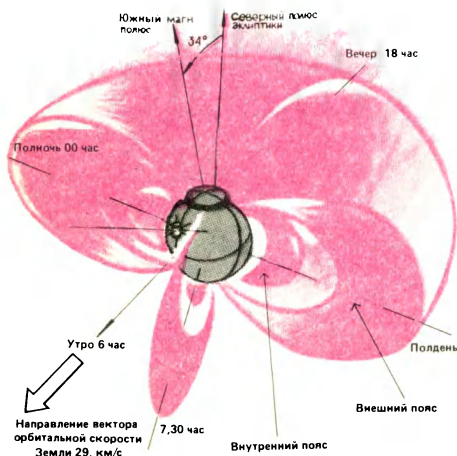
В отличие от взрывов «ТИК» и «ОРЕНДЖ», радиационные пояса от мало-мощных атомных взрывов «Аргус» 27, 30 августа и 6 сентября 1958 г. были исследованы достаточно подробно, в основном на ИСЗ «Эксплорер-4». Эти узкие пояса между силовыми линиями, опирающимися на места взрывов, существовали в течение нескольких недель. Анализ экспериментальных результатов и расчеты характерных движений захваченных от этих взрывов электронов проводились также в условиях секретности и были представлены научной общественности только через 8 месяцев

## РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА ЗЕМЛИ. ЧТО МЫ ЗНАЕМ О НИХ ТЕПЕРЬ?

После трех десятилетий изучения радиационных поясов у ученых сложилось достаточно полное представление об их природе и строении. Радиационными поясами теперь принято счи-

тать область околоземного пространства, в которой магнитное поле Земли удерживает заряженные частицы, обладающие кинетической энергией от десятков кэВ до сотен МэВ. В их число входят протоны, электроны и  $\alpha$ -частицы. Частицы не могут покинуть радиационные пояса из-за того, что магнитное поле здесь имеет форму так называемой магнитной ловушки, лабораторным аналогом которой может служить зеркальная ловушка, используемая для создания термоядерного синтеза. Некоторые частицы находятся здесь очень долгое время, например, протоны — многие десятилетия. Под действием силы Лоренца частицы совершают в радиационных поясах сложное движение: колебательное по спиральной траектории вдоль силовой линии из северного полушария в южное и обратно с одновременным более медленным перемещением вокруг Земли.

Радиационные пояса принято разделять на внутренний и внешний, хотя это разделение носит весьма условный характер. **Внутренний** пояс расположен в экваториальных широтах, и его нижняя граница находится на различной высоте над разными районами Земли. Например, над Южной Америкой пояс проходит лишь на высоте всего 200-300 км, в то время как над Австралией — на высоте 1600 км. Максимальная концентрация протонов во внутреннем поясе (а он составлен в основном этими частицами) наблю-



на специальном симпозиуме Министерства обороны, Комиссии по атомной энергии и Национальной Академии наук США 29 апреля 1959 г. Из опубликованных результатов следует, что к моменту проведения эксперимента «Аргус» его автор Н. Кристофилус (Радиационная лаборатория им. Лоуренса) не предполагал, что взрывы повлекут за собой образования вокруг Земли радиационного пояса.

## ДВА ПОЯСА: ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

После того, как в сентябре 1959 г. С. Ф. Зингер создал представление о радиационном поясе и был проведен анализ прежних наблюдений пояса в ближней околоземной области, возник естественный вопрос о его форме и внешней границе на больших удалениях от Земли. В тот момент единого мнения о конфигурации пояса не существовало. Ван Аллен представлял его как единую область, заполняемую электронами из зоны полярных сияний. Постоянно наблюдавшееся уменьшение интенсивности частиц на одной и той же высоте между 55° и 60° геомагнитной широты он пытался объяснить увеличением плотности атмосферы на высоте полета спутников при разогреве ее потоками вторгающихся электронов на этих широтах или влиянием Южно-Атлантической геомагнитной аномалии. Результаты эксперимента С. Н. Вернова и А. Е. Чудакова на III спутнике указывали на существование двух радиационных поясов различного состава: внутреннего протонного и внешнего электронного.

Положение внешних границ поясов удалось определить лишь в конце 1958 — начале 1959 г., когда космические аппараты «Пионер-1, -2, -3» и «Луна-1» «пронзили» пояса насквозь. Первые указания на су-

ществование именно двух поясов содержатся в почти забытых работах Джона А. Симпсона (данные с КА «Пионер-1» и «Пионер-2»). Лучше известны результаты наблюдений Дж. Ван Аллена и Л. Франка во время полета «Пионеров-3, -4» и С. Н. Вернова после старта космических аппаратов «Луна-1» и «Луна-2». По измерениям на траекториях их удаления от Земли и возврата к ней КА «Пионер-3», дополненных данными ИСЗ «Эксплорер-4» и КА «Пионер-4», были построены уровни постоянных интенсивностей захваченных частиц. Они определенно указали на существование двух радиационных поясов, максимумы которых удалены от центра Земли на 1,5 и 3,5 земных радиусов, подтверждая ранние представления С. Н. Вернова и А. Е. Чудакова, относящиеся к 5 Ассамблее МГГ в августе 1958 г.

## ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА ОТ ВЗРЫВОВ 1962 г.

9 июля 1962 г. в 09 ч 00 мин 09,8 с (UT) на высоте 400 км над островом Джонстон был произведен термоядерный взрыв «Старфиш» («Морская звезда»). Точка взрыва располагалась на разомкнутой дрейфовой оболочке, погружающейся в плотную атмосферу на 15—20° восточнее. По-видимому, предполагалось, что при таком выборе точки взрыва искусственный пояс не должен образоваться. Однако он возник, превзойдя по размерам все возможные пределы, заполнив оба естественных пояса и «загрязнив» всю магнитосферу Земли.

Это произошло из-за выброса плотного ионизованного облака продуктов взрыва поперек силовых линий. Единственный рабoтавший в момент взрыва ИСЗ «Кос-

дается на высоте около 3000 км. Энергии протонов здесь лежат в пределах 20-800 МэВ. Число протонов с этими энергиями значительно уменьшается при росте расстояния от Земли и при его сокращении. Из-за своей огромной проникающей способности протоны представляют значительную опасность для экипажей космических кораблей, достигающих значительных высот. Энергия электронов внутреннего пояса, как правило, бывает порядка 100 кэВ, а максимальная их концентрация наблюдается на высотах около 3400 км от земной поверхности.

Границы внешнего радиационного пояса принято считать находящимися на расстояниях 19 тыс. и 45 тыс. км. от Земли. Здесь преобладают протоны с энергиями до нескольких со-

тен кэВ и электроны с энергиями от 40 до 100 кэВ.

Существующие теории объясняют появление частиц в радиационных поясах их дрейфом из «хвоста» магнитосферы во внешний пояс во время магнитных бурь под действием электрического поля и медленной диффузией частиц в магнитную ловушку при небольших вариациях магнитного поля. Процессы, приводящие к тому, что частицы покидают радиационные пояса, до сих пор остаются неясными. Лишь одна причина этого явления пока точно установлена — столкновение с частицами атмосферы. Остается надеяться, что дальнейшие исследования позволят ответить и на этот вопрос.

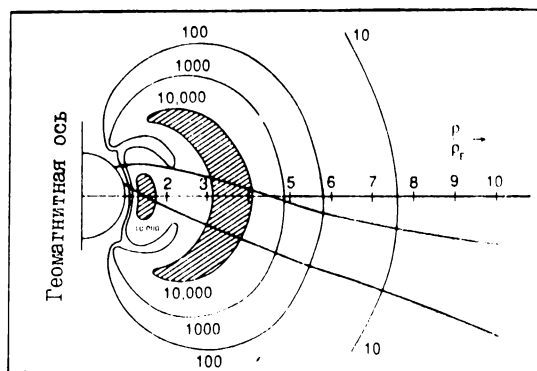
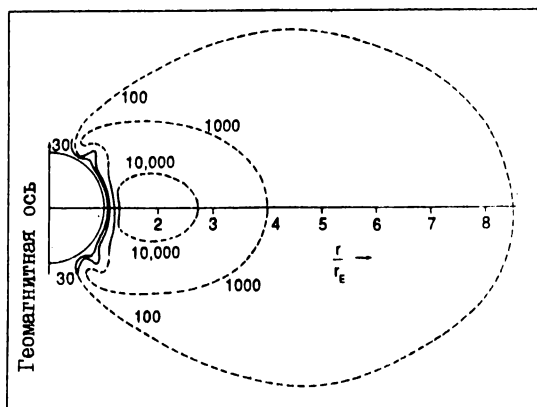


Схема строения радиационных поясов, предложенная Дж. Ван Алленом:

а) к началу 1959 г. (до анализа результатов с КА, запущенных к Луне). Единый пояс содержит максимум интенсивности на расстоянии двух радиусов Земли от ее центра плоскости экватора;

б) к середине 1959 г. (после анализа результатов с КА «Пионер-1, -2, -3, -4» и с III советского ИСЗ). В двух радиационных поясах максимумы находятся на удалении радиуса 1,5 земных (внутренний протонный) и 3,5 (внешний электронный). Цифры у контуров постоянной интенсивности характеризуют скорость учета экранированного счетчика Гейгера (в имп/с). Нанесена траектория удаления от Земли и возврата к ней КА «Пионер-3»

мос-5» зарегистрировал мгновенный (быстрее, чем за 0,1 с) рост интенсивности  $\gamma$ -излучения на несколько порядков и ее последующий спад на два порядка за 100 с. В это время «Космос-5» находился на 1200 км ниже «горизонта» взрыва. Последствия загрязнения магнитосферы ощущались еще несколько лет. Узкие радиационные пояса от трех советских ядерных

взрывов 22, 28 октября и 1 ноября 1962 г. существовали в течение одной-двух недель.

Подробное изучение искусственных поясов в 1962 г. позволило сделать вывод о том, что проведение пилотируемых полетов вокруг Земли и к Луне несовместимо с высотными ядерными взрывами, после которых дозы радиации в центре образовавшихся поясов приближаются к летальным. Мораторий на проведение ядерных взрывов в космосе, заключенный между СССР и США в 1963 г., сохраняется уже 30 лет.

## ПОСЛЕ 1962 г.

Заполнение магнитосферы Земли продуктами взрыва «Старфиш» на много лет осложнило продолжение изучения естественного радиационного окружения Земли. Поэтому данные о свойствах электронов внутреннего радиационного пояса и протонов кольцевого тока, которые удалось получить после 1962 г., можно считать имеющими отношение к естественной радиации только при сопоставлении их с результатами наблюдений, проведенными до 9 июля 1962 г.

Интерес исследователей к загрязненной на многие годы внутренней магнитосфере Земли стал ослабевать. Они обратили внимание на ее внешние области. В 1962—63 гг. вне головной ударной волны Земли был обнаружен солнечный ветер — распространяющийся от Солнца в межпланетном пространстве постоянный поток плазмы с радиальной скоростью около 400 км/с.

Интерес к радиационным поясам вновь возник через 11 лет после их прямой регистрации при пролетах КА «Пионер-10, -11» и «Вояджер-1, -2» через магнитосферы планет-гигантов Солнечной системы: Юпитера (1973, 1974, 1979 гг.), Сатурна (1977, 1981 гг.), Урана (1986 г.) и Нептуна (1989 г.). Исследования показали, что их радиационные пояса во многом схожи с земными. Более энергичные захваченные частицы были обнаружены в их внутренних поясах и менее энергичные частицы — во внешних. Открыты и значительные отличия радиационных поясов планет-гигантов от земных. Например, пояса Юпитера оказались более сплюснутыми в плоскости экватора по сравнению с земными из-за быстрого вращения планеты вокруг своей оси.

Радиационные пояса Сатурна оказались подобными земным. Из-за сильного наклона осей вращения Урана и оси его магнитного диполя к плоскости Земли меридиональные сечения его поясов, по-видимому, почти перпендикулярны плоскости эклиптики. Радиационные пояса Нептуна во

многим сходны с поясами Земли. Получается, что даже при столь различных удалениях от Солнца планет-гигантов их пояса формируются, по-видимому, одинаковыми источниками.

...Изложенная здесь история исследования радиационного окружения Земли позволяет ответить на вопрос о приоритетах их первооткрывателей словами Дж. Ван Аллена из его письма в журнал «Тайм» 1959 г.: «...вклады американских и советских исследователей в понимании огромной радиационной области перемежались за последние 15 месяцев».

Два радиационных пояса под названиями «внутренний протонный» и «внешний

электронный», по-прежнему фигурируют в литературе несмотря на то, что в 1962 г. было установлено, что плотность энергии захваченных электронов во внутреннем поясе намного выше, чем протонов, а во внешнем, соответственно, наоборот.

