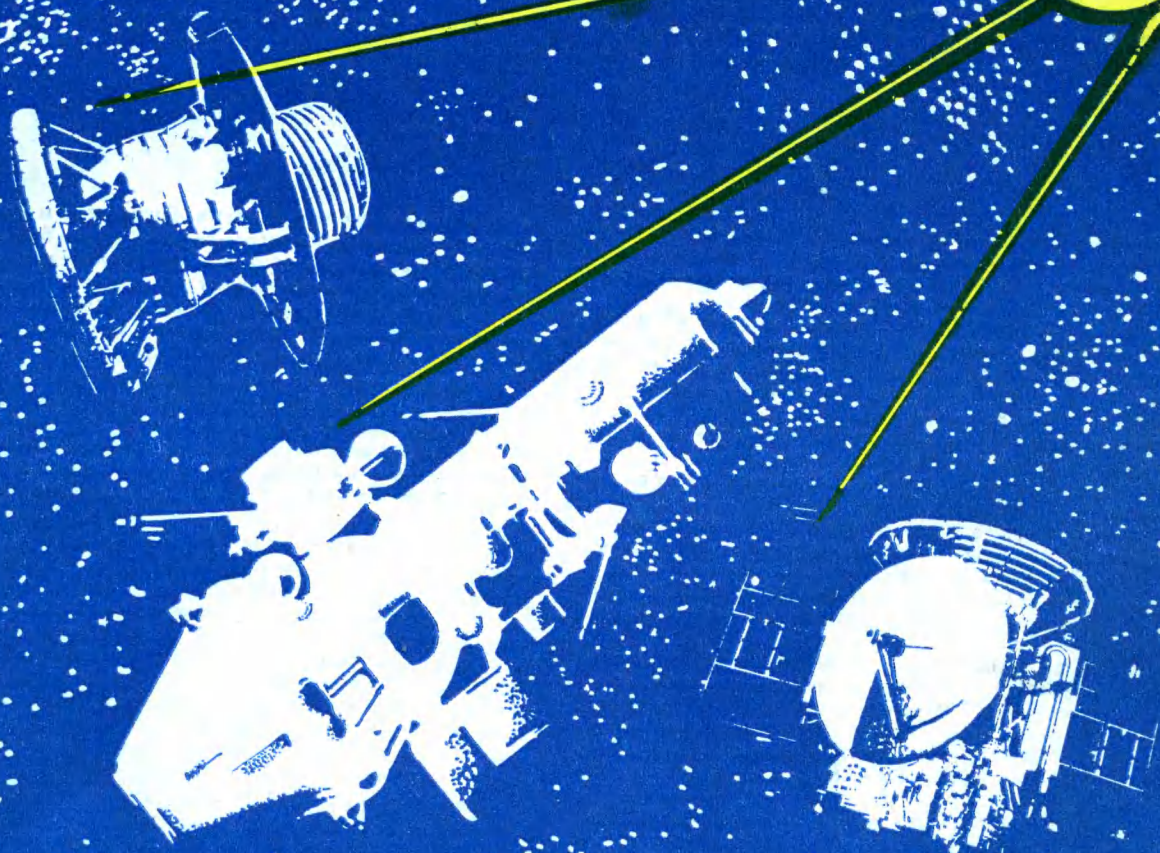


4 октября 1957 г.



5 1981 **ЗЕМЛЯ
И
ВСЕЛЕННАЯ**

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·

К парламентам и народам мира

Обращение Верховного Совета Союза Советских Социалистических Республик

Верховный Совет Союза Советских Социалистических Республик, обеспокоенный возросшей военной опасностью, небывалым размахом гонки вооружений, обращается к парламентам и народам мира.

Верховный Совет СССР выступает с этим обращением, когда исполнилось 40 лет со дня нападения гитлеровского фашизма на нашу Родину. Советский народ склоняет головы перед светлой памятью двадцати миллионов соотечественников, павших в войне. Вторая мировая война принесла неисчислимые бедствия и страдания всему человечеству. Мы глубоко чтим память всех, кто отдал жизнь в борьбе с агрессией, ради мира на земле.

История преподала суровый урок. Слишком дорогую цену заплатили народы за то, что не удалось предотвратить войну, вовремя отвести нависшую угрозу. Нельзя допустить, чтобы трагедия повторилась. Нужно и возможно сделать все, чтобы не допустить новой мировой войны.

Планета и так уже перенасыщена оружием массового уничтожения. Но его наращивание продолжается, создается оружие все более изощренное и губительное. Готовятся площадки для сотен новых ядерных ракет в Западной Европе. Людей хотят приучить к преступной мысли о допустимости применения ядерного оружия.

Нагнетается политическая напряженность. Снова делается ставка на достижение военного превосходства, пущен в ход язык угроз. Открыто выдвигаются претензии на вмешательство в дела других стран и народов. И все это прикрывается грубым вымыслом о «советской военной угрозе».

Верховный Совет СССР торжественно заявляет: Советский Союз никому не угрожает, не стремится к конфронтации ни с одним государством на Западе или на Востоке. Советский Союз не добивался и не добивается военного превосходства. Он не был и не будет инициатором новых витков гонки вооружений. Нет такого вида вооружений, который он не согласился бы ограничить, запретить на взаимной основе, по договоренности с другими государствами.

Обеспечение мира было, есть и остается высшей целью внешней политики Советского государства. На это направлена Программа мира для 80-х годов, принятая XXVI съездом Коммунистической партии Советского Союза. Она охватывает меры по сокращению как ракетно-ядерного, так и обычного оружия, содержит предложения по урегулированию существую-

щих и предотвращению новых конфликтов и кризисных ситуаций, проникнута стремлением к углублению разрядки и развитию мирного сотрудничества стран всех континентов. Она выражает готовность Советского Союза вести переговоры по всем актуальным вопросам мира и безопасности, с вниманием отнестись к любым конструктивным идеям других государств.

В наш ядерный век диалог, переговоры в одинаковой степени нужны всем, как всем нужен мир, безопасность, уверенность в будущем. Нет сейчас иного разумного способа решать спорные проблемы, как бы остры и сложны они ни были, кроме переговоров. Ни одна имеющаяся возможность не должна быть упущена. Время не ждет!

С каждым потерянным для переговоров днем возрастает риск ядерного конфликта. Откладывается в сторону решение насущных проблем, стоящих перед каждым народом и перед всеми народами. Время не ждет!

В наши дни все те, кто поощряет своими действиями гонку вооружений, дальнейшее накопление в мире средств массового уничтожения людей, ратует за применение силы при решении спорных вопросов между государствами или же просто закрывает глаза на опасность, подстерегающие сегодня мир, фактически подталкивают человечество к бездне.

Верховный Совет СССР обращается к законодательным органам всех стран с призывом решительно высказаться за переговоры, которые имели бы своим результатом недопущение нового тура гонки ракетно-ядерных вооружений,— переговоры честные, равноправные, без каких бы то ни было предварительных условий или попыток диктата.

Верховный Совет СССР рассчитывает на то, что его обращение будет рассмотрено со всем вниманием, какого заслуживает этот самый важный, самый жгучий вопрос современности. Он убежден, что парламенты располагают необходимыми прерогативами и авторитетом, чтобы эффективно добиваться обуздания гонки вооружений и разоружения на путях переговоров. Со своей стороны Верховный Совет СССР будет и впредь вносить свой вклад в создание такой атмосферы, которая способствовала бы достижению в итоге переговоров положительных результатов.

Мир — общее достояние человечества, а в наше время — и первейшее условие его существования. Только совместными усилиями он может и должен быть сохра-

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

5 СЕНТЯБРЬ
ОКТАБРЬ
1981

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

Котельников В. А.— Двадцать лет полетов человека в космос . . .	3
Феоктистов К. П., Марков М. М.— Эволюция «Салютов» . . .	10
Брюханов В. Н.— Геологическая структура территории СССР из космоса	17
Брауде С. Я.— Дециметровая радиоастрономия	24
Шкловский И. С.— Взрывающиеся звезды и их остатки	32
Римша М. А.— «Интеркосмос-21»	39
Казимировский Э. С., Соломатина Э. К.— Ионосфера Земли	42
Родионова Ж. Ф.— Поверхности галилеевых спутников Юпитера	47

ЛЮДИ НАУКИ

Прищепа В. И.— Николай Иванович Кибальчич	51
Пасечник И. П.— Юрий Владимирович Ризниченко	54

ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

Лазарева А. П.— Сейсмической станции «Пулково» — 75 лет	59
---	----

ЭКСПЕДИЦИИ

Зоненшайн Л. П.— Палеоокеанологические исследования на Урале	63
--	----

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

Раушенбах Б. В., Меркулов И. А.— Золотой юбилей ГИРДа	67
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Ковязин Е. И.— Гид для рефрактора	72
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Тихонов А. Н.— Освоение космоса	75
Феодосьев В. И.— Творческое наследие С. П. Королева	77

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Славной годовщине посвящается [2]; Первые лауреаты медали имени Ю. А. Гагарина [9]; Пылинки в лучах молодого Солнца [22]; Антипротоны в космических лучах [23]; Радиогало пульсаров [23]; Сверхновая в галактике NGC 4536 [38]; Вспышка Сверхновой в радиодиапазоне [38]; Природа кометных пылинок [41]; Вечер памяти М. В. Келдыша [58]; Рейсы «Гломара Челленджера» [62]; Новое научно-исследовательское судно [66]; Цунами зарегистрировано в открытом океане [66]; Наблюдения Персеид [73]; Новые книги [71, 76, 77]; Книги 1982 года [79].