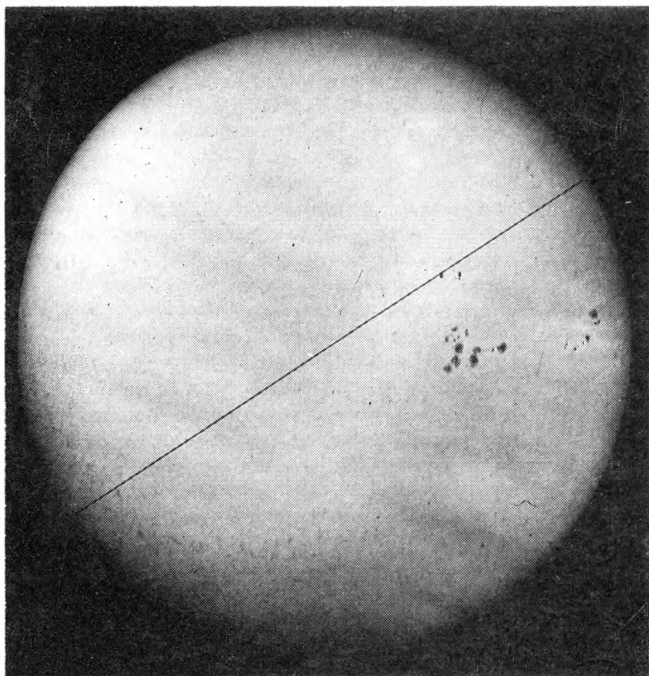
Широкомасштабные исследования радиационных поясов в начале 60-х годов имели, кроме научного, и политическое значение. Трудно представить, до какого предела могло бы возрасти радиационное загрязнение земной магнитосферы, если бы ядерные взрывы в «безвоздушном пространстве» над плотной атмосферой продолжалось по-прежнему без радиационного контроля с борта первых ИСЗ.

## Информация

### Солнце в апреле — мае 1993 г.

В этот период активность Солнца была сравнительно умеренной и стабильной. Число

групп пятен на диске не превышало шести, сами группы преимущественно небольших и умеренных размеров и простой структуры. Среднее значение индекса в апреле составило  $W \approx 70$ , в мае — 60. Суточные величины  $W$  испытывали резкие колебания. В первой и второй декадах апреля, а также в начале второй декады мая индекс  $W$  достигал отметки 100 и выше, падая в промежутках между пиками практически до 0. Это не случайные всплески, а результат своеобразного устойчивого распределения зон пятнообразования на солнечной поверхности. Еще в январе — феврале сформировались две близко расположенные друг к другу, но все же четко обособленные, концентрации пятен. Их полная протяженность по долготе составила чуть больше  $90^\circ$ , так что центральные области диска они проходили вместе, что и обусловило появление пиков на кривой  $W$ . К востоку и западу от этого активного очага располагались почти пустые зоны, каждая протяженностью по долготе также примерно  $90^\circ$ . Почти диаметрально противоположно этим концентрациям пятен находилась зона с заметной активностью.



Таким был один из комплексов активности 9 апреля 1993 г. К востоку от пятен обширная пустая область.

(Снимок Т. В. Говориной)

Фотографии получены в Байкальской астрофизической обсерватории

В. Г. БАНИН,  
доктор физико-математических наук  
С. А. ЯЗЕВ

# Советские программы пилотируемых полетов к Луне

И. А. МАРИНИН,  
С. Х. ШАМСУТДИНОВ  
ТО «Видеокосмос»

---

### «Н1-Л3» — ПРОГРАММА ВЫСАДКИ НА ЛУНУ

3 августа 1964 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР издали совместное постановление «О работах по исследованию Луны и освоению космического пространства». Этим документом программе высадки человека на поверхность Луны, носившей обозначение «Н1-Л3», придавалось перво-степенное значение («Н-1» — название ракеты-носителя, «Л3» — связи космических аппаратов, на которых космонавты должны были совершить полет к Луне, посадку и возвращение к Земле).

В сентябре 1962 г. обновленный проект ракеты «Н-1» был рассмотрен экспертной комиссией и тогда же принято решение о создании к 1965 г. на ее базе ракеты грузоподъемностью 75 т. и к 1964 г. стартовой позиции для нее на космодроме Байконур.

Проектом «Н1-Л3» первоначально предусматривался пилотируемый полет к Луне и посадка на нее по **трехпусковой схеме**. На околоземную орбиту двумя ракетами «Н-1» выводятся два блока, после стыковки образующих лунный корабль. К нему ракетой-носителем (РН) «Союз» на специальном корабле доставляется экипаж, и вся связка совершает прямой перелет на Луну. Стартовав затем с ее поверхности, взлетная часть возвращается к Земле. Впрочем, тогда же разрабатывались и другие варианты лунных экспедиций.

Вскоре в ОКБ-1, занимавшимся созда-

нием РН «Н-1», нашли возможность увеличить её грузоподъемность до 95 т, что позволяло провести экспедицию к Луне по **однопусковой схеме**. Начались проектные работы, и 25 декабря 1964 г. С. П. Королев подписал предэскизный проект комплекса «Н1-Л3».

С. П. Королеву удалось победить в довольно жесткой конкуренции с главными конструкторами других предприятий — В. П. Челомеем и М. К. Янгелем, предлагавшим свои проекты ракет для полета к Луне — «УР-700» и «Р-56», и в сентябре 1966 г. экспертная комиссия под председательством президента АН СССР М. В. Келдыша одобрила программу «Л-3». Был утвержден график ее разработки, а в феврале 1967 г., после появления Постановления Совета Министров об ускорении работ по исследованию Луны, подготовка, наконец-то, развернулась полным ходом. В III квартале 1967 г. планировалось проведение испытаний ракеты «Н-1», а в III квартале 1968 г. — высадка человека на поверхность Луны, т. е. были установлены сроки, обеспечивающие Советскому Союзу приоритет в высадке на Луну, хотя вся программа была утверждена на целых пять лет позже, чем американский проект «Аполлон».

### СХЕМА ПОЛЕТА

Ракета-носитель «Н-1» со стартовой массой около 2750 т, стартовав с космодрома Байконур, выводит на промежуточную

околоземную круговую орбиту высотой 220 км лунный ракетный комплекс (ЛРК) массой 91,5 т и длиной 30 м с двумя космонавтами на борту. ЛРК состоит из четырех основных частей: лунного орбитального корабля (ЛОКа), лунного корабля (ЛК), тормозного ракетного блока «Д» и разгонного ракетного блока «Г».

На орбите ЛРК ориентируется, включается двигатель блока «Г», и комплекс переводится на траекторию перелета к Луне. Отработавший блок «Г» отделяется, а коррекции движения, в случае необходимости, космонавты совершают с помощью двигателя блока «Д». При подлете к Луне блок «Д» включается на торможение и ЛРК переходит на круговую орбиту спутни-

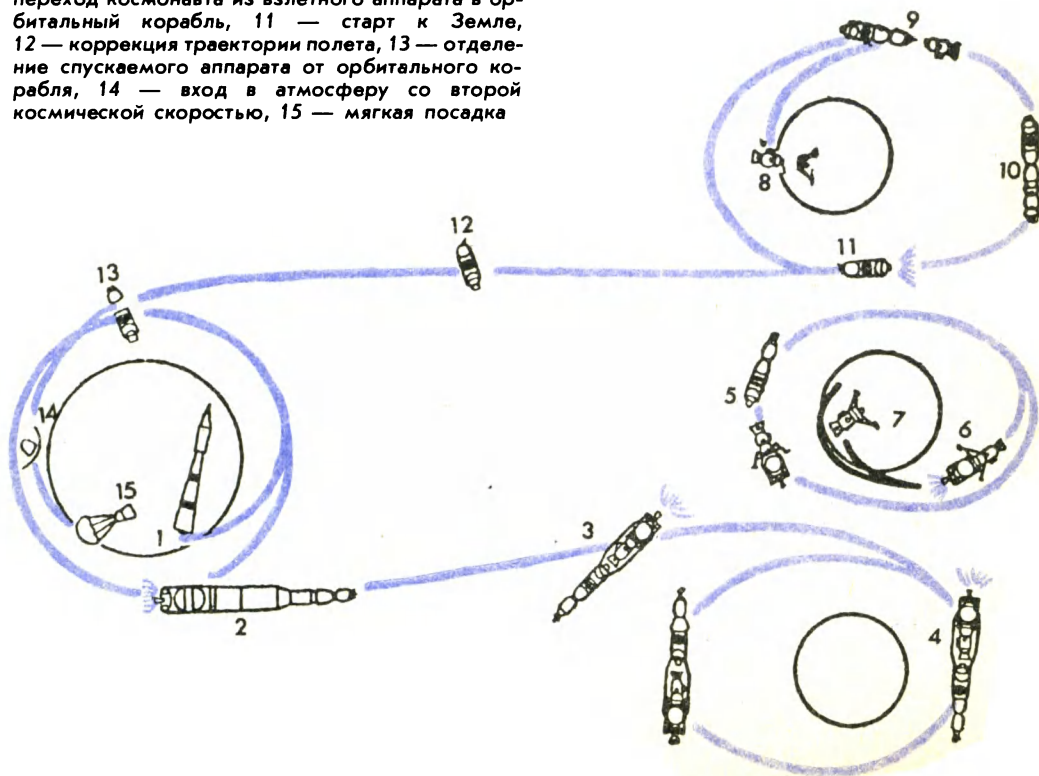
Ракета-носитель «Н-1» с лунным ракетным комплексом

ка Луны высотой 110 км. Еще одна коррекция, и орбита становится эллиптической с минимальной высотой 16 км.

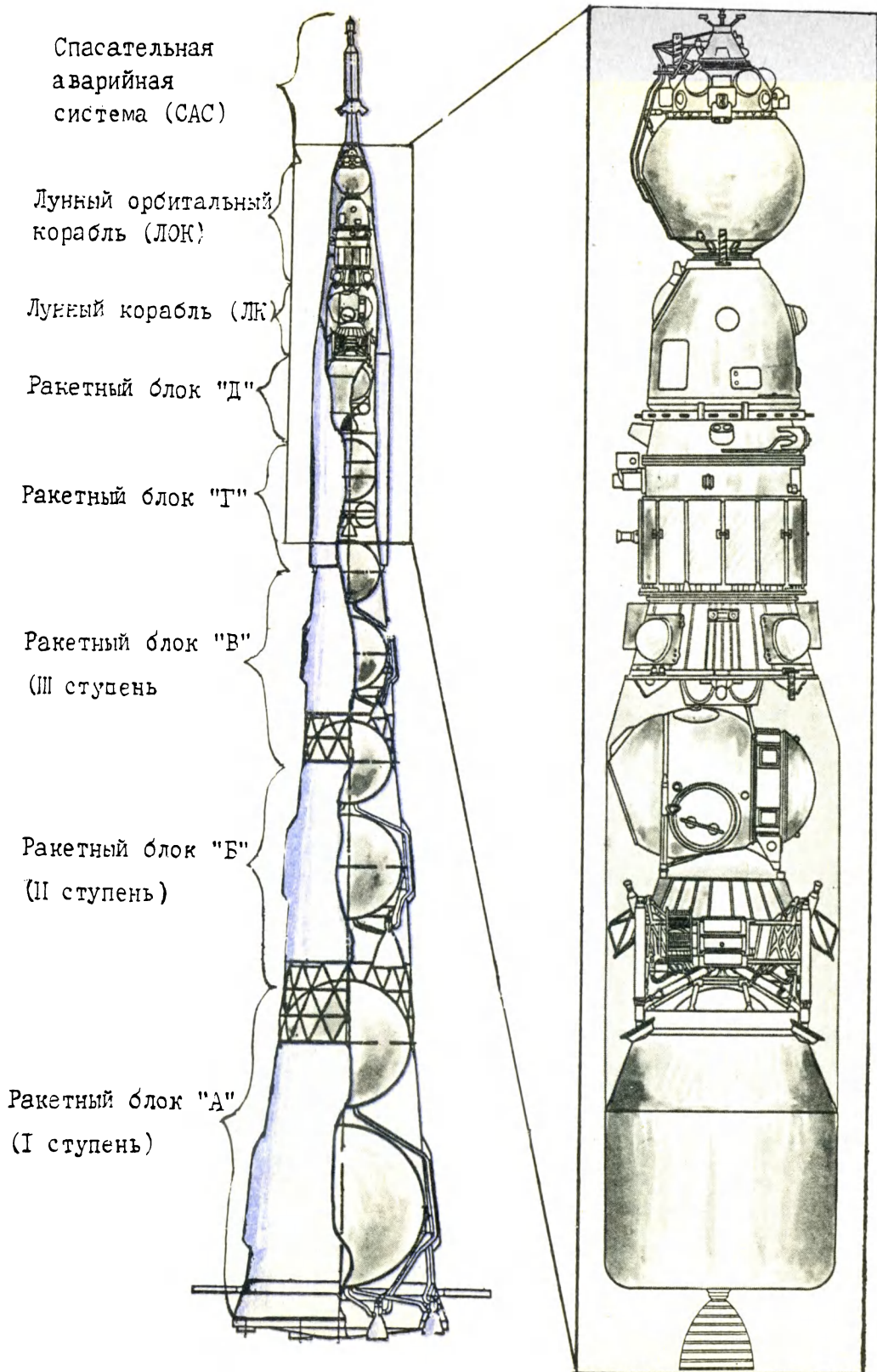
Космонавты из спускаемого аппарата переходят в бытовой отсек ЛОКа и, надев скафандры, разгерметизируют его (в дальнейшем он используется как шлюзовая камера). Затем командир через открытый космос переходит в лунный корабль, который после этого вместе с блоком «Д» выталкивается из цилиндрической оболочки, раскрываются посадочные стойки лунного корабля, а пустая цилиндрическая оболочка ЛК отделяется от ЛОКа.