Славной годовщине посвящается

12 апреля 1961 года Юрий Алексеевич Гагарин совершил один из самых выдающихся подвигов землян — первый полет в космос. Торжественно отмечали эту славную годовщину. Ей был посвящен симпозиум по истории ракетно-космической науки и техники, который состоялся в Московском Доме ученых в конце марта 1981 года. Открыл симпозиум вице-президент Академии наук СССР, председатель Совета «Интеркосмос» при АН СССР, академик В. А. Котельников. С сообщениями выступили видные советские ученые, космонавты, иностранные гости. Среди членов президиума были все космонасты братских социалистических стран, которые ко дню открытия симпозиума уже побывали в космосе.

В канун двадцатилетия полета Ю. А. Гагарина в Москве открылся

мемориальный Музей космонавтики. В числе его экспонатов образцы космической техники, оригиналы документов, личные вещи космонавтов. Главный зал сродни образу космического корабля. Проходя вдоль него, посетители видят экспонаты как бы через иллюминаторы.

В Центральном доме работников искусств в апреле 1981 года можно было посетить выставку картин художников А. К. Соколова и А. А. Леонова. Тема выставки — космос. О художниках академик В. А. Амбарцумян сказал так: «Через картины человека, побывавшего вне Земли, космонавта Алексея Леонова и художника-фантаста Андрея Соколова эти впечатления становятся общим достоянием». К двадцатилетию полета Ю. А. Гагарина издательство «Молодая гвардия» выпустило аль-

бом работ А. А. Леонова и А. К. Соколова «Жизнь среди звезд».

Одиннадцатые Гагаринские чтения также были посвящены 20-й годовщине первого пилотируемого полета в космос. Открыл их академик А. Ю. Ишлинский. Воспоминаниями о тех незабываемых днях поделился Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Г. С. Титов. О профессии космонавта рассказал начальник Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Г. Т. Береговой. Самой длительной экспедиции на станции «Салют-6» посвятил свое выступление один из ее участников, Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Л. И. Попов. С докладами выступили: «О ракетно-космической технике» — академик В. П. Мишин, «Космическая медицина и здравоохранение» — заместитель министра здравоохранения СССР А. И. Бурназян, «Некоторые проблемы современной космической технологии» — академик В. С. Авдучевский, «Космогеологические исследования» — директор Всесоюзного объединения «Аэрогеология» В. Н. Брюханов. Академик В. А. Котельников сделал доклад о полетах человека в космос. Ниже публикуется текст этого доклада с небольшими сокращениями.

Космонавты социалистических стран — участницы программы «Интеркосмос» у входа в Московский Дом ученых. В первом ряду слева направо: Бертаган Фаркаш, Фам Туан, Арнальдо Тамайо Мендес. Во втором ряду слева направо: Владимир Ремек, Георгий Иванов, Мирослав Гермашевский, Зигмунд Йен



Фото А. Задикяна

Академик
В. А. КОТЕЛЬНИКОВ



Двадцать лет полетов человека в космос

12 апреля 1961 года произошло событие всемирно-исторического значения — советский гражданин, коммунист Юрий Алексеевич Гагарин на космическом корабле «Восток» совершил первый в истории человечества рейс в космос. Всего три с половиной года потребовалось нашей стране, чтобы после запуска первого в мире искусственного спутника Земли подготовить и осуществить первый полет человека за пределы атмосферы.

Полет Ю. А. Гагарина не только показал, что человек может жить и работать в новой среде обитания — в невесомости, но и доказал, что продолжительность полета может быть увеличена.

Уже через четыре месяца после Ю. А. Гагарина космонавт Г. С. Титов совершил космический полет продолжительностью свыше суток. Затем последовали групповой полет А. Г. Николаева и П. Р. Поповича, первый полет в космос женщины — В. В. Терешковой, первый выход в открытое космическое пространство А. А. Леонова, стыковка кораблей в космосе, создание экспериментальной орбитальной станции из двух космических кораблей, а затем — орбитального научного комплекса.

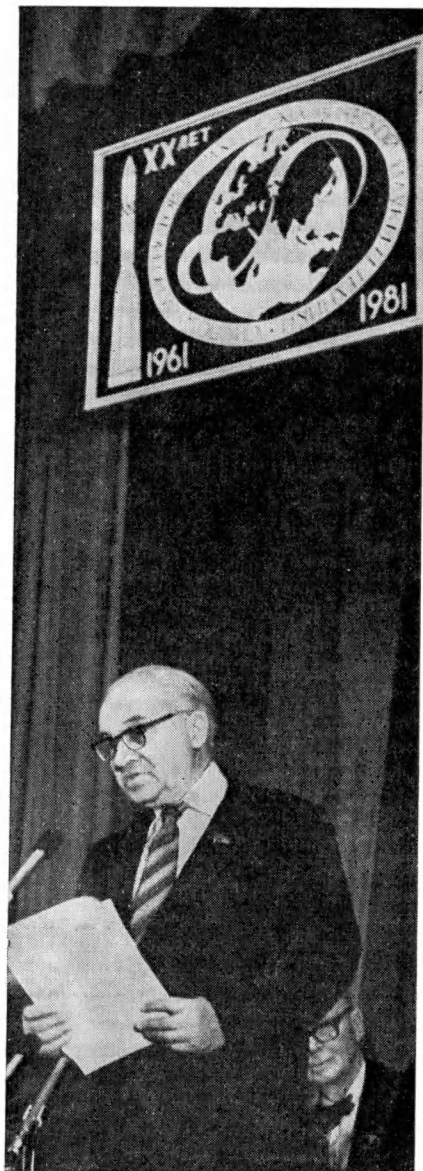
Эти выдающиеся достижения стали возможны благодаря тому, что в Советском Союзе усилиями партии и народа была создана мощная и хорошо организованная промышленность, выросли квалифицированные кадры рабочих и техников, инженеров и конструкторов, а советская наука достигла высокого уровня и по многим направлениям заняла ведущее место в мире. Во главе научно-

исследовательских и опытно-конструкторских организаций — создателей ракетно-космической техники — стояли крупные ученые, выдающиеся конструкторы, талантливые организаторы производства — славная плеяда специалистов, воспитанных Коммунистической партией.

Гениальный русский ученый К. Э. Циолковский, заложивший теоретические основы космонавтики, придавал особое значение полетам человека в космос. Его труды вдохновили замечательных энтузиастов, которые в трудные годы первых пятилеток своим самоотверженным трудом подготовили последующие успехи. Фундамент наших будущих достижений в космосе закладывался в ГДЛ, ГИРДе и РНИИ.

Неоценим вклад в развитие космической техники Главного конструктора первых искусственных спутников Земли, а в дальнейшем автоматических межпланетных станций и пилотируемых космических кораблей академика С. П. Королева — основоположника практической космонавтики. Его организаторский талант позволил сплотить и направить работу многих научно-исследовательских, конструкторских и производственных организаций, что обеспечило решение важных приоритетных задач космической эры.

В разработку теоретических проблем космонавтики, в решение принципиальных вопросов, касающихся формирования и реализации советской космической программы, в создание новых методов и средств исследования космического пространства очень много внес академик М. В. Келдыш — Главный теоретик



Вице-президент АН СССР,
академик В. А. Котельников
открывает симпозиум

по ракетно-космической технике

Фото А. Задикьяна

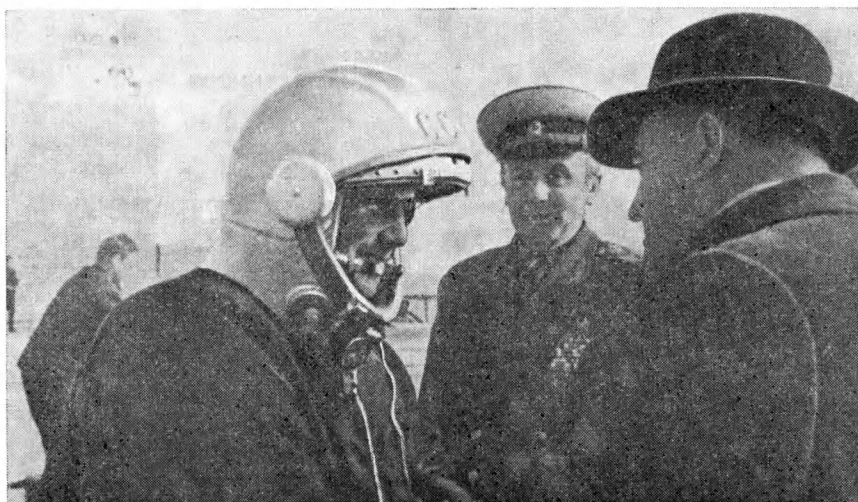
космонавтики. Он отдал этому направлению своей многогранной деятельности много сил и творческой энергии.

Международное сотрудничество нашей страны в области исследования и использования космического пространства неразрывно связано с именем академика Б. Н. Петрова. Под его руководством, в частности, осуществлялось сотрудничество социалистических стран в области космических исследований по программе «Интеркосмос».

Что характерно для развития пилотируемых космических полетов за прошедшие двадцать лет?

Во-первых, непрерывное увеличение продолжительности полетов. 108 минут — длительность полета Юрия Гагарина, 185 суток — самый длительный в истории космонавтики полет Л. И. Попова и В. В. Рюмина. Увеличение времени космических полетов вызвано многими причинами. Одна из них — необходимость летать дольше, чем продолжается период адаптации к невесомости. Как показала практика космических полетов, острый период адаптации, — как правило, неделя, общий — около 30 суток. После этого космонавт способен работать на орбите наиболее эффективно. Затем надо было выяснить, как влияет на организм человека длительное пребывание в космосе, чтобы понять процессы, происходящие в человеческом организме. И, наконец, надо было разработать мероприятия, облегчающие человеку пребывание в космосе и переход из космоса к земным условиям — реадaptацию.

Во-вторых, за это время произошло значительное изменение и расширение функций космонавта в полете. Полет Ю. А. Гагарина ознаменовал появление на Земле новой профессии — профессии летчика-космонавта. Но если в первых полетах космонавты прежде всего должны были управлять новым и сложным летательным аппаратом и наблюдать за своими ощущениями, то в дальнейшем перед ними ставили более серьезные задачи. С годами усложнялась космическая техника, орбитальные станции оснащались все



Главный конструктор ракетно-космических систем Сергей Павлович Королев по-отечески напутствовал Юрия Гагарина перед первым космическим стартом

более сложной и разнообразной научной аппаратурой, и космонавт должен был, готовясь к полету, становиться исследователем, ремонтником, монтажником.

Часто в той или иной форме задается вопрос: зачем посылать в космос человека, если это сопряжено с риском и требует создания громоздкого и сложного оборудования для обеспечения его жизнедеятельности и безопасности, не проще ли возложить исследовательские функции в космосе на автоматы? Подобные мнения еще бытуют, а порой возникают и дискуссии на тему: человек или автомат в космосе?

Сейчас спутники-автоматы решают многие задачи. Систематически запускаются спутники-метеорологи, спутники-связисты. Автоматы производят съемку земной поверхности. Автоматы доставили на Землю лунный грунт, посетили Венеру, Марс. Летают в дальний космос, фотографируют там и передают снимки на Землю.

Но человек более универсален, он может выполнять не только заранее предусмотренные программой опе-

рации, он в состоянии мыслить, творить, предлагать новые решения. Поэтому без человека в космосе возможности космических исследований были бы ограничены. Человек может поставить новые задачи перед автоматами, проследить за их работой, отладить их в космосе, сменить на космическом корабле аппаратуру для проведения новых экспериментов, произвести необходимый ремонт. В его силах смонтировать крупные сооружения в космосе, которые нельзя целиком запустить с Земли.

К 6 апреля 1981 года 101 человек побывал в космосе: 50 советских космонавтов, восемь из социалистических стран и 43 астронавта из США.

У нас было запущено 48 пилотируемых космических объектов — «Востоков», «Восходов», «Союзов», «Союз Т» и шесть научных орбитальных станций «Салют». Особый успех выпал на долю научной станции «Салют-6», которая вот уже более трех с половиной лет нормально функционирует на околоземной орбите. Создание и успешная работа этой станции и на ее основе — орбитального научно-исследовательского комплекса «Салют-6» — «Союз» — «Прогресс» — выдающееся достижение отечественной науки и техники, открывшее новую главу в освоении космоса, новый этап в развитии мировой космонавтики (Земля и Вселенная, 1978, № 5, с. 8—12, 12—17.— Ред.).

Среди многочисленного научного оборудования на станции работают уникальные крупногабаритные приборы и инструменты — субмиллиметровый телескоп БСТ-1М с охлаждением чувствительных элементов до температуры жидкого гелия (около 4К) и многозональная фотоаппаратура МКФ-6М, разработанная специалистами Советского Союза и ГДР (Земля и Вселенная, 1977, № 2, с. 10—15.— Ред.). Общая масса только этих двух приборов больше 820 кг. На станции проводились также исследования с помощью малогабаритного гамма-телескопа «Елена-Ф» (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 30—33.— Ред.) и космического радиотелескопа КРТ-10 с зеркалом диаметром 10 м. Это был первый радиотелескоп таких размеров, работавший в космосе. Он послужит прообразом следующих поколений космических радиотелескопов (Земля и Вселенная, 1980, № 4, с. 2—9.— Ред.).

Запущенная 29 сентября 1977 года станция «Салют-6» из 3,5 лет более полутора лет использовалась в пилотируемом режиме. За это время на ее борту работали четыре дли-



*Ю. А. Гагарин помогал
В. В. Терешковой освоить
профессию космонавта*

*Г. С. Титов
с друзьями-летчиками*

тельные экспедиции продолжительностью 96, 140, 175 и 185 суток и одиннадцать краткосрочных экспедиций, включая восемь международных (Земля и Вселенная, 1981, № 2, с. 6—9, 22—27.— Ред.). Двадцать девять кораблей стыковались со стан-





Кинокадры запечатлели первый выход человека в космическое пространство. Этот подвиг совершил А. А. Леонов

цией, двадцать шесть космонавтов работали на ее борту. И в эти дни на ней несут вахту члены очередной экспедиции — космонавты В. В. Коваленок и В. П. Савиных.

О масштабе громадной исследовательской работы на станции «Салют-6» можно судить по следующим цифрам: многозональной фотоаппаратурой с борта станции было сделано около 9500 снимков в шести спектральных диапазонах, что в совокупности составляет около 57 000 снимков. Более 200 снимков получили космонавты топографической камерой высокого разрешения и около 300 снимков малоформатными фотоаппаратами.

Космическая фотоинформация используется сотнями организаций нашей страны, и это дает ощутимый технико-экономический эффект. Например, при сейсмическом районировании территории Сибири на основе космической информации был уточнен и снижен показатель сейсмичности одного из районов. Это позволило значительно уменьшить затраты на строительство промышленных и гражданских сооружений.

Другой пример из практики Государственного комитета СССР по лесному хозяйству. Новый метод инвентаризации резервных лесов Сибири и Дальнего Востока, использующий материалы космических съемок, позволил коренным образом изменить существующую методику. Трудоемкость работ по инвентаризации лесов снизилась в 5—6 раз, достигнута более высокая точность определения лесных ресурсов. Из космоса оценивается предпожарная обстановка и динамика развития очагов загорания, что, естественно, помогает в борьбе с огнем (Земля и Вселенная, 1980, № 4, с. 42—47.— Ред.).

В Таджикской ССР по материалам космической съемки обнаружено бо-



*Зачет перед полетом сдан!
В. В. Рюмин (слева) и Л. И. Попов*

лее десятка геологических аномалий, указывающих на места перспективных наземных работ для поиска нефти и газа. Из первой поисково-разведочной буровой скважины уже получен приток нефти. Подсчитано, что затраты на поиск нефти и газа космическими методами в 30—40 раз меньше, чем традиционными.

Практика показывает высокую эффективность применения космической фотоинформации в интересах сельского хозяйства. В 3—4 раза сокращаются сроки создания почвенных и кормоботанических карт, в 2—3 раза уменьшаются затраты на их составление. По материалам космической съемки в Таджикистане, например, выявлено 20 000 га летних пастбищ, не используемых в настоящее время.

Еще один пример высокой эффективности визуальных наблюдений с орбиты и применения их в народном хозяйстве. Как известно, введение 200-мильных прибрежных зон, в которых запрещен лов рыбы, значительно сократило число традиционных районов лова и сместило промысел в открытый океан. Это затруднило работы по обнаружению косяков рыбы и в ряде случаев привело к недостаточно эффективному использованию рыболовецких судов. Поэтому перед космонавтами В. В. Коваленком и А. С. Иванченковым была поставлена задача наблюдать за возможными скоплениями промысловой рыбы по цветовым контрастам поверхности океана. Результаты наблюдений оперативно передавались через Центр управления полетом и организации Министерства рыбного хозяйства СССР промысловым судам.

Эта работа была продолжена членами следующей экспедиции на «Салюте-6» — космонавтами В. А. Ляховым и В. В. Рюминым, которые наблюдали также за зонами скопления планктона и другими океанологическими и биологическими параметрами. В результате удалось более рационально использовать суда и увеличить улов рыбы.

Космическая фотоинформация уже сегодня дает экономический эффект, исчисляющийся сотнями миллионов рублей в год.



Район полуостровов Бузачи и Мангышлак (снимок сделан В. В. Коваленком и А. С. Иванченковым). Снимок используется геологами при поисках нефти и газа и для планирования природоохранных мероприятий

В ходе технологических экспериментов в электронагревательных установках с программным управлением «Сплав» и «Кристалл» на «Салюте-6» получено около 300 образцов различных материалов, в том числе полупроводниковых, в которых заинтересованы многие отрасли промышленности. Около 200 образцов покрытий создано методом испарения и конденсации в условиях

космического вакуума и невесомости. Исследования по космическому материаловедению имеют большое практическое значение. Они позволяют выявить основные закономерности образования материалов в условиях микрогравитации и оценить влияние гравитации на физические и химические процессы и отработать технологические режимы получения материалов в космосе. Некоторые технологические эксперименты на «Салюте-6» проводились для того, чтобы оценить возможность организации производства материалов с уникальными свойствами в условиях орбитального полета. В частности, были получены полупроводники, весьма перспективные для использования их в ка-



От имени Советского правительства соглашение о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях по программе «Интеркосмос» подписал президент АН СССР, академик А. П. Александров

честве детекторов инфракрасного излучения и в лазерных устройствах с перестраиваемой частотой.