Вслед за ориентацией ЛК, на высоте 16 км, двигатель блока «Д» вновь включается на торможение и корабль вместе с блоком «Д» направляется к Луне. На высоте 3—4 км ЛК совершает «мертвую петлю», во время которой блок «Д» отделяется от корабля. Этот маневр был необходим для того, чтобы посадочный радиолокатор ЛК не принял отделившийся блок за лунную поверхность и автоматика

Схема полета пилотируемой экспедиции к Луне по программе «Н1-Л3». Цифрами отмечены следующие этапы: 1 — старт ракеты «Н-1», 2 — старт лунного ракетного комплекса (ЛРК) к Луне, 3 — коррекции траектории движения, 4 — переход ЛРК на орбиту искусственного спутника Луны, 5 — переход космонавта из лунного орбитального корабля в лунный корабль и их разделение, 6 — переход на орбиту спутника Луны, 7 — применение посадочного устройства, 8 — старт лунного взлетного аппарата (ЛВА) с Луны, 9 — встреча ЛВА с лунным орбитальным кораблем на орбите спутника Луны, 10 — стыковка и переход космонавта из взлетного аппарата в орбитальный корабль, 11 — старт к Земле, 12 — коррекция траектории полета, 13 — отделение спускаемого аппарата от орбитального корабля, 14 — вход в атмосферу со второй космической скоростью, 15 — мягкая посадка







не включила раньше времени двигатель ракетного блока «Е», с которым должно было производиться дальнейшее торможение.

Блок «Д» падает на поверхность Луны, а пилот, используя автоматическое и ручное управление двигателями ориентации и регулируя тягу двигателя блока «Е», совершает посадочный маневр и опускается на поверхность. Вся процедура от момента отделения блока «Д» до посадки занимает немногим более минуты и поэтому возможность маневрирования лунного корабля над поверхностью для выбора места прилунения ограничена лишь несколькими сотнями метров.

После посадки лунного корабля пилот, отдохнув и проверив работу систем, открывает люк кабины и, спустившись по трапу, ступает на поверхность. От весьма вероятного падения на спину его должен был предохранять легкий обруч, надеваемый сразу после выхода из ЛК. Автономная система жизнеобеспечения скафандра позволяла находиться на поверхности Луны около четырех часов. За это время космонавт должен был установить на Луне государственный флаг СССР и научные приборы, собрать образцы лунного грунта, провести телевизионный репортаж, фото- и киносъемку района прилунения.

Вернувшись в ЛК и наполнив кабину воздухом, космонавт мог открыть шлем скафандра для принятия пищи. Затем, включив в определенный момент двигатель блока «Е», лунный взлетный аппарат, отделившись от лунного посадочного агрегата, должен был возвратиться на лунную орбиту.

Сближение и стыковка выполняются без помощи наземных средств слежения и ЦУПа автоматически. Активным кораблем выступает ЛОК, пассивным — ЛК. Пилот ЛОКа, одетый в скафандр, перейдя в случае необходимости на ручное управление, может вмешаться в ход операции. После стыковки командир экипажа покидает кабину ЛК и переходит по наружной поверхности в бытовую отсек ЛОКа. Пилот ЛОКа готов прийти ему на помощь. Затем БО герметизируется, наполняется воздухом, космонавты снимают скафандры и занимают место в спускаемом аппарате, захватив с собой контейнер с образцами лунного грунта. Бытовой отсек отделяется от ЛОКа вместе с ЛК и блоком ДОК, космонавты проводят ориентацию орбитального корабля и, включив двигатель ракетного блока «И», выводят корабль на траекторию полета к Земле.

При необходимости на трассе Луна—Земля экипаж выполняет коррекцию дви-

жения корабля, включая двигатель блока «И». При подлете к Земле СА отделяется, совершает управляемый спуск в атмосфере и, используя парашютную систему и двигатели мягкой посадки, приземляется на территории СССР.

## РАКЕТА-НОСИТЕЛЬ «Н-1» И СТАРТОВЫЙ КОМПЛЕКС

Ракета имеет поперечное деление ступеней. На первой ступени (блоке «А») стояли 30 однокамерных основных ЖРД (шесть по центру, 24 — по периферии) и шесть рулевых сопел. Ракета могла совершать полет при двух отключенных парах противоположно расположенных двигателей блока «А». Вторая ступень (блок «Б») была оснащена восемью однокамерными ЖРД «НК-15Б» и четырьмя рулевыми соплами управления по крену и могла лететь с одной отключенной парой ЖРД блока «Б». На третьей ступени (блок «В») устанавливались четыре однокамерных ЖРД «НК-19» и четыре рулевых сопла управления. Ступень могла продолжать полет при одном неработающем ЖРД. РН оснащалась системой координации одновременной работы двигателей «КОРД», которая, в случае необходимости, должна была отключать неисправные и противоположные им двигатели.

В 1964 г. для запуска «Н-1» и предполетных проверок систем носителя и ЛРК под руководством главного конструктора В. П. Бармина началось строительство на космодроме Байконур специального стартового комплекса и других сооружений. Комплекс «площадка 110» состоял из двух пусковых установок со 145-метровыми башнями обслуживания, через которые выполнялась заправка РН, ее термостатирование, электропитание и посадка экипажа. По окончании этих операций башня отводилась, а ракета оставалась на стартовом столе, удерживаемая за днище 48-ю пневмомеханическими замками. Вокруг каждой пусковой установки размещались четыре молниеотвода высотой 180 м. Всего на «площадке 110» построили более 90 сооружений. Помимо стартового комплекса возвели монтажно-испытательный корпус (МИК), где прибывшую по частям железной дорогой ракету-носитель собирали в горизонтальном положении.

В МИКе космических объектов корабль проходил предполетные проверки, монтировался с другими блоками лунного ракетного комплекса, закрывался обтекателем. Затем железной дорогой его отправляли на заправочную станцию, где

производилась заправка топливом баков лунного ракетного комплекса. Заправленный ЛРК перевозился в МИК ракеты-носителя, где к тому времени на транспортно-установочном агрегате уже находилась собранная и проверенная РН «Н-1». Здесь ЛРК с обтекателем и системой аварийного спасения монтировался к третьей ступени ракеты, после чего весь комплекс вывозился на стартовую позицию.

Испытания первого стартового комплекса с макетами «Н-1» и лунного ракетного комплекса продолжались с 25 ноября 1967 г. до января 1969 г., после чего началась подготовка к запуску первого летного экземпляра «Н-1».

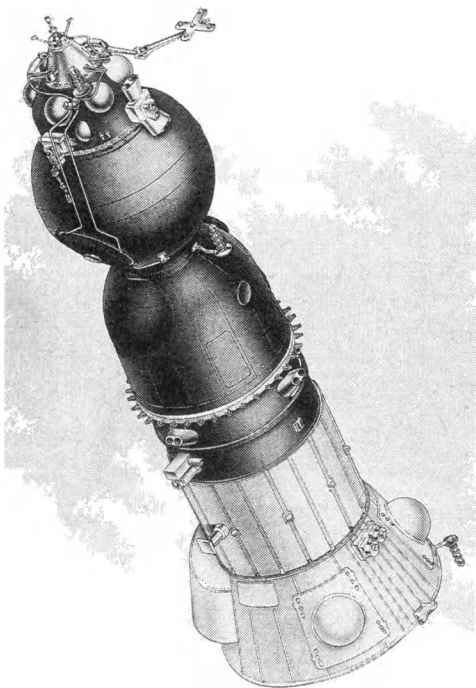
### ЛЕТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ ИСПЫТАНИЯ РН «Н-1»

В ноябре 1967 г. стало ясно, что сроки, принятые в феврале, нереальны и летно-конструкторские испытания «Н-1» перенесли на III-й квартал 1968 г. Но и новый

график не выдерживался — не хватало денежных средств. Только 7 мая 1968 г. летный образец РН «Н-1» был вывезен на стартовую позицию. Начались длительные проверки и доработки...

**Первый испытательный полет** состоялся 21 февраля 1969 г. ЛОК и ЛК заменили автоматическим кораблем 7К-Л1С, оснащенным многими системами корабля «Л-3» и мощной фотоаппаратурой. В случае успешного запуска, он должен был выйти на орбиту Луны, сделать ее качественные фотоснимки и доставить их на Землю. В 12 ч 17 м 55 с включились двигатели первой ступени, а через 13 с РН оторвался от стартового стола. Хотя между 3-й и 10-й секундами система «КОРД» ошибочно отключила два двигателя 1-й ступени, ракета все же продолжала полет. На 66-й секунде из-за сильной вибрации оборвался трубопровод окислителя одного из двигателей и начался пожар. Ракета могла бы лететь, но на 70-й секунде, на высоте 14 км, система «КОРД» отключила сразу

## ЛУННЫЙ ОРБИТАЛЬНЫЙ КОРАБЛЬ, ЛОК



ЛОК, хотя и создавался с учетом опыта разработки пилотируемого корабля «Союз», тем не менее был совершенно новым космическим аппаратом. Он состоял из спускаемого аппарата, бытового, приборно-агрегатного отсеков, блока двигателей ориентации комплекса, блока «И» и энергоотсека.

Герметичный **спускаемый аппарат (СА)** длиной 2,19 м и максимальным диаметром 2,2 м был основным местом работы экипажа (из двух космонавтов), стартовавших и совершавших полет без спасательных скафандров, в спортивных костюмах. В СА размещались: пульт управления системами корабля, система жизнеобеспечения, бортовая ЭВМ и ряд других систем. В верхней части СА располагался герметичный люк для перехода космонавтов в БО корабля.

Снаружи СА закрывался слоем теплозащиты и экранно-вакуумной теплоизоляции, а его донная часть — усиленным теплозащитным экраном, который сбрасывался перед посадкой на Землю. У основания СА располагались газовые двигатели системы управления спуском (работающие на перекиси водорода).

**Бытовой отсек (БО)** предназначался для отдыха космонавтов на пути к Луне, а также для использования в качестве шлюзовой камеры при выходах в открытый космос для перехода в ЛК и обратно в ЛОК. Длина отсека составляла 2,26 м, а максимальный диаметр — 2,3 м. В нем располагалось два гермолюка: нижний — для сообщения с СА и боковой — для посадки экипажа в корабль на стартовой позиции и выхода в открытый космос. Здесь же размещался шкаф с двумя скафандрами, запасы продуктов питания и воды, кино- и фотоаппаратура и неко-

Лунный орбитальный корабль

все двигатели, и ракета упала в степь. Проанализировав причины аварии, конструкторы решили установить на ракету фреоновую систему пожаротушения.

**Второе испытание «Н-1»** с автоматическим кораблем 7К-Л1С и макетом ЛК состоялось 3 июля 1969 г. В 23 ч 18 м 32 с ракета оторвалась от стартового стола, но когда она поднялась немного выше молниеотводов, взорвался один из двигателей, и возник пожар. Подъем резко замедлился, ракета начала наклоняться. Сработала система аварийного спасения, и СА корабля 7К-Л1С приземлился в двух километрах от стартовой позиции. РН упала на стартовый стол, от взрыва разрушился стартовый комплекс и все шесть подземных этажей стартового сооружения. Один из молниеотводов упал, свернувшись спиралью, 145-метровая башня обслуживания оказалась сдвинутой с рельсов. Несмотря на значительное разрушение стартовых сооружений, обошлось без человеческих жертв.