Для исследования процессов в атмосфере и совершенствования наблюдений земной поверхности с помощью спектроскопической аппаратуры станции «Салют-6» было получено почти 100 000 спектрограмм. Более 70 различных направлений охватывала медико-биологическая программа. Около 60 технических исследований послужат дальнейшему совершенствованию космической тех-

ники. Наконец, примерно 500 часов составляют объем проведенных космонавтами визуальных наблюдений.

Начало международному сотрудничеству в области пилотируемых космических полетов было положено осуществлением в 1975 году проекта ЭПАС — экспериментального совместного полета космических кораблей «Союз» (СССР) и «Аполлон» (США). К сожалению, не по нашей вине сотрудничество с США в этой области не получило дальнейшего развития.

В 1976 году Советский Союз выступил с предложением об участии граждан социалистических стран в международных пилотируемых полетах вместе с советскими космонавтами на советских космических кораблях и станциях. Новое предложение

СССР с удовлетворением восприняли в братских социалистических странах. В ходе консультаций представителей стран — участниц программы «Интеркосмос», проходивших в Москве в июле и сентябре 1976 года, была достигнута полная договоренность по всем практическим вопросам, связанным с полетами интернациональных экипажей.

С марта 1978 года по март 1981 года состоялись полеты восьми международных экипажей, в состав которых наряду с советскими космонавтами вошли космонавты — граждане ЧССР, ПНР, ГДР, НРБ, ВНР, СРВ, Республики Куба и МНР (Земля и Вселенная, 1981, № 2, с. 22—27. — Ред.).

Основная задача международных экипажей в космосе — выполнение научных экспериментов, продолжаю-

щих исследования, которые велись в рамках программы «Интеркосмос» с конца 60-х годов. Эти эксперименты готовили совместно ученые и специалисты социалистических стран. В подготовке принимали участие большие научные коллективы и такие всемирно известные промышленные предприятия, как «Тесла» ЧССР и «Карл Цейс Йена» ГДР. Космонавты — члены международных экипажей — выполняли эксперименты и непосредственно по заданиям промышленных предприятий. Например, один из технологических экспериментов был связан с плавкой стекла со сложным составом. Этот эксперимент проводился по заданию стекольного завода «Шотт и Ген» ГДР. По свидетельству специалистов завода, удалось получить улучшенные образцы.

Для выполнения экспериментальных программ полетов ученые социалистических стран создали большое число научных приборов и устройств, отлично зарекомендовавших себя в космосе. Многие из них продолжают использоваться.

В общей сложности международные экипажи выполнили около 120 научных экспериментов в области космической биологии и медицины,

в области космического материаловедения и изучения физических свойств космического пространства, земной атмосферы и поверхности Земли. Полученная информация обрабатывается, осмысливается, а в ряде случаев уже используется для решения насущных «земных» проблем.

Мы находимся только в начале пути освоения человеком космического пространства. На этом пути человечество ждет новые открытия, новые свершения, достижения новых рубежей. Но все это станет возможным при одном непереносимом условии — сохранении мира на Земле. Коммунистическая партия Советского Союза и Советское правительство вопросам сохранения мира уделяют постоянное и самое пристальное внимание. Мир во всем мире был и остается главной внешнеполитической целью нашей партии и правительства. XXVI съезд КПСС, его решения свидетельствуют, что борьбу за углубление разрядки международной напряженности партия рассматривает прежде всего как борьбу за обеспе-

чение советскому и другим народам необходимых условий для выполнения созидательных планов.

Наше научное международное сотрудничество по исследованию космоса с социалистическими и другими странами, принимающими в нем участие, — Францией, Индией, Швецией (Земля и Вселенная, 1979, № 2, с. 54—58; 1980, № 2, с. 51—56; 1981, № 4, с. 61—65. — Ред.), несомненно, будет и дальше полезно всем партнерам и послужит сближению народов и укреплению мира.

XXVI съезд КПСС определил грандиозные планы развития нашей страны на 11-ю пятилетку и на период до 1990 года. Перед советскими исследователями космоса стоят сложные и ответственные задачи. Ученые, конструкторы, инженеры, техники, рабочие, космонавты и впредь будут самоотверженно трудиться над выполнением заданий партии и правительства и приложат все силы, знания и умение, чтобы успешно выполнить пятилетний план, внести свой достойный вклад в общенародное дело строительства коммунистического общества.

Снимки из альбома
«Советская космонавтика»
(издательство «Машиностроение»)

ПЕРВЫЕ ЛАУРЕАТЫ МЕДАЛИ ИМЕНИ Ю. А. ГАГАРИНА

К 20-летию первого полета человека в космос Федерация космонавтики СССР учредила медаль имени Ю. А. Гагарина. По положению этой медали «награждаются ученые, конструкторы, инженеры, летчики-космонавты СССР, граждане СССР за большой вклад в развитие ракетно-космической техники, в осуществление полетов космических летательных аппаратов, в создание и строительство наземных ракетно-космических комплексов, за непосредственное участие в подготовке и запуске пилотируемых и автома-

Медаль
имени летчика-космонавта СССР
Юрия Алексеевича Гагарина





Мать и сын...

тических космических летательных аппаратов, а также лица, проводящие большую общественную работу по пропаганде и распространению научно-технических достижений в области космических исследований».

В апреле 1981 года Федерация космонавтики СССР наградила медалью имени Ю. А. Гагарина ученых, конструкторов, инженеров, всех летчиков-космонавтов СССР, специалистов, внесших наибольший вклад в изучение и освоение космического пространства, а также ряд известных пропагандистов достиже-

ний отечественной космонавтики. В числе первых лауреатов вице-президент АН СССР, председатель Совета «Интеркосмос» академик В. А. Котельников, академики В. П. Глушко, О. Г. Газенко, А. Ю. Ишлинский, В. П. Мишин и другие видные советские ученые. Приятно отметить, что среди первых награжденных мать Юрия Алексеевича — Анна Тимофеевна Гагарина. Эта медаль была вручена ей в Звездном городке на пленарном заседании XI Гагаринских чтений. В положении о награждении медалью сказано, что «по решению Федерации космонавтики СССР медалью имени Ю. А. Гагарина могут награждаться граждане иностранных государств, которые внесли значительный вклад в интересы мира и прогресса, в развитие космической техники, изучение и исследование космического пространства». Поэтому на симпозиуме по ракетно-космической технике, который проходил в Московском Доме ученых, заместитель председателя Федерации космонавтики СССР, вице-президент астронавтической комиссии ФАИ И. Г. Борисенко вручил награды летчикам-космонавтам стран — участниц программы «Интеркосмос» — В. Ремеку (ЧССР), М. Гермашевскому (ПНР), Э. Йену (ГДР), Г. Иванову (НРБ), Б. Фаркашу (ВНР), Фам Туану (СРВ), Арнальдо Тамайо Мендесу (Куба).

Награжденные выразили благодарность советским специалистам, труд которых обеспечил успешное выполнение программы их полетов.

После приземления космических кораблей «Союз-39» и «Союз-40» летчикам-космонавтам Монгольской Народной Республики Ж. Гуррагче и Социалистической Республики Румынии Д. Прунариу в Звездном городке были также вручены медали имени Ю. А. Гагарина.

Ответственный секретарь Федерации космонавтики СССР
А. В. ЧИРИКОВ

Фото А. Задякина

Доктор технических наук
К. П. ФЕОКТИСТОВ
Кандидат технических наук
М. М. МАРКОВ

Эволюция

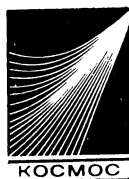
Первая станция «Салют» работала на орбите примерно 6 месяцев. «Салют-6» — уже функционирует около четырех лет. Экипаж «Салюта» летал всего 23 суток, а Л. И. Попов и В. В. Рюмин на «Салюте-6» — более полугода. Для этого пришлось создать новые системы и агрегаты, улучшить характеристики станции и средства обеспечения длительного пребывания человека в космосе. Значительно возрос объем исследований и экспериментов.

СЕМЕЙСТВО ПЕРВЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Непосредственная работа над «Салютами» началась в конце 1969 года. Исследования, проведенные к тому времени, показали: нужно строить орбитальный комплекс, состоящий из станции и транспортных кораблей, которые периодически доставляли бы экипаж и различное оборудование. Станция — базовый блок — должна иметь энергетическую установку, сложные дорогостоящие бортовые системы и научное оборудование, поэтому затраты на ее создание выше стоимости транспортного корабля. Следовательно, экономически оправдано использование станции в течение максимально возможного времени. Эти соображения и были положены в основу проекта.

Для сокращения сроков создания и стоимости первой станции решили использовать как можно больше блоков и отдельных систем косми-

«Салют»



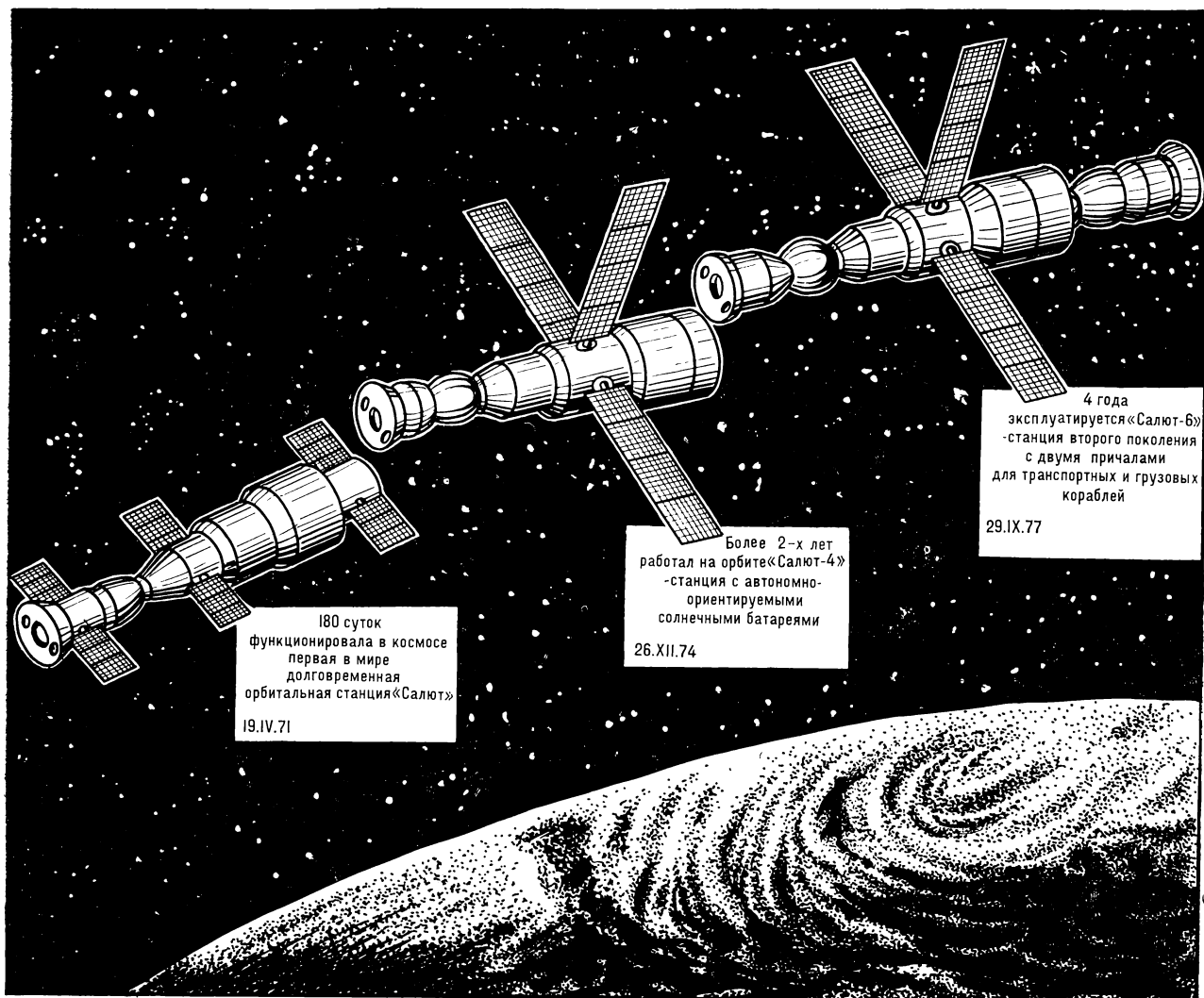
ческих кораблей «Союз», автоматических станций «Зонд» и других объектов, еще находившихся в стадии разработки. Но большинство систем не обеспечивали необходимого ре-

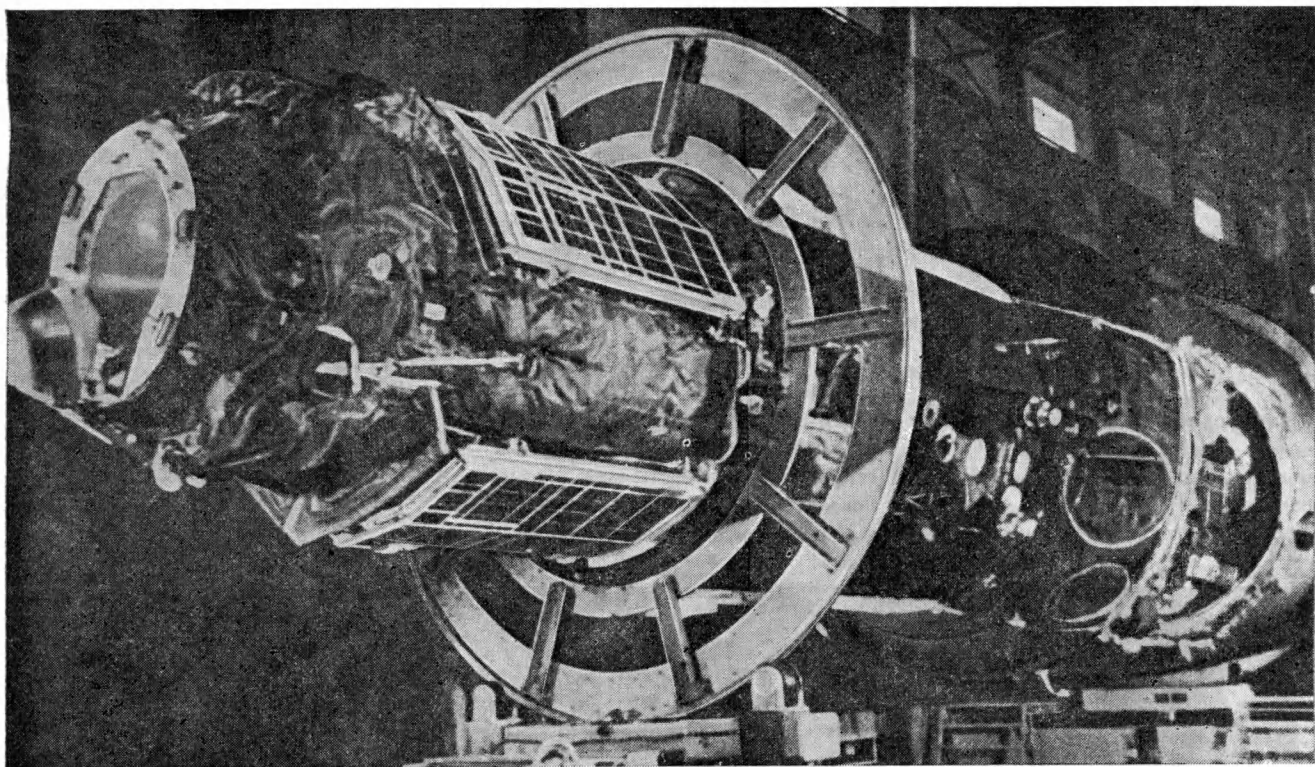
сурса работы и были существенно доработаны, а такие основные системы, как системы обеспечения теплового режима, управления бортовым комплексом, исполнительных ор-

ганов, создавались практически заново.

Немало проблем встретилось и при компоновке станции. На всех пилотируемых космических кораблях, предназначенных для кратковременных полетов, в обитаемых отсеках устанавливалось лишь оборудование, необходимое экипажу для бытовых нужд и выполнения служебных обязанностей. В основном же приборы располагались в других отсеках — приборном и агрегатном. Это было

Орбитальные станции разных поколений. Внизу — даты запуска на орбиту





Первая орбитальная станция «Салют» на заключительном этапе подготовки к полету

необходимо для экономии массы возвращаемого на Землю аппарата и, соответственно, массы парашютной системы.

При разработке длительно функционирующего объекта с человеком на борту требовался иной подход. Конструкция станции должна обеспечивать экипажу не только условия для выполнения различных исследований, но и позволять ему активно вмешиваться в работу бортовых систем, проводить их техническое обслуживание, устранять неисправности. Может возникнуть вопрос: а как же летали в течение нескольких лет такие автоматические аппараты, как «Молния», «Вояджер» и другие? В принципе и станцию можно было бы сделать аналогичным образом, но нужно учитывать следующее. На «Салюте» различных блоков и механизмов намного больше, чем на других космических аппаратах. В связи

с этим повышалась вероятность появления неисправностей. Неоднократное дублирование всех элементов привело бы к увеличению массы. Отсутствие экипажа на борту позволяло повысить надежность более простым способом — путем восстановления работоспособности наиболее важных элементов в процессе эксплуатации. Поэтому экипаж и большую часть оборудования разместили в едином гермообъеме — **рабочем отсеке** станции. Это был компромисс, обеспечивающий приемлемые условия для работы и жизни экипажа и оптимальное размещение более 1000 блоков общей массой около 4 т.

Переходной отсек стал причалом для транспортных кораблей. В агрегатном негерметичном отсеке расположили двигательные установки, научную аппаратуру поместили в специальный отсек. Для работы и отдыха экипажа выделили объем примерно 60 м³, в котором предусмотрели посты управления, места для приема пищи, сна, санитарной гигиены и физических упражнений.