Причиной взрыва оказался посторон-

ний предмет, попавший в кислородный насос двигателя № 8 за 0,25 с до подъема. Это привело к взрыву насоса, а затем и самого двигателя. После установки фильтров такое не должно было повториться. На доработку и испытания двигателей конструкторам потребовалось почти два года.

**Третий пуск «Н-1»** (со второго стартового комплекса) состоялся 27 июня 1971 г. Полезной нагрузкой служил лунный ракетный комплекс с макетами ЛОК и ЛК. В 2 ч 15 м 5 с РН, оторвавшись от стартового стола, начала подъем. В этот раз программой полета предусматривался маневр увода РН от стартового комплекса. После его выполнения из-за возникновения неучтенных газодинамических моментов ракета стала наклоняться. Через 4,5 с угол наклона составил  $14^\circ$ , через 48 с — около  $200^\circ$ , продолжая увеличиваться. От боьших перегрузок при вращении на 49 с полета началось разрушение блока «Б», и от комплекса оторвалась головная часть вместе с третьей ступенью, которые упали в 7 км от

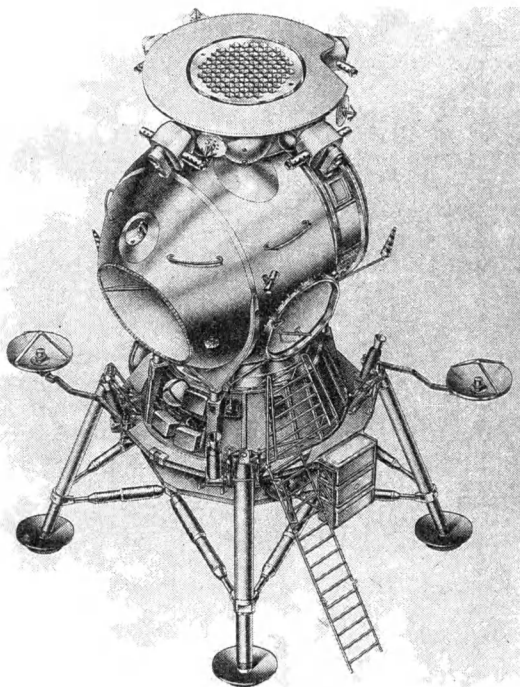
торые системы жизнеобеспечения. Перед иллюминатором, установленном в сферическом блистере, размещался пульт управления, позволяющий пилоту ЛОКа управлять кораблем при сближении и стыковке с ЛК. Блок двигателей ориентации комплекса в верхней части БО имел массу 800 кг и длину 1,56 м и включал в себя шесть сферических баков с 300 кг топлива (НДМГ и АТ) и четыре баллона с газом для наддува топливных баков.

**Приборно-агрегатный отсек (ПАО)** представлял собой цилиндр с максимальным диаметром 2,2 м и длиной 2,82 м, состоящий из трех отсеков: герметичного приборного отсека (ПО) и негерметичных переходного отсека (ПХО) и агрегатного отсека (АО). В ПО находились приборы и аппаратура систем радиосвязи, телеметрии, командной радиосвязи, ориентации и управления движением корабля.

**Ракетный блок «И»** состоял из двухкамерного разгонного двигателя (тягой 3388 кгс) с рулевыми соплами, однокамерного двигателя сближения и коррекции многократного (до 35 раз) включения (417 кгс) и сферического топливного бака диаметром 1,9 м с герметичной внутренней перегородкой для разделения компонентов топлива (НДМГ и АТ). Блок «И» размещался внутри агрегатного (АО) и энергоотсеков (ЭО). При этом топливный бак занимал почти половину объема АО.

Кроме двигателей блока «И» в ЭО находились 16 двигателей ориентации ЛОК (топливо для них поступало из баков ракетного блока «И»). Здесь же был и электрохимический генератор «Волна-20», обеспечивавший электроэнергией весь ЛРК во время выведения на орбиту и полета к Луне.

## ЛУННЫЙ КОРАБЛЬ ЛК



Лунный корабль

стартовой позиции. I и II ступени продолжили полет, но на 51-й секунде «КОРД» отключила все двигатели, ракета упала в 20 км и взорвалась, образовав воронку 15-метровой глубины.

Итогом работы комиссии, расследовавшей причину аварии, было решение вместо шести рулевых сопел установить на первой и второй ступенях по четыре рулевых двигателя.

**Последнее испытание ракеты-носителя «Н-1»** со штатным ЛОКом и ЛК, выполненными в беспилотном варианте, состоялось 23 ноября 1972 г. Старт был дан в 9 ч 11 м 52 с. На 90 секунде полета в соответствии с программой (за 3 с до отделения I-й ступени) двигатели перешли в режим конечной тяги. Отключились шесть центральных ЖРД, отработавших расчетное время. Затем скорость подъема резко снизилась. Это привело к возникновению гидравлического удара, из-за чего разрушились топливные трубопроводы и начался пожар. Ракета взорвалась на 107-й секунде

полета. Больше испытаний РН «Н-1» не проводилось, хотя конструкторы надеялись, что пуск, намеченный на август 1974 г., будет успешным.

## ЛЕТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЛУННОГО КОРАБЛЯ И ЛУННОГО ОРБИТАЛЬНОГО КОРАБЛЯ

Параллельно с испытаниями ракеты-носителя проводились ЛКИ лунного корабля на орбите Земли. Этот его беспилотный вариант получил обозначение Т2К и состоял из ЛВА без стыковочного агрегата и ЛПУ без опорных «ног». Под названием «Космос-379» он был 24 ноября 1970 г. введен на околоземную орбиту высотой 192—232 км ракетой «Союз». На четвертые сутки полета после проверок оборудования и расшифровки телеметрии был включен двигатель блока «Е», который симитировал зависание над лунной поверхностью (апогей увеличился до 1210 км). Затем ЛПУ было отделено от ЛВА, прове-

ЛК (начальная масса — 5,5 т) состоял из двух разделяющихся частей: лунного посадочного агрегата (ЛПА) и лунного взлетного аппарата (ЛВА).

ЛПА предназначался для посадки ЛК на поверхность Луны и состоял из каркаса с максимальным диаметром 2,27 м и четырех опор лунного посадочного устройства (ЛПУ), на стойках которых устанавливались четыре твердотопливных двигателя для прижатия опор к поверхности Луны в момент посадки ЛК. Снаружи на ЛПА крепился герметичный навесной приборный отсек с посадочным радиолокатором и комплексная исследовательская установка массой 105 кг, в состав которой входил операционный манипулятор массой 59,17 кг и бур с ресурсом работы 60 мин. Здесь также располагались две откидывающиеся остронаправленные параболические антенны системы радиосвязи, три аккумуляторные батареи, трап для спуска космонавта на поверхность Луны и четыре баллона с водой для испарителя системы терморегулирования.

ЛВА состоял из кабины космонавта, приборного отсека, отсека двигателей ориентации и ракетного блока «Е».

**Кабина** с размерами 2,3×3,0 м предназначалась для одного космонавта, который, стоя в скафандре, фиксировался специальным приспособлением перед приборной доской и пультом управления. Азотно-кислородная атмосфера кабины с давлением 560 мм. рт. ст. с пониженным содержанием азота позволяла открывать гермошлем для приема воды и пищи. Пульт управления ЛК располагался справа от космонавта.

В передней части кабины имелась полусфе-

рическая вогнутость с иллюминатором и коллиматорным устройством (с углом обзора 7°), на которое с помощью оптической системы проецировалось место посадки. Они позволяли визуально наблюдать за процессом автоматической посадки ЛК, и в случае необходимости перейти на ручное управление. В верхней части кабины, над вогнутостью, располагался еще один иллюминатор с широкоугольным визиром, через который космонавт мог наблюдать за процессом стыковки с лунным орбитальным кораблем и ориентировать ЛК.

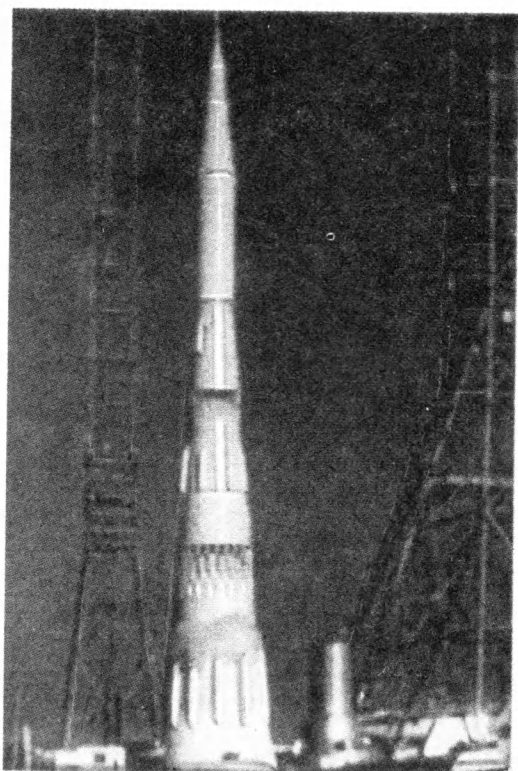
Лунный корабль был рассчитан на автономное существование в течение двух суток.

**Отсек двигателей ориентации** имел высоту 0,68 м. Внутри него было два топливных бака с запасом топлива более 100 кг и система подачи топлива. Двигатели объединялись в четыре блока (по два ЖРД тягой по 40 кгс и два ЖРД тягой по 10 кгс).

Вокруг стыковочного устройства располагался кольцеобразный экран-радиатор системы терморегулирования ЛК, защищавший ДО и кабину корабля от соударения со стыковочным узлом ЛОКа в случае неудачной стыковки.

**Ракетный блок «Е»** массой более 2 т жестко крепился к нижней части кабины ЛВА и имел основной однокамерный двигатель с широким диапазоном регулирования тяги, резервный двухкамерный двигатель (оба с тягой по 2050 кгс), тороидальный бак с окислителем (АТ) и чечевицеобразный бак с горючим (НДМГ).

Основной двигатель обеспечивал гашение скорости и горизонтальное маневрирование ЛК при посадке на Луну с высоты 1—3 км до нескольких сот метров и выведение ЛВА на орбиту вокруг Луны.



Ракета-носитель «Н-1» на стартовой позиции перед очередным испытательным полетом (снимок с экрана монитора)

дено второе включение двигателя блока «Е», имитирующее взлет с поверхности Луны в режиме максимальной тяги (в результате апогей увеличился до 14035 км). После этого успешно произведена «репетиция» маневров при стыковке с ЛОКом.

Второе испытание лунного корабля в варианте Т2К началось 26 февраля 1971 г. (корабль получил обозначение «Космос-398») и прошло по той же программе, что и предыдущие, но с имитацией нештатных ситуаций. В этот раз апогей орбиты лунного корабля достиг 10 903 км.

Третье орбитальное испытание лунного корабля под названием «Космос-434» состоялось 12 августа 1971 г. После двух включений двигателя блока «Е» Т2К вышел на орбиту высотой  $186 \times 11804$  км. На этом ЛКИ лунного корабля, подтвердившие его высокую надежность, успешно закончилась.

Последнее испытание ЛК в автоматическом режиме намечалось провести во время четвертого пуска РН «Н-1» 23 ноября 1972 г. На ракете установили штатные ЛОК и ЛК, оснащенные для автоматического полета. Лунный ракетный комплекс в случае удачи должен был выполнить полную программу полета с посадкой на Луну, взлетом и стыковкой в беспилотном режиме. К сожалению, из-за аварии ракеты-носителя это не удалось.

Во время этого запуска планировалось и первое испытание штатного ЛОКа. Его упрощенный вариант (Т1К) разрабатывался для этой цели в ОКБ-1 под руководством ведущего конструктора В. Е. Бугрова. ЛОК должен был запускаться с помощью РН «Протон», но программу отменили: было решено производить летно-конструкторские испытания ЛОКа в составе корабля «Л-3». Для этого он устанавливался на автоматическом корабле «7К-Л1С» при запуске РН «Н-1». Но из-за взрыва ракеты-носителя испытание не состоялось.

К этому времени американская программа «Аполлон» успешно завершилась, на поверхности Луны побывало 12 астронавтов, и советская программа не принесла бы желаемых политических результатов. Поэтому руководство СССР потеряло к ней интерес, финансирование сократилось, работы все более и более замедлялись. Была принята «генеральная линия космонавтики на создание долговременных пилотируемых орбитальных станций».

Желая возродить программу посадки на Луну, в ОКБ-1 проект пересмотрели и дали ему название «Н1-Л3М». Новая лунная экспедиция могла теперь состояться в конце 1970-х гг. Но в мае 1974 г. преемника Королева В. П. Мишина, возглавлявшего ОКБ-1, отстранили от занимаемой должности. 15 мая 1974 г. принято реше-

**Тормозной ракетный блок «Д»** предназначался для проведения коррекций траектории движения ЛРК на трассе полета Земля — Луна, для выдачи тормозного импульса и выведения ЛРК на орбиту Луны и для торможения ЛК до высоты 1—3 км. Блок «Д» (длина — 5,7 м) имел наружную сбрасываемую цилиндрическую оболочку диаметром 3,7 м, и был оснащен одним однокамерным двигателем многократного

включения тягой более 5 тс (горючее — керосин, окислитель — жидкий кислород).

В отличие от ЛОКа и ЛК блок «Д» был испытан, полностью отработан и с 1967 г. используется в качестве разгонной ступени РН «Протон».

**Разгонный ракетный блок «Г»** (длина более 8 м) предназначался для разгона всего ЛРК к Луне.

ние о приостановке работ по проекту, а в 1976 г. программу высадки на Луну закрыли окончательно. Две подготовленные к пускам ракеты «Н-1» и документация по ним были уничтожены.

Одной из главных причин неудачи проекта «Н1-Л3» академик В. П. Мишин считает распыление средств между несколькими аналогичными программами: разработка ракет «Н-1», «УР700» и «Р-56» в разных ОКБ, создание кораблей типа 7К (варианты «Союзов»), а также программы об-

лета УР500К-ЛК1 и УР500К-Л1, работы по автоматическим станциям в КБ им. Бабакина, множество непрекращающихся военных программ, в том числе программы «Спираль», «Алмаз» и др. Ограниченное финансирование вело к экономии на всем, даже на испытательной базе. Всё это, соединенное с существенным политическим значением, придаваемым лунным проектам, привело к известному печальному результату.

## Любительская астрономия

### Солнечное затмение 21 мая 1993 года

Несмотря на неблагоприятные погодные условия 21 мая в астрономической обсерватории Нижегородского пединститута удалось провести наблюдения частного солнечного затмения. Точных данных обстоятельств этого небесного явления для отдельных пунктов России в Астрономическом календаре на 1993 г. не приводилось, поэтому сотрудники кафедры астрономии произвели необходимые расчеты моментов начала и конца затмения для Нижнего Новгорода.

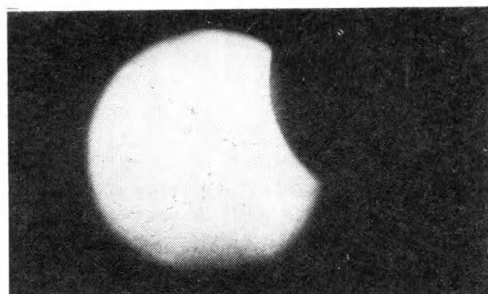
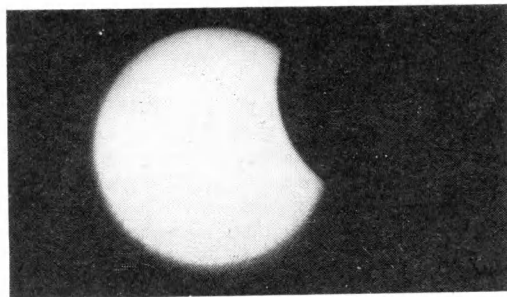
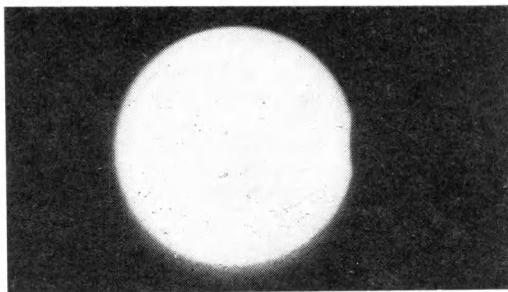
Вычисления показали, что первый контакт Луны с Солнцем должен произойти не ранее  $18^{\text{h}} 50^{\text{m}}$ , а конец затмения около  $20^{\text{h}} 18^{\text{m}}$ . К началу затмения область неба вокруг Солнца очистилась от облаков, и десятки наблюдателей следили за изображением светила на экранах телескопов.

В  $18^{\text{h}} 52^{\text{m}} 35^{\text{s}}$  был уверенно зафиксирован первый контакт. С этого момента студенты физического факультета, члены Нижегородского кружка любителей физики и астрономии, шкслъники из астрономиче-

ской секции научного общества учащихся приступили к наблюдениям. Они зарисовывали фазы затмения, фотографировали процесс, производили различные метеорологические измерения.

Однако в  $19^{\text{h}} 20^{\text{m}}$  западная сторона неба свода начала закрываться плотными облаками, и проследить за ходом затмения до его окончания стало невозможно.

А. ПОРОШИН



Фазы солнечного затмения 21 мая 1993 г. Снимки сделаны на телескопе РТМ ( $F=600$  мм) в прямом фокусе фотоаппаратом «Зенит-3М» на пленку МЗ-3Л. Экспозиция  $1/60$  с через темный светофильтр, установленный перед объективом телескопа  $T_1=18^{\text{h}}55^{\text{m}}$ ,  $T_2=19^{\text{h}}15^{\text{m}}$ ,  $T_3=19^{\text{h}}20^{\text{m}}$  (третий снимок — сквозь проходящую облачность). Время московское

Снимки Д. Ханжина и М. Казакова

# Ракета 09 - первая отечественная жидкостная

60 лет назад был произведён запуск первой отечественной жидкостной ракеты, с которой началось развитие новой отрасли промышленности.

90 лет назад в России была опубликована первая часть статьи К. Э. Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Работа скромного калужского учителя не только начала теоретические изыскания в совершенно новой области науки и техники — космонавтике, но сразу же точно указала основное, а в то время и единственно реальное средство проникновения человека в космос — жидкостную ракету. Эта работа — результат четвертьвекового целеустремленного творчества — стала подлинной «библией» космонавтики. В 1911—12, 1914 и 1929 гг. вышли продолжения «Исследования...», а затем и целый ряд дополнивших его трудов. Еще более 30 лет Константин Эдуардович развивал и совершенствовал и саму теорию реактивного движения и космических полетов, и конструкторские предложения, направленные на ее реализацию. Хотя особенности устройства и принципиальные преимущества жидкостной ракеты были им досконально обоснованы еще в 1903 г., прошло еще 23 года, прежде чем она взлетела.

Одним из конструкторов, сделавших начальные практические шаги в современном ракетостроении, был американский экспериментатор Р. Годдард (1882—1945). В 1931 г. стартовали жидкостные ракеты в Германии, и наконец, в 1933 г. — в нашей стране. Причем все это были не «грандиозные и особым образом устроенные» ракеты, о которых мечтал их великий изобретатель, а простейшие летательные снаряды, едва осилившие высоты сначала в десятки, потом в сотни и, наконец, немногие тысячи

метров. Но и эти запуски были большим достижением, которое, кстати, до начала второй мировой войны не удалось осуществить ни во Франции, ни в Италии, где делались попытки в этом направлении. Это еще одно свидетельство, насколько сложен путь к созданию принципиально новой техники и сколь велик трудовой подвиг пионеров ракетостроения.

Но вернемся в 30-е годы. Труды К. Э. Циолковского и его последователей уже доказали, что реактивный принцип может быть с успехом использован не только в космических, но и в «земных» целях: для преодоления скоростного и высотного барьеров, ставших на пути авиации, и для создания ракетных снарядов с гораздо большей, чем у ствольной артиллерии, дальностью полета или мощностью залпа. В напряженной и милитаризованной обстановке эксперименты, начатые энтузиастами межпланетных сообщений с простейшими ракетными снарядами, были замечены правительствами. В Германии и в СССР они получили поддержку и значительное финансирование, что сразу же придало им существенный размах и возможность коллективной работы. В США Годдард, будучи индивидуалистом в творческой работе, не смог получить подобной поддержки. Видимо поэтому ему, несмотря на более ранний «старт», многолетний упорный труд и множество перспективных идей, так и не удалось создать эффективно работающий жидкостный ракетный двигатель (ЖРД) и надежную ракету.

В СССР практические работы, направленные на создание ЖРД, развернулись с 1930 г. почти одновременно в двух организациях — в Центральном институте авиационного моторостроения в Москве под руководством Ф. А. Цандера и в Газодинамической лаборатории в Ленинграде под





Сотрудники второй бригады ГИРД, занимавшейся созданием ракеты 09, в своей рабочей комнате в подвале дома № 19 по Садово-Спасской улице. Слева направо: З. И. Круглова, Ф. Л. Якайтис, О. К. Паровина, М. К. Тихонравов, О. И. Снегирева, Н. И. Ефремов, А. Г. Костиков, Н. И. Шульгина, 1933 г.

### «ПРОЕКТ 09»

Поскольку работы Цандера в ЦИАМе поддерживались недостаточно, он в содружестве с молодым авиаконструктором С. П. Королевым, мечтавшим оснастить свой очередной аппарат ракетным двигателем, организовал при оборонном обществе — Осоавиахиме — творческий коллектив, названный Группой изучения реактивного движения (ГИРД) и объединивший многих энтузиастов ракетной техники. В апреле 1932 г., благодаря поддержке заместителя наркома по военным и морским делам М. Н. Тухачевского, Группа (её начальником был назначен Королев) смогла организовать конструкторское бюро из четырех проектных бригад (с производственными мастерскими) и развернуть серьезные исследования, которые к концу 1932 г. велись по восьми самостоятельным проектам. Но работы шли гораздо медленнее, чем поначалу рассчитывали энтузиасты. Одна за другой возникали проблемы, не предсказанные теорией, и надежды увидеть работающий ЖРД и летящий ракетоплан все более отодвигались. Чтобы поддержать веру коллектива в успех и особенно у тех, кто обеспечивал его средствами для работы, нужен был наглядный и убедительный эксперимент. Тогда Королев принял решение сделать шаг назад и взяться еще за один — девятый проект. Так в планах ГИРД появился новый пункт: «09 — ракета-снаряд под данные, соответствующие по дальности и весу полезного груза снаряду 122-мм гаубицы, с двигателем, работающим на жидком кислороде и твердом бензине». Проектирование было поручено вто-

началом Б. С. Петропавловского. Они сразу же пошли по различным направлениям: теоретико-экспериментальному, характерному для авиационной науки того времени, и сугубо эмпирическому, который исповедовали «артиллеристы». Цандер изготовил маленький опытный ракетный двигатель ОР-1, который мог на сжатом воздухе и бензине работать целыми часами, и с его помощью пытался получить данные, необходимые для проектирования первого полноразмерного ЖРД ОР-2 на жидком кислороде и бензине и предназначенного для установки на ракетоплан. Петропавловский и приглашенный им к этой работе молодой изобретатель-электрик В. П. Глушко (впоследствии главный конструктор ракетных двигателей) для отработки каждого элемента ЖРД разрабатывали новую конструкцию стеновых опытных ракетных моторов ОРМ, рассчитанных на кратковременный запуск. К концу 1933 г. было создано 52 конструкции (на азотной кислоте и керосине). Последние из этих двигателей предназначались для установки на ракеты, но осуществить полет с ними, хотя попытки и делались, так и не удалось.

рой бригаде, возглавлявшейся самым опытным в ГИРД авиаконструктором М. К. Тихонравовым (Земля и Вселенная, 1991, № 6, с. 54.— Ред.).

Особая простота ракеты достигалась необычным решением: ее горючее — твердый бензин, представлявший собой вязкую массу, — заранее помещали в камеру сгорания двигателя. Он намазывался толстым слоем изнутри камеры и удерживался у ее стенок металлической решеткой, защищая их от пламени в течение почти всего времени работы двигателя. Так удалось обойти самую сложную тогда проблему охлаждения двигателя, полностью решенную только годы спустя. Еще одно упрощение состояло в том, что на ракете решили не устанавливать специальную систему подачи топлива: жидкий кислород выдавливался из бака в камеру двигателя под давлением собственных паров.