19 апреля 1971 года первая станция «Салют» начала свой испытательный полет. Больше трех недель (с 6 по 30 июня 1971 года) на станции работали Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков, В. И. Пацаев. Но, возвращаясь на Землю, экипаж погиб в результате разгерметизации спускаемого аппарата. Испытание станции в пилотируемом режиме пришлось прервать. В сложившейся ситуации оказалось важно не только повысить безопасность экипажа, но и преодолеть некоторый психологический барьер, чтобы уверенно продолжать полеты человека в космос. Были доработаны отдельные элементы конструкции на корабле «Союз» и станции, предусмотрены скафандры для экипажа, используемые во время выведения на орбиту и спуска на Землю.

Полет «Салюта» показал, что для повышения эффективности будущих станций необходима разработка новых систем и агрегатов. Они постепенно внедрялись и проходили летные испытания на станциях «Салют-2,

-3, -4». Например, расширение программы научных исследований во многом зависело от увеличения мощности системы энергоснабжения. На первой станции «Салют» она составляла не более 2 кВт. При зарядке батарей около 15 часов в сутки уходило на ориентирование на Солнце четырех жестко закрепленных панелей солнечных батарей. В связи с этим для научных исследований оставалось весьма ограниченное время. После установки трех панелей площадью 60 м², автономно ориентируемых на Солнце, максимальная мощность системы энергоснабжения составила 4 кВт. Этого хватало даже для подзарядки батарей пристыкованного транспортного корабля.

Чтобы в автоматическом режиме осуществить экономичную орбитальную ориентацию станции при фотосъемках земной поверхности и длительную стабилизацию в процессе астрофизических наблюдений, разработали систему «Каскад».

Успешные испытания новых систем позволили во время полета станции «Салют-4», которая была выведена на орбиту 26 декабря 1974 года, значительно расширить научную программу — исследовать рентгеновские источники, изучать активные образования на Солнце, регистрировать инфракрасное излучение планет и звезд. Было сфотографировано более 4,5 млн. км² территории СССР. Полученные материалы дали богатую информацию о природных ресурсах страны и уже используются в различных отраслях народного хозяйства. Они помогли открыть месторождение пресной воды в песках Кызылкумов, выявить перспективные районы для разведки нефти.

Станция «Салют-4» проработала на орбите больше двух лет, что, разумеется, вселяло оптимизм. Но дальнейшее увеличение срока функционирования орбитальных станций и длительности пилотируемых экспедиций требовало изменения не только отдельных систем, но и модернизации общей схемы орбитального комплекса. Объяснялось это следующими обстоятельствами. Жесткие ограничения массы и объема станции допускали установку запасов системы



В. И. Севастьянов и П. И. Климук в тренировочном макете станции «Салют-4»

обеспечения жизнедеятельности че более чем на 100-120 суток полета экипажа, состоящего из двух человек. Для продолжительного хранения пищи на борту необходима энергоемкая холодильная установка. Периодически нужно было пополнять запасы топлива. Для поддержания на первоначальном уровне энергетической мощности в течение двух-трех лет работы станции требовались свежие аккумуляторные батареи.

На пределе возможностей находился рабочий ресурс блоков системы телеизмерений, командной радиологии и ряда других систем.

СТАНЦИЯ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Решение этих задач заключалось в периодической доставке на станцию грузов и топлива с помощью специального корабля. Такой корабль смог бы привозить дополнительное научное оборудование. Кроме того, на станции нужно было иметь отдельный причал для обеспечения пристыков-

ки корабля-спасателя в случае аварии на транспортном корабле, доставившем экипаж на станцию. Поэтому в 1973 году, когда «Салют-4 и -5» еще находились в заводских корпусах, конструкторы начали работу над станцией следующего поколения «Салют-6».

Вначале предполагалось установить дополнительный стыковочный узел на переходном отсеке станции. Но это значительно усложнило бы его конструкцию. Несимметричная схема построения орбитального комплекса относительно его продольной оси привела бы к дополнительным затратам топлива при работе системы управления. После детального анализа была выбрана схема с двумя стыковочными узлами, расположенными по торцам орбитального блока. Но при обсуждении проекта станции возникло опасение, что новая схема окажется неработоспособной. И вот почему.

В процессе причаливания очередного корабля ко второму стыковочному узлу мог возникнуть эффект «набегающей волны», распространяющейся по всей длине орбитального комплекса. Вследствие этого нагрузки в первом стыке между станцией

и кораблем превышали бы допустимые в несколько раз. Опасение было достаточно серьезным, оно ставило под сомнение идею создания многоблочного орбитального комплекса на основе уже хорошо зарекомендовавших себя агрегатов стыковки. Решение все-таки нашли. Жесткость между кораблем и станцией обеспечили «затяжкой» стыка основным и резервным комплектами крюков, установленных на активном и пассивном стыковочных агрегатах. Жизнеспособность новой схемы проверялась в январе 1978 года, когда к орбитальному комплексу «Салют-6» — «Союз-26» пристыковался пилотируемый корабль «Союз-27».

Немало пришлось поработать над двигательной установкой, дозаправляемой в полете после стыковки к станции грузового корабля. Принципиально новыми агрегатами тут были топливные баки, компрессоры для предварительной откачки газа из емкостей окислителя и горючего перед их дозаправкой.

«Салют-6» даже трудно сравнить с первой станцией, ибо доработаны почти все служебные системы, а часть введена заново. С целью увеличения срока эксплуатации обеспечена возможность ремонта систем энергоснабжения, телеметрии, телевидения, связи и других. Для ремонтно-профилактических работ в невесомости разработан специальный комплект инструментов. Чтобы повысить безопасность экипажа в полете, введена система контроля негерметичности отсеков, установлены специальные огнетушители, создана система обнаружения пожара. Пополнились средства, обеспечивающие комфортные условия экипажа. Среди них важное значение имело введение душевой установки. Часть систем и элементов конструкции была усовершенствована в целях ликвидации дефицита массы. Наиболее существенной была доработка системы терморегулирования, позволившая снять наружный контур подогрева станции массой около 100 кг. Для обогрева жилого объема стали использовать только тепло, которое выделялось при работе бортовых систем.

Станция нового поколения «Салют-

6», выведенная на орбиту 29 сентября 1977 года, соединила в себе возможности пилотируемого корабля и оснащенной современным оборудованием исследовательской лаборатории.

Астрофизические исследования проводились на «Салюте-6» субмиллиметровым телескопом БСТ-1М (диаметр зеркала 1,5 м). Во время работы телескопа необходимо поддерживать температуру приемников излучения на уровне 4,2 К. Пришлось создавать бортовую систему низкотемпературного термостатирования (поршневой компрессор и две газовые холодильные машины). В дальнейшем такую систему можно использовать для проведения в космосе различных экспериментов, требующих сверхнизких температур.

Электромагнитные колебания из космического пространства принимал радиотелескоп КРТ-10 (Земля и Вселенная, 1980, № 4, с. 2—9.—Ред.). Кроме научной ценности работа с телескопом имела важное прикладное значение. Он был собран космонавтами из нескольких блоков, доставленных на грузовом корабле. В качестве опорной платформы использовали поверхность вокруг люка стыковочного узла на промежуточной камере. Это обеспечило высокую точность установки антенны телескопа и возможность ее последующего отделения от станции. Отработка раскрытия десятиметрового зеркала послужит хорошей основой для создания легких крупногабаритных конструкций, необходимых в будущем для строительства оптических и радиотелескопов диаметром до десятков и сотен метров. Монтаж таких объектов невозможен без специальных средств, необходимых человеку для работы в открытом космосе. Поэтому весьма актуальными были испытания на «Салюте-6» скафандров полужесткого типа, обеспечивающих работу вне станции в течение нескольких часов.

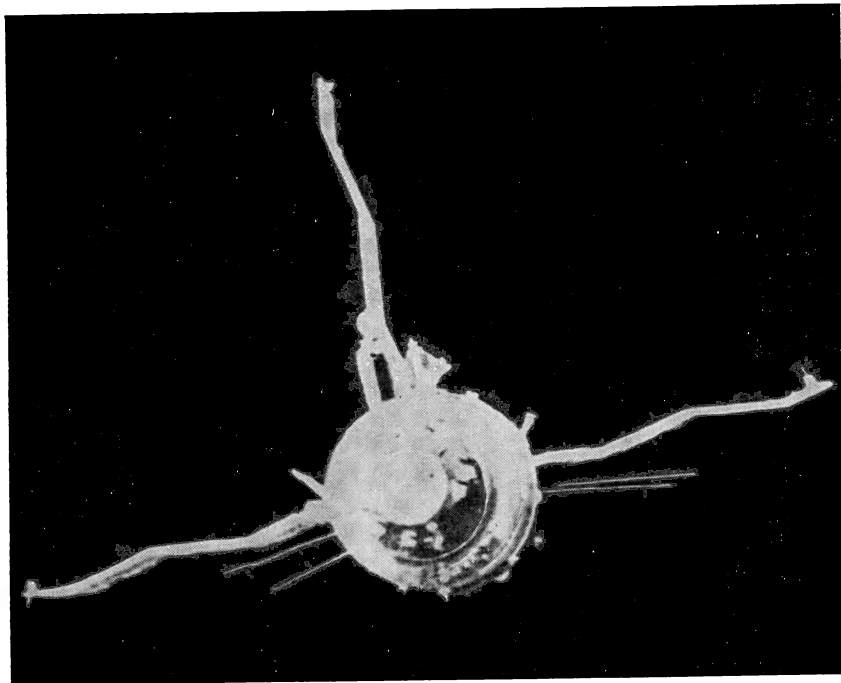
Еще один важный эксперимент связан с «усталостью» конструкции, вызываемой многократными циклическими нагрузками. Они возникают вследствие занятий космонавтов на тренажерах, работы двигателей. Уже

на первой станции «Салют», упражняясь на «бегущей» дорожке, космонавты отмечали колебания панелей солнечных батарей. Было установлено, что причиной явилось совпадение темпа бега с собственной частотой колебаний отдельных элементов конструкции — возникал резонанс. После изменения темпа бега от резонанса избавились, но появился фактор усталости, которая накапливалась с увеличением циклов нагружения конструкции. В авиации с нею научились бороться, а в космической технике с этой проблемой столкнулись впервые. Понадобились эксперименты, позволяющие определить фактические значения нагрузок на особо ответственные элементы конструкции.