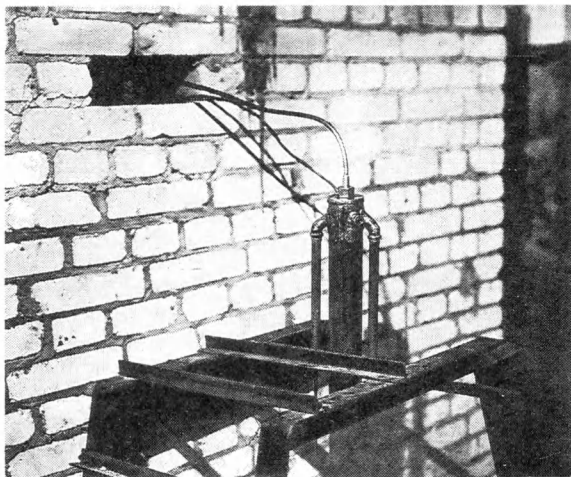
Через несколько месяцев чертежи «проекта 09» были сданы в производство, и ракета получила официальное обозначение «ГИРД Р-1». Но поскольку в истории ракетной техники есть ряд других ракет Р-1, то за первой ракетой пришлось название ГИРД-09, или просто «ракета 09», поскольку сами гирдовцы всегда называли ее «девятой».

Несмотря на простоту, «проект 09» не был проектом в обычном смысле этого слова, а скорее представлял программу исследований. Здесь были воплощены в жизнь многие идеи, никогда и никем не проверявшиеся. Поэтому некоторые узлы и детали ракеты проектировались в нескольких вариантах, практичность которых определя-

лась в процессе отработки, начавшейся в марте 1933 г. Большие трудности возникли при огневых испытаниях: топливо не воспламенялось, струи кислорода размывали бензин и прожигали стенки камеры сгорания, заряд сгущенного бензина выбрасывался из камеры, прогорало сопло, в камере происходили взрывы.

Возможности ГИРД в изготовлении деталей и узлов ракеты и проведении испытаний были весьма ограничены. Там, где, по существу, следовало бы провести десятки запусков, приходилось довольствоваться одним-двумя. Это вело к тому, что для исследования влияния возможно большего числа факторов приходилось ставить на испытания двигательные установки, отличающиеся друг от друга не одним, а несколькими элементами, что затрудняло выявление роли каждого из них. Дело затруднялось и несовершенством экспериментального оборудования. Все запуски производились на балансирном станке, оснащенном только пружинным динамометром для замера тяги и манометрами.

К началу августа провели 23 огневых испытания, и двигательная установка достигла такого совершенства, что ее можно было установить на ракету для летных испытаний, уже рассчитывая на успех. Продолжительность ее работы была доведена до 30 с при максимальной тяге 53 кг и давлении в камере сгорания 5—6 атм. Параллельно с огневыми испытаниями в аэродинамической трубе Московского авиационного института проводились продувки корпуса ракеты без стабилизатора и со стабилизатором различной формы, позволявшие сделать более совершенной внешнюю



Кислородный бак ракеты 09, установленный для гидравлических испытаний на прочность в мастерских ГИРД. Март 1933 г.

компоновку ракеты. Длина ракеты составляла 2405 мм при диаметре миделя 180 мм и размахе стабилизатора 630 мм.

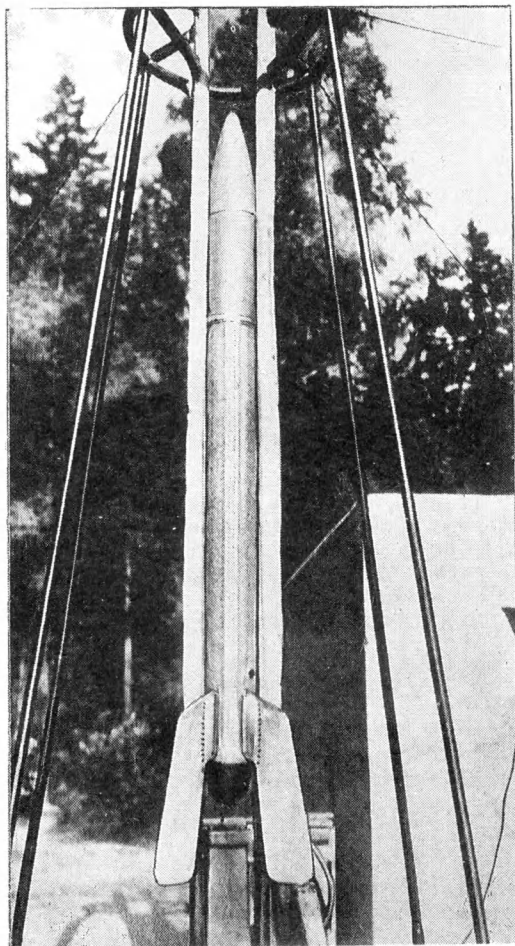
## КОНСТРУКЦИЯ РАКЕТЫ

Корпус ракеты был разделен на четыре отсека: парашютный, полезного груза, топливный и хвостовой. В топливном отсеке устанавливался длинный цилиндрический кислородный бак из дюралевого трубы. В верхней его части располагался дренажно-предохранительный клапан, а снизу — кран, открывший доступ кислороду в двигатель. Оболочки отсеков из алюминиевого сплава были усилены стрингерами и продольными гофрами. Камера двигателя внутри хвостового отсека определяла диаметр

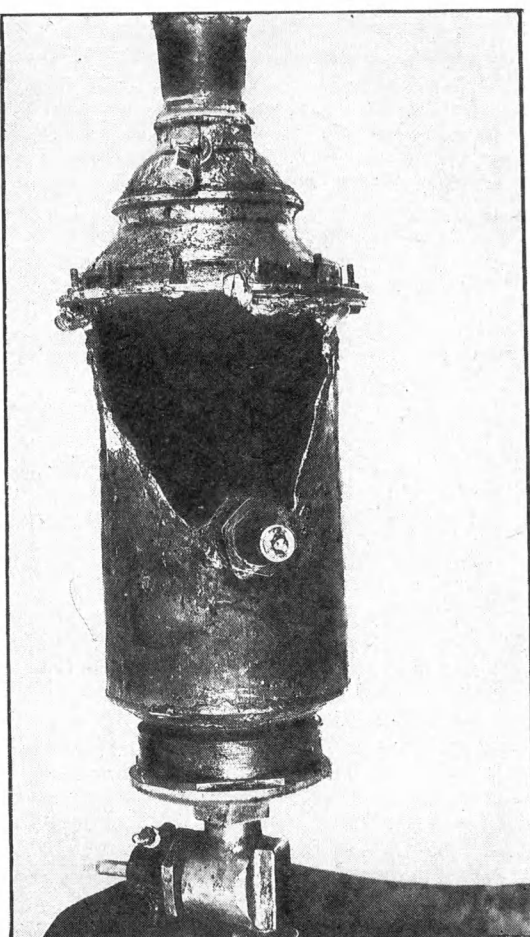
ракеты. По расчетам при стартовой массе 18,95 кг, полезном грузе 6,2 кг и запасе топлива 7,82 кг ракета должна была достигнуть скорости 275 м/с и высоты 5 км.

Несмотря на тщательную подготовку к полету две первые попытки пуска не удались. Подводили мелочи, возникавшие из-за полного отсутствия опыта. Хотя по современной классификации двигатель ракеты 09 должен считаться не жидкостным, а гибридным, ракета все же была типично жидкостной: три четверти запаса ее топлива составлял жидкий кислород, он постепенно подавался из бака в камеру сгорания, где происходили такие же процессы, как и в камере ЖРД — впрыск окислителя, испарение, смешение и горение окислителя и горючего. Время работы двигателя, его

Ракета 09 в пусковом станке



Двигатель «девятки», прогоревший во время испытаний



удельный вес, теплонапряженность и расходонапряженность были типичными для жидкостных, а не твердотопливных двигателей того времени. И наконец, летные характеристики ракеты получились такими же, как у ракет с ЖРД.

## НАКОНЕЦ ПОЛЕТ!..

17 августа 1933 г. группа гирдовцев во главе с С. П. Королевым вновь привезла ракету на полигон в районе подмосковного поселка Нахабино. Ракета была установлена в пусковой станок с направляющими, выполненными из труб длиной около 4 м, заряжена бензином и заправлена жидким кислородом. Подготовку к пуску осуществляла производственная бригада ГИРД, руководимая Е. М. Матысином. Из блиндажа управляли пуском Н. И. Ефремов и З. И. Круглова.

...В кислородном баке начинает подниматься давление. Когда оно достигает 13,5 атм, Королев поджигает бикфордов шнур, идущий к выбрасывателю парашюта, и уходит со стартовой площадки за окружающие ее деревья. И вот следует команда: «Контакт!» На свечу зажигания подается ток. Из сопла вырывается пламя, и ракета медленно выходит из станка, ускоряя движение. Через несколько секунд она уже на высоте около 400 м, где вдруг резко наклоняется и по пологой траектории, с еще работающим двигателем, скрывается в лесу (там ее вскоре нашли врезавшейся в землю и разломившейся на две части).

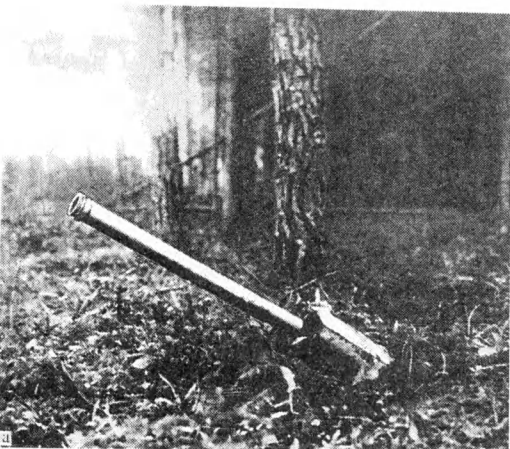
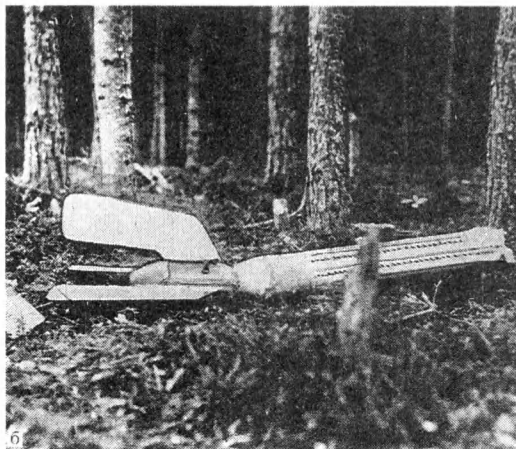
Весь полет занял 18 с. Ракета не достигла и одной десятой расчетной высоты, когда подвел двигатель. Из фланцевого стыка, соединяющего камеру сгорания с ее дном, выбило прокладку. В появившийся зазор стали истекать газы, создавая опрокидывающий момент. Дефект был несложным и не уменьшил у гирдовцев сознания их большой технической победы. «Первая советская ракета на жидком топливе пущена! День 17 августа несомненно является знаменательным днем в жизни ГИРД и начиная с этого момента советские ракеты должны летать над Союзом Республик», — писал вскоре в стенгазете С. П. Королев.

Воспользовавшись успехом, С. П. Королев в своей докладной записке руководству еще раз поставил вопрос об ускорении создания Реактивного института, уже около двух лет обсуждавшийся в правительственных инстанциях, и о выделении средств на постройку первой опытной серии ракет. «От первого шага, доказавшего правильность выбранной схемы, — писал Королев, — можно будет перейти к дальнейше-

му усовершенствованию и получению летающих ракет больших калибров со скоростями полета 800—1000 м/с и дальностью полета в несколько сотен-тысяч километров».

При разработке серийного варианта ракеты, получившего обозначение «объект 13», в конструкцию внесли ряд усовершенствований: увеличили тягу двигателя, изменили систему заправки кислородом, установили каплевидные обтекатели над заправочными штуцерами, выступавшими за обводы корпуса в верхней части. Всего было изготовлено шесть ракет 13, пять из них совершили полеты, в трех из которых была

Части ракеты, найденные в лесу недалеко от стартовой площадки после полета: вверху — передняя, внизу — задняя



достигнута высота 1500 м. Несомненно, что в дальнейшей работе с этой машиной ее создатели добились бы расчетной высоты полета, но тогда они уже были поглощены разработкой новых, более сложных проектов.

В результате создания «объектов 09» и «13» впервые в нашей стране получен практический опыт по всему циклу работ с жидкостной ракетой, включая сложные для того времени операции с жидким кислородом в полевых условиях, достигнут устойчивый полет по вертикальной траектории с небольшим (по сравнению с порохowymi ракетами) ускорением, апробированы методы баллистических, прочностных и тепловых расчетов, закладывавшие основы теории проектирования ракет. И главное: истори-

ческий полет 17 августа ознаменовал рождение в СССР новой области машиностроения.

Новые экспериментальные жидкостные ракеты, появившиеся в РНИИ, к 1941 г. достигли дальности более 20 км, а в послевоенный период, когда в стране была создана мощная ракетостроительная промышленность, дальность их полета стала неограниченной. Таким образом их создатели, талантливые инженеры и конструкторы помогли предотвращению надвигающейся на СССР угрозы новой войны и ускорили освоение космического пространства.

Ю. В. БИРЮКОВ,  
зав. историческим сектором  
ЦНИИмаш

## Информация

### Сюрприз Эль-Ниньо

Прошло несколько десятилетий с тех пор, как океанологи, метеорологи и климатологи идентифицировали явление Эль-Ниньо — крупномасштабное потепление вод в тропических районах Тихого океана и атмосферы над ними, приводящее к катастрофическим последствиям даже в отдаленных областях. Повторяющееся обычно раз в три—четыре года Эль-Ниньо резко изменяет направление морских течений, вызывает засуху в обычно влажных местностях Индонезии и Австралии, нарушает сложившуюся тысячелетиями систему муссонов в Индии и Восточной Африке, приводит к возникновению штормов у берегов многих тихоокеанских островов и к проливным ливням в пустынях западного побережья Южной Америки.

Как правило, каждое Эль-Ниньо охватывает период длительностью не более полутора лет. Последние его появления в 1986 и 1991 гг. были со значительной точностью и с заблаговременностью в несколько меся-

цев правильно предсказаны научным сотрудником Геологической обсерватории им. Ламонта и Доэрти при Колумбийском университете (Палисейдс, штат Нью-Йорк, США) Стивеном Зебиаком. Затем он и его коллега Марк Кейн дали правильный прогноз, согласно которому в 1990 г. Эль-Ниньо не будет. Казалось бы созданные ими математические модели Эль-Ниньо верны. Однако весной 1993 г. это мнение было опровергнуто.

Согласно данным, собранным Центром климатологического анализа США (штат Мэриленд), в конце 1990 г. внезапно началось новое потепление тропической области Тихого океана. К началу 1992 г. оно, казалось, достигло апогея и резко прекратилось в середине того же года. Вместо ожидавшегося «затишья» в ноябре 1992 г. появились признаки ярко выраженного Эль-Ниньо. На реках маловодной южной части штата Калифорния возникли неожиданные паводки, некоторые реки вышли из берегов, затопив населенные пункты (были даже человеческие жертвы). В Андах прошли ливневые осадки и случились катастрофи-

ческие наводнения, от которых в апреле 1993 г. только на территории Колумбии погибло около ста человек и нанесен значительный ущерб экономике.

По мнению Гранта Бигга (Норич, Великобритания), сейчас возникли условия, аналогичные тем, которые наблюдались с 1939 по 1941 г. Тогда «неопознанное» еще учеными Эль-Ниньо охватило необычно длительный период, вызвав засуху и страшный голод в Бенгалии (ныне — Республика Бангладеш и крайний северо-восток Индии), от голода погибли миллионы людей...

Не исключено, что нынешняя интенсификация Эль-Ниньо связана с глобальным потеплением. Начальным эпизодом Эль-Ниньо всегда бывает накопление необычно разогретых вод в западной акватории Тихого океана. Сейчас оно стало более вероятным, чем в минувшие десятилетия. Если верна такая гипотеза, то, быть может, возросла возможность возобновления или продления Эль-Ниньо.

New Scientist, 1993, 138, 1872.

# Любительская астрономия

## Сбор юных астрономов

5—8 апреля 1993 г. в Москве проходила Международная научно-практическая конференция старшекласников «Наука. Природа. Человек». Это мероприятие проводили Московский городской Дворец творчества детей и юношества и Юношеское научно-техническое общество «Поиск». Конференция охватывала различные области человеческой деятельности: от математики и радиоэлектроники до археологии и литературоведения. Весьма многочисленной оказалась секция астрономии и космонавтики. Буквально через несколько дней, в канун Дня космонавтики 12 апреля, Отдел астрономии Дворца и МНКЦ «Космофлот» провели молодежные космические чтения.

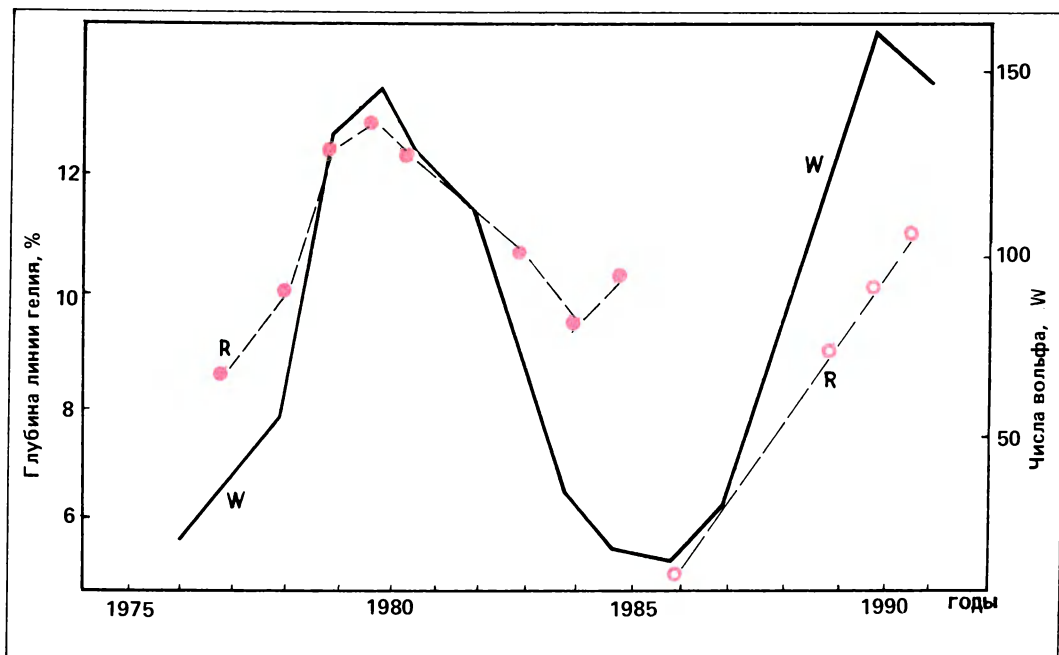
Участники конференций заслушали почти 40 докладов по астрономической и космической тематике. Кроме докладов молодых любителей астрономии Москвы, Калуги, Железнодорожного были работы из Украины, Беларуси, Молдовы, Польши, Италии. Жюри, состоящее из специалистов Московского педагогического университета, Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга и Института геохимии Академии наук, наградило премиями пять докладов и рекомендовало более десятка работ к опубликованию в научных журналах. Несколько исследований были отмечены как возможные к практическому применению. В этом году в работах юных астрономов значительно больше внимания уделено анализу полученных наблюдательных данных, тогда как раньше преобладала лишь констатация фактов наблюдений.

Первая премия присуждена **О. Алашки-**

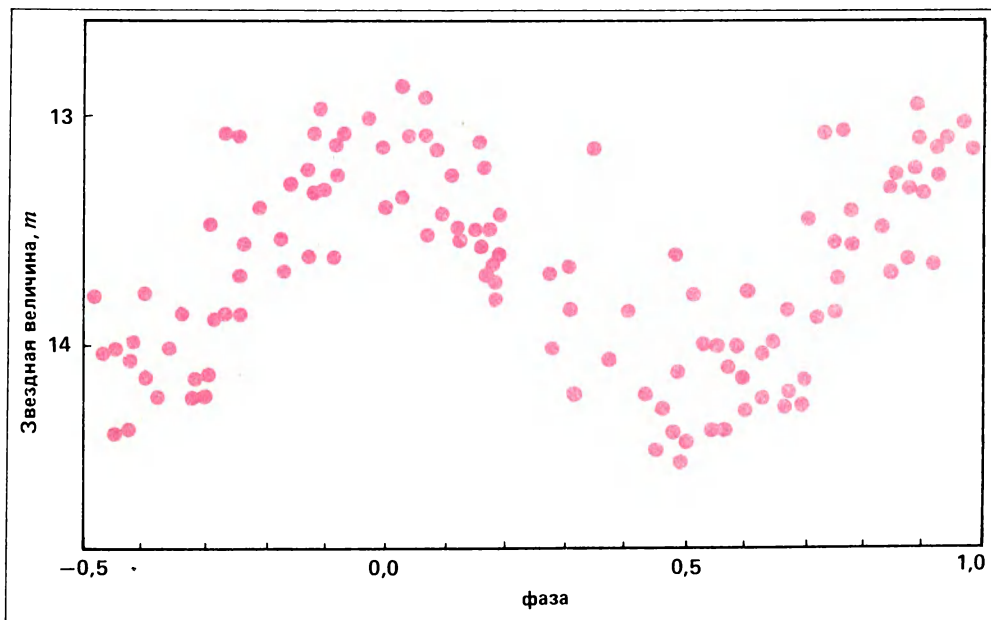
**ной** из коллектива «Вега» (г. Железнодорожный, Московской области). Ольга провела трудоемкую обработку фотометрических измерений спектра Солнца. Наблюдения производились на горизонтальном телескопе ( $F=15$  м,  $D=100$  мм), приемником света в котором служил фотоумножитель ФЭУ-62.

Ранее было замечено, что линия гелия в инфракрасной области спектра ( $\lambda=10830,3$  Å) меняет свою глубину в зависимости от 11-летнего цикла солнечной деятельности. С 1986 по 1991 гг. для проверки этого эффекта в Кучинской обсерватории велись длительные наблюдения (несколько сот регистраций в год). **О. Алашкина** разработала аналого-цифровой преобразователь и пакет программ, позволяющий осуществлять вычисления на ЭВМ. Результаты обработки данных наблюдений показали, что глубина линии гелия увеличивается вместе с возрастанием активности Солнца и неплохо согласуется со среднегодовыми числами Вольфа.

Вторые премии получили две работы по физике Солнца, выполненные киевскими школьниками, членами Малой академии наук — **А. Ревенко** и **В. Прокурашко**. Наблюдения проводились на первоклассных инструментах под руководством астрономов-профессионалов. В основе исследований **Алексея Ревенко** — наблюдения на башенном солнечном телескопе ГАИШ. Были получены спектрогелиограммы Солнца в спектральных линиях ионизованного кальция H и K, а также спектры излучения пятен, вспышек, факелов. Измерив контуры линий различных химических элементов (водорода, железа и др.),

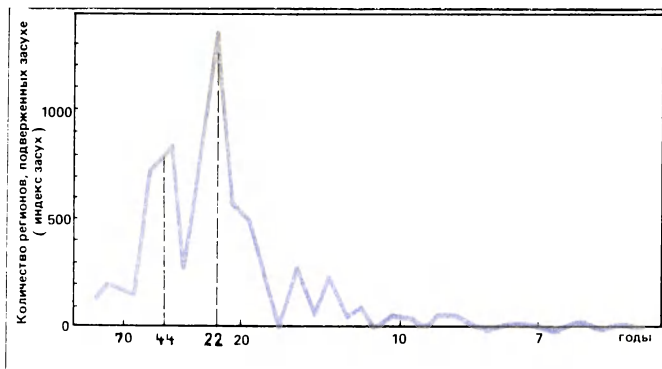


Изменения глубины линии гелия в солнечном спектре в зависимости от значений чисел Вольфа (Работа О. Алашкиной)



Оценки блеска открытой в 1992 г. переменной звезды в созвездии Геркулеса. Период 225,5 сут. принят за 1,0

(Работа В. Птушенко)



Периодограмма индекса засух Северной Америки, полученная по срезам деревьев. Солнечная активность характеризуется суммарными числами Вольфа, а засухи — числом пострадавших в данный год регионов. Отчетливо обнаруживается, что максимумы индекса засух приходятся на 22 и 44 года (Работа К. Костюхина, Д. Иванова и А. Алексеева)

школьник определил скорость движения газа, температуру вещества, напряженность магнитного поля и другие характеристики образований на Солнце. Владимир Прокурашко наблюдательный материал получил на горизонтальном телескопе обсерватории Киевского университета. Его исследование посвящено изучению спектров солнечных вспышек. Известно, что при

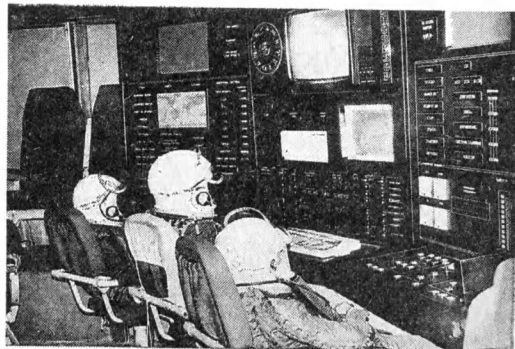
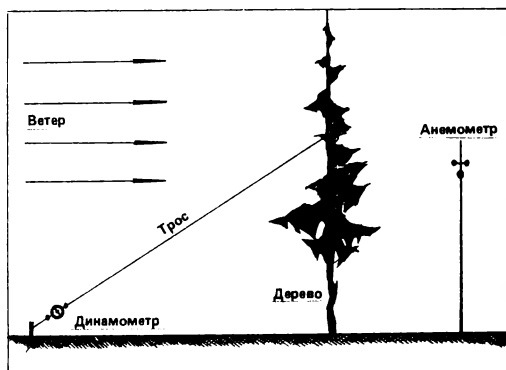
вспышках резко усиливается интенсивность излучения водорода, кальция, гелия и некоторых металлов. Особая ценность данной работы в том, что докладчику посчастливилось изучать вспышку на лимбе Солнца, т. е. там, где ее излучение не было «загрязнено» свечением фотосферы. Обработка данных определила температуру (5300—8000 К), турбулентные скорости

Схема определения аэродинамических свойств деревьев в районе падения Тунгусского метеорита

(Работа В. Птушенко, Н. Пескова, Н. Михайлова и др.)