На станции «Салют-5» большое внимание уделялось технологическим экспериментам. На «Салюте-6» их объем значительно возрос. Правда, для этого пришлось решить немало проблем. В установке «Сплав» при получении композитных материалов температура достигала 1000°С. Для сброса тепла из космической печи было найдено интересное решение. Установку сделали точно такого размера, как контейнер для отходов. Во время работы ее поместили в одну из шлюзовых камер, и таким образом с помощью радиатора-излучателя тепло сбрасывалось в окружающее пространство. Аналогично поступили с аппаратурой «Испаритель», предназначенной для нанесения специальных покрытий.

Проведены уже сотни «космических плавков». Показано, что глубокий вакуум и невесомость могут использоваться как необходимая среда для получения в будущем новых уникальных сплавов, кристаллов, полупроводников. Разумеется, о промышленном производстве на орбите новых материалов говорить пока рано. Для этого понадобятся установки мощностью в несколько киловатт, позволяющие с высокой точностью осуществлять процесс плавки. Проблем много, но выполняемые работы, несомненно, помогут найти пути их решения.

Для проведения геофизических экспериментов станция снабжена оптико-электронными приборами и фотоаппаратурой. Основную часть это-



На орбите станция «Салют-6»

го оборудования опробовали в процессе эксплуатации на предыдущих станциях. Новый инструмент, установленный на самом большом иллюминаторе станции,— фотоаппарат МКФ-6М для многозональной съемки земной поверхности одновременно в шести зонах спектра (Земля и Вселенная, 1977, № 2, с. 10—15.— Ред.). Качество фотоснимков существенно зависит от состояния оптических поверхностей стекол иллюминатора. Чтобы обеспечить стабильную температуру между объективами фотоаппарата и стеклами иллюминатора, пришлось создать дополнительную местную вентиляцию, а снаружи станции установить открывающуюся защитную крышку.

Среди многочисленных биологических исследований, проведенных на станции «Салют-6», нужно отметить эксперименты, в которых изучалась возможность создания в будущем систем, обеспечивающих космонавтов пищей, кислородом и другими компонентами (Земля и Вселенная, 1980, № 6, с. 20—25.— Ред.). Системы, работающие на биологических прин-

ципах, смогут дополнять в будущем другие средства обеспечения жизнедеятельности.

БУДУЩЕЕ ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года» сказано, что необходимо «дальнейшее изучение и освоение космического пространства в интересах науки, техники и народного хозяйства». Уже в ближайшем будущем предстоит сделать максимально эффективной и экономически оправданной эксплуатацию орбитальных комплексов с человеком на борту. Роль человека в космосе становится все значительней. Большая часть всех экспериментов на станциях «Салют» выполнялась при непосредственном участии экипажа. На «Салюте-6» кроме операций по управлению и контролю бортовых систем космонавты осуществляли ремонтно-профилактические работы, начиная от простейшего монтажа отдельных мелких блоков и кончая заменой гидроблоков в системе терморегулирования. Без таких работ невозможна была бы

столь длительная эксплуатация орбитального комплекса. В некоторых случаях от результатов деятельности космонавтов зависела дальнейшая судьба станции, как это случилось, например, в августе 1979 года, когда В. В. Рюмин выходил в открытый космос, чтобы освободить причал со стороны агрегатного отсека от зацепившейся антенны радиотелескопа.

На «Салюте-6» человек преодолел полугодовой барьер длительности работы в космосе. Однако его пребывание на борту космического объекта требует специального дорогостоящего оборудования и ежедневно более 10 кг сменных элементов системы обеспечения жизнедеятельности. Последнее обстоятельство в основном и определяло периодичность запуска грузовых кораблей «Прогресс». Поэтому не менее актуальной проблемой, чем дальнейшее увеличение продолжительности полетов, является поиск рационального режима загрузки экипажа.

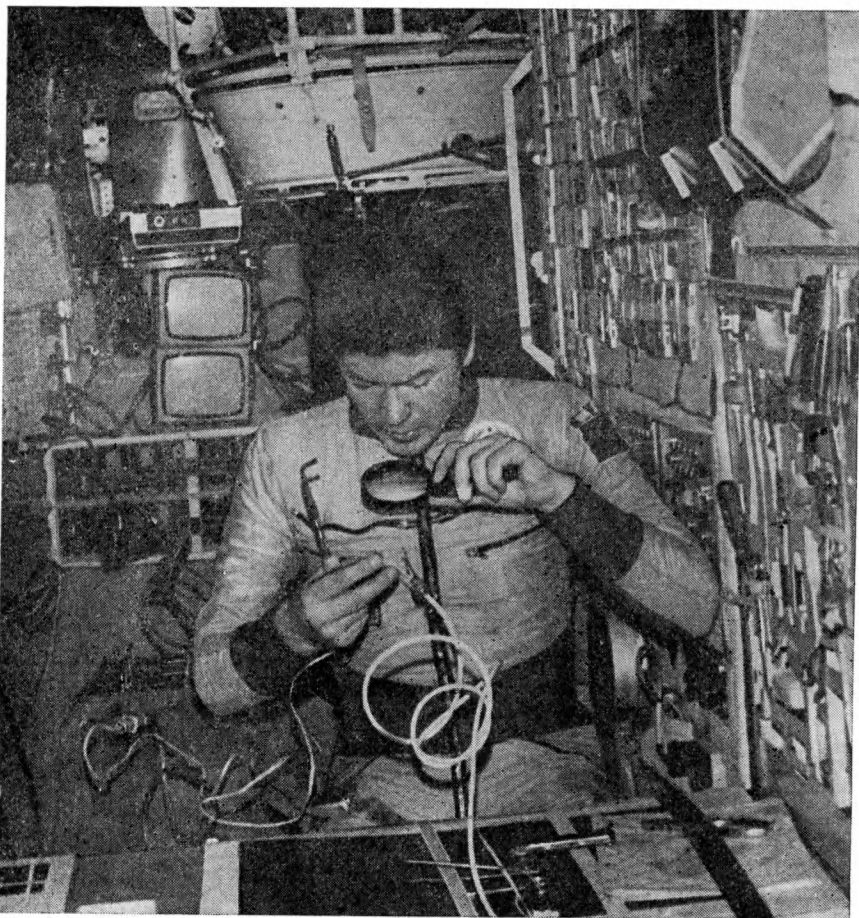
Ритм жизни на орбите формировался постепенно. Каждый полет вносил коррективы в, прямо скажем, оптимистичные прогнозы. На первой станции экипажу, как и на Земле, планировался восьмичасовой рабочий день. Но фактически для основной работы оставалось не более 4-5 часов: много времени уходило на проведение санитарно-гигиенических процедур, прием пищи, ведение радиосвязи, прием радиogramм.

До «Салюта-6» космонавты жили в «витковом» времени — скользящих сутках, что отрицательно сказывалось на их самочувствии. После первой экспедиции на «Салюте-6» оказалось, что даже введения стационарного суточного цикла недостаточно, необходимо иметь пятидневную рабочую неделю с двумя выходными днями вместо одного, увеличить время сна и физических упражнений. Кроме того, программа длительного полета предусматривала периодическое медицинское обследование экипажа. Несколько суток в процессе каждой экспедиции уходило на расконсервацию и консервацию систем станции.

Много времени космонавты тратили на монтаж доставляемого оборудо-

дования, укладку отработанных агрегатов в грузовых кораблях. Большой процент времени стали занимать операции по обслуживанию систем, уборке станции и проведению ремонтно-профилактических работ. Таким образом, с увеличением длительности пилотируемых экспедиций удельный вес рабочего времени на проведение исследований и экспериментов снизился. Поэтому уже в ходе полетов принимали дополнительные меры, чтобы освободить экипаж. Например, такую сложную и достаточно трудоемкую операцию, как дозаправка топливом двигательной установки, стали проводить фактически без участия экипажа.