Между заседаниями делегаты конференции могли принять участие в «космическом полете» на Космовизоре отдела астрономии и космонавтики Дворца творчества детей и юношества

(Фото В. В. Чичмаря)





газа (35—75 км/с), энергию ( $7 \cdot 10^{26}$  эрг), протяженность ( $8 \cdot 10^4$  км) и другие интересные характеристики.

Жюри отметило также несколько докладов, посвященных переменным звездам — традиционному объекту начинающих астрономов. **А. Савенков** (Москва) работал с фотоснимками звезд, полученными на 40-сантиметровом астрографе ГАИШ. Методом Нейланда-Блажко сделана серия оценок блеска полуправильной звезды красного гиганта КВ Ящерицы и после довольно сложной статистической обработки найдены период 206 сут, блеск в максимуме  $14,6^m$  и минимуме  $16,3^m$ .

**Василий Птушенко** (Москва) также использовал материалы фототеки ГАИШ. Он изучал изменение блеска открытой в 1992 г. новой переменной звезды в созвездии Геркулеса. Тщательные промеры пластинок позволили определить кривую блеска, классифицировать звезду и найти ее период (225,5 сут). Для объектов такого типа существует определенная зависимость между периодом и светимостью. Поэтому, зная видимую звездную величину, можно найти и расстояние до звезды. В данном случае оно получилось равным 10 кпк.

Симферопольские любители астрономии давно известны своими квалифицированными наблюдениями метеоров. Представитель этого коллектива **Ольга Дейнега** посвятила свой доклад определению радианта и структуры метеорного роя Персеид, одного из самых обильных ежегодных метеорных потоков. Пик его активности приходится на 10—13 августа, а сам поток порожден кометой Свифта-Туттля. Многолетние (1956—1991 гг.) визуальные и фотографические наблюдения свидетельствуют, что радиант потока имеет поперечник более  $10^\circ$  с несколькими центрами. Детальное рассмотрение позволило сделать вывод, что такую структуру можно объяснить полый тороидальной формой метеорного роя.

Вызвало интерес сообщение москвича **Алексея Моисеева**, рассмотревшего оригинальную модельную задачу. Он предположил, что близ орбиты Земли по другую сторону от Солнца находится некая гипотетическая планета. Можно ли обнаружить ее, если она движется по эллиптической орбите? Рассчитав отклонения гипотетической планеты от линии «Земля — Солнце», автор определил, что заметить планету

рядом с Солнцем весьма проблематично, но возможно, если попытаться найти ее во время весенних и осенних солнечных затмений.

На конференции затрагивались также чрезвычайно актуальные сейчас проблемы экологии. Внимание участников привлекло сообщение **Константина Костюхина, Дмитрия Иванова и Александра Алексева** — участников Московского семинара «Проблема засух» (проводится в отделе астрономии Дворца творчества совместно с учеными различных дисциплин). Эта комплексная проблема включает много факторов: погоду, осадки, подземные воды, состояние атмосферы и океана, засоление почвы и др. Для астрономов особый интерес представляют солнечно-земные связи. Удалось четко показать, что сложная периодичность засух и цикличность солнечной активности очень тесно связаны.

Уже несколько лет Московский дворец творчества детей и юношества направляет экспедиции в район Тунгусской катастрофы, произошедшей в 1908 г. Загадка Тунгусского метеорита, вероятно, занимает рекордное место по количеству нерешенных вопросов по многим отраслям знаний: астрономии, физики, химии, биологии и т. д. В прошлом году кружковцы **В. Птушенко, Н. Песков, Н. Михайлов** и др. провели интересные исследования ветровых нагрузок на деревья в районе Тунгусской катастрофы. Необходимо было выяснить, какую нагрузку создает воздушный поток определенной скорости на местные сосны и лиственницы, т. е. найти коэффициент сопротивления кроны. Отсюда можно сделать некоторые выводы о силе ударной волны Тунгусского взрыва, вывалившего в 1908 г. деревья на площади 2 тыс. км<sup>2</sup>. Для этого к стволу прикреплялся динамометр, измеряющий силу, действующую на дерево. Одновременно с помощью анемометра регистрировалась скорость ветра. При этом измерялись и параметры дерева.

Подобные конференции (следующая — весной 1994 г.) интересны не только членам и руководителям астрономических кружков, но и профессиональным ученым, которые ищут способных молодых учеников.

И. Т. ЗОТКИН,  
В. В. ЧИЧМАРЬ

## **«Галактический двигатель» и еще одна гравитационная линза**

Космический телескоп им. Э. Хаббла (КТХ), уже более трех лет находящийся на околоземной орбите, шлет на Землю новые изображения небесных объектов. Среди них есть такие, которые пока что ставят астрономов в тупик, а есть и подтверждающие и уточняющие прежние теоретические представления.

Один из таких снимков, возможно, положит конец дискуссиям, вот уже более 30 лет кипящим вокруг природы активных галактик. Верхнее изображение, воспроизведенное на 3-й стр. обложки нашего журнала, — центральная часть эллиптической галактики NGC 4261 из скопления в созвездии Девы. Он сделан широкоугольной планетной

камерой КТХ. На нем отчетливо выделяется образование в форме тора диаметром около 300 св. лет, окружающее ядро. Астрономы из Научного института космического телескопа считают снимок подтверждением того, что в ядре галактики находится черная дыра массой около 10 млн. солнечных. В этой модели холодное непрозрачное темное вещество, собравшись в огромный «бублик» и медленно закручиваясь в спираль, движется к центру масс, разогревается в аккреционном диске и исчезает в черной дыре. В это же время какой-то неизвестный, но чрезвычайно энергичный процесс приводит к выбросу материи в направлениях, перпендикулярных плоскости аккреционного диска. Выбросы (джеты) обладают сильным радиоизлучением и легко регистрируются наземными методами. У PGC 4261 подобные образования были зафиксированы давно. На нижнем изображении эти выбросы (в радиодиапазоне) скомбинированы с оптическим наземным снимком галактики (в центре).

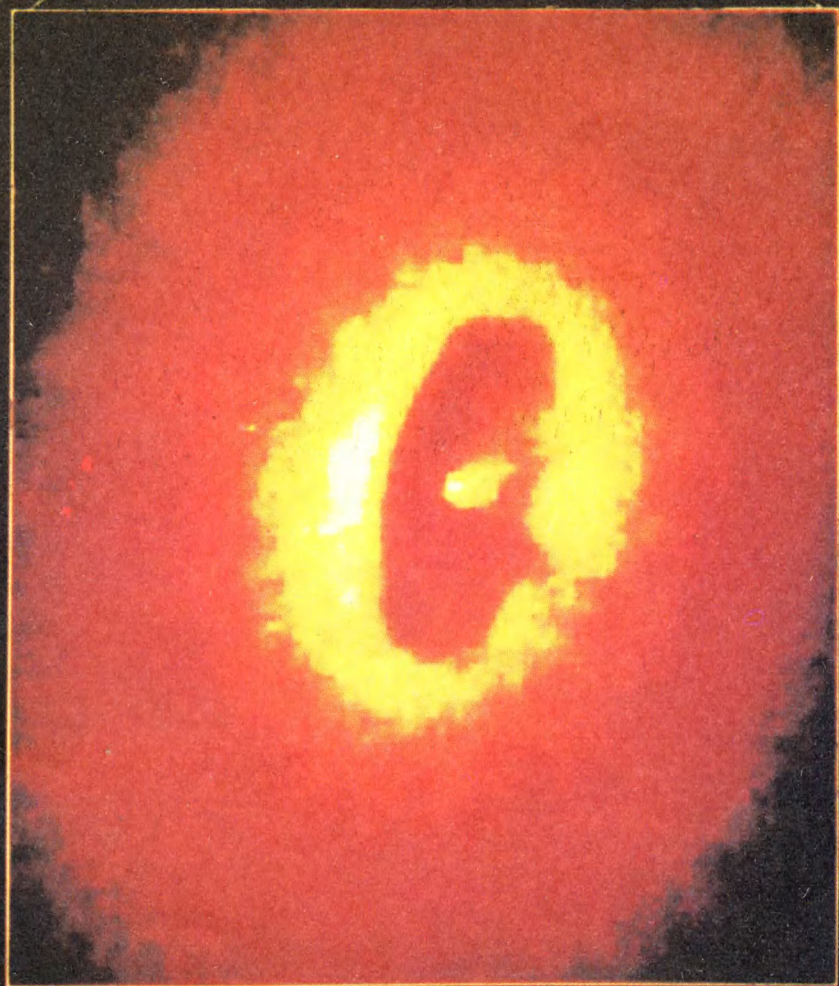
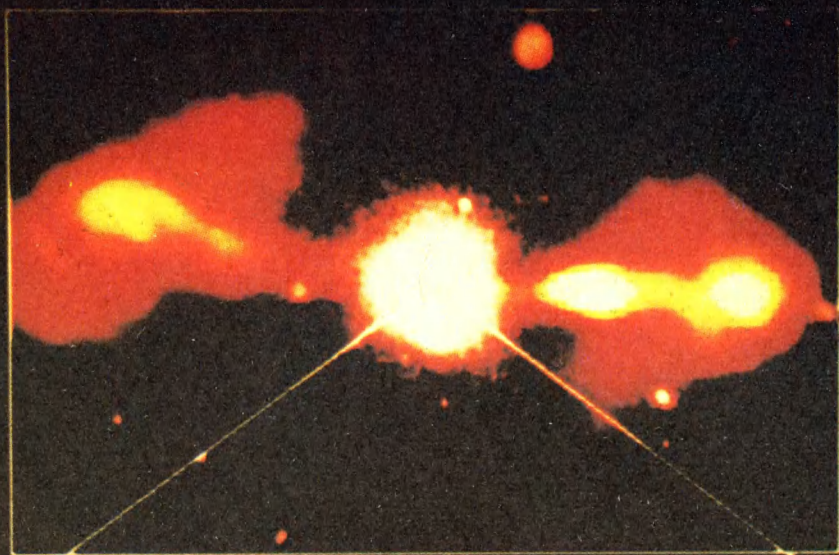
Астрономы подчеркивают, что полученные результаты не могут считаться подтверждением наличия черной дыры в NGC 4261. Это, как полагают, смогут сделать лишь по результатам последующих наблюдений, например, измерений орбитальных скоростей звезд и газа в ее цент-

ральных областях. Они станут возможными лишь после установки новой оптики в спектрографе слабых объектов телескопа, которую произведут американские астрономы в декабре нынешнего года.

Еще одно замечательное изображение (2-я стр. обложки) — наглядный пример «действия» гравитационной линзы. Наблюдая скопление галактик AC 114, астрономы обнаружили два почти идентичных, но зеркальных изображения, разделенных небольшим пространством. Единственно возможное объяснение этому феномену — присутствие здесь «естественного объектива», раздвоенного изображения одной, гораздо более далекой галактики. В качестве такого объектива в данном случае выступает огромное невидимое скопление галактик в 4 млрд. световых лет от Солнца. Изучая это явление, можно составить представление о пространственном распределении и количестве темной материи, которая, как полагают, составляет основную часть массы скопления.

Верхнее изображение получено в результате сложения двух шестичасовых снимков с широкоугольной планетной камерой КТХ, нижнее — наземный снимок.

Spaceflight, 1993, 35, 1, 4  
Sky & Telescope, 1993, 85, 5



16-84



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ЦЕНА 45 руб  
ИНДЕКС 70336