Для повышения эффективности работы экипажа нужны кардинальные мероприятия, охватывающие несколько направлений. Одно из них — интенсификация научных исследований и экспериментов за счет рационального распределения функций между человеком и автоматикой. Установкой на станции «Салют» аппаратуры «Дельта», включающей бортовую цифровую вычислительную машину, было положено начало автоматизации отдельных процессов управления и контроля за состоянием систем. На первой станции вычислительная машина использовалась для навигационных измерений и расчета баллистических параметров. На «Салюте-6» ее функции возросли. Нужно отметить, что первые шаги вычислительной техники на борту орбитальной станции были очень трудными. Микроэлектроника болезненно реагировала на одновременную работу с такими энергоемкими системами, как связь, телевидение. Для дальнейшего развития этого направления необходимы не только надежные быстродействующие бортовые вычислительные машины, имеющие большой объем памяти, но и значительная модернизация служебных систем. Внедрение вычислительной техники и установка микроботов позволят автоматизировать целый ряд процессов на борту орбитального комплекса. Но не надо питать особых иллюзий насчет полной автоматизации процессов. Увлечение автоматизацией может привести к чрез-



Возможность ремонта и замены оборудования способствовала длительной работе станции «Салют-6». Ремонт кабеля ведет В. В. Рюмин

мерному усложнению, а следовательно, снижению надежности оборудования. В этом нас убеждает земная практика.

В целях повышения экономичности эксплуатации пилотируемых космических комплексов необходимо сократить объем грузов, доставляемых на орбиту для обеспечения функционирования станции и жизнедеятельности экипажа.

Обратимся снова к «Салюту-6». За двенадцать рейсов корабля «Прогресс» доставили на станцию более 20 т грузов. Из них большую часть составляли запасы и агрегаты систе-

мы обеспечения жизнедеятельности, топливо, заменяемые блоки для бортовых систем. Расходы явно малопродуктивные. Как их снизить? Во-первых, за счет перехода на новые системы обеспечения жизнедеятельности, работающие по замкнутому циклу (Земля и Вселенная, 1980, № 6, с. 20—25.— Ред.). Это позволит почти полностью исключить доставку на станцию запасов воды и агрегатов для очистки атмосферы. Одна из таких систем — регенерации воды из конденсата атмосферной влаги — уже успешно функционировала на борту «Салютов». Например, за время пилотируемых экспедиций на станции «Салют-6» с ее помощью получено более 500 л питьевой воды. Во-вторых, за счет сокращения запасов топлива, необходимого для ориентации станции. Это возможно при установке электромеханической си-

стемы ориентации. Некоторые шаги в этом направлении были сделаны еще на «Салюте-3».

В будущем долговременные орбитальные комплексы призваны решать актуальные земные проблемы. Получаемые на Земле материалы далеки от совершенства. Результаты проведенных на орбитальных станциях технологических экспериментов дают основания надеяться, что условия космоса окажут положительное влияние на структуру, оптические и другие характеристики материалов. Это открывает перспективу создания на околоземной орбите автоматизированных промышленных комплексов, обладающих энерговыделением в десятки киловатт.

Медицина все время ощущает недостаток в сверххитрых вакцинах и других редких медикаментах, производство которых в земных условиях достаточно сложно. Существует предположение, что их получение в космосе менее трудоемко. Например, это касается изготовления медицинских препаратов путем электрофореза. Не исключено, что в будущем появятся новые космические объекты — фармацевтические фабрики по выпуску эффективных лекарств.

Уже начинает сказываться ограниченность топливных ресурсов на Земле. Запасы энергии в космосе неисчерпаемы, ибо Солнце способно обеспечивать ею еще миллиарды лет. Естественно, возникает потребность активно использовать эту энергию на Земле. Принципиально это возможно с помощью солнечной электростанции, функционирующей на геостационарной орбите. Масса такой электростанции, эквивалентной по мощности, например, Красноярской ГЭС, оценивается в десятки тысяч тонн. Проблема создания в космосе столь грандиозного сооружения, пожалуй, на порядок сложнее других проектов, но потребность в энергетике заставляет думать о ее решении.

Вот только некоторые перспективные программы, дорогу для практической реализации которых уже сегодня прокладывают орбитальные станции «Салют».

Генеральный директор объединения «Аэрогеология»
кандидат геолого-минералогических наук
В. Н. БРЮХАНОВ

Геологическая структура территории СССР из космоса

Впервые осуществлено космогеологическое картографирование нашей страны в масштабе 1:5 000 000. Для составления карты использовались результаты дешифрирования космических снимков.

ОСОБЕННОСТИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Специфика получения сведений о Земле из космоса, будь то изучение изображений или визуальные наблюдения, выполненные космонавтами, заключена прежде всего в том, что появилась возможность анализировать одновременно большие участки территории в условиях, когда отдельные компоненты ландшафта обобщены в более крупные категории. Такое обобщение, названное естественной генерализацией, весьма важно для изучения закономерностей размещения и взаимосвязи природных объектов. Для геологии естественная генерализация особенно ценна, так как получаемые при наземных исследованиях разрозненные характеристики горных пород суммируются в стройную картину, на которой отчетливо видны пространственное взаимоотношение и особенности залегания пород (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 7—12.—Ред.).

Космические снимки в зависимости от высоты полета спутника и типа установленной на нем аппаратуры могут быть получены в разном масштабе, могут захватывать отличающиеся по площади участки и отображать различные по размеру природ-

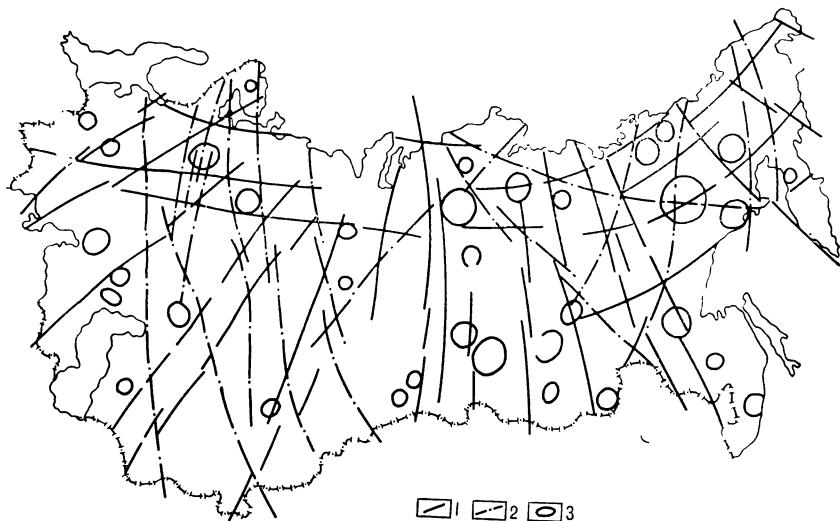
ные объекты. По этим характеристикам снимки условно подразделяются на четыре группы: глобальные (масштаб 1:2,5·10⁷), континентальные (1:5·10⁶), региональные (1:10⁶) и локальные (1:2·10⁵ и крупнее). Снимки разных групп несут неодинаковую информацию. Чем мельче масштаб космических снимков, тем более общие закономерности строения Земли на них отображаются; чем он крупнее, тем детальнее можно изучать элементы геологического строения.

Для геологов одинаково важно и то, и другое, поэтому они в своей практике используют космические снимки разного масштаба, а соответственно, и различного уровня генерализации.

Для понимания общих закономерностей геологического строения крупных территорий наибольшую информацию дают глобальные и континентальные снимки. Установлено, что на этих снимках отображаются такие геологические объекты, которые геофизическими методами или непосредственными геологическими наблюдениями ранее не обнаруживались или намечались предположительно. Как выяснилось, в результате мелкого масштаба изображения и его генерализации на снимках «проявились» объекты глубинного строения Земли, нашедшие свое отражение в ландшафте. В первую очередь это относится к глубинным разломам, выраженным на снимках в виде прямых или слабо изогнутых линий, а также к изометрическим (кольцевым) объектам, имеющим различные размеры и геологическую природу.



Изучение этих объектов показало, что они играют существенную роль в развитии и современном строении земной коры и оказывают влияние на размещение месторождений полезных ископаемых. Учитывая новизну, научную и практическую ценность геологической информации, содержащейся в космических снимках высокого уровня генерализации, решили создать на их основе сводную геологическую карту структур территории Советского Союза. Такая карта в масштабе 1:5 000 000 и была составлена во Всесоюзном аэрогеологическом научно-производственном объединении Министерства геологии СССР (Земля и Вселенная, 1981, № 1, с. 31.—Ред.).



НОВАЯ КАРТА

Для ее составления использовались космические снимки, полученные оптико-механической телевизионной системой, установленной на спутниках «Метеор». Выбор снимков не был случайным. Во-первых, благодаря малому разрешению (около 1 км) и мелкому масштабу (1:10 000 000—1:15 000 000) на них отображаются лишь наиболее крупные геологические структуры. Во-вторых, съемка со спутников «Метеор» проводится непрерывно в трех зонах спектра, что позволяет не только выбрать наиболее информативный снимок, но и проводить дешифрирование снимков, сделанных в разное время года, исключая при этом явления, не связанные с геологическими причинами. В-третьих, ширина снимаемой полосы местности (в зависимости от высоты орбиты) составляет 1000—

*Схема размещения основных секущих разломов и кольцевых структур на территории СССР:
1 — ортогональные разломы,
2 — диагональные разломы,
3 — крупнейшие кольцевые структуры*

1600 км, что обеспечивает получение на одном снимке крупных геологических структур или их групп. Для удобства изучения работа велась со снимками, увеличенными до масштаба примерно 1:5 000 000.

На первом этапе дешифрирования выделялись площади, различные по рисунку фотоизображения, которые в основном соответствовали орографическим областям (горные системы, равнины, плато) или их крупным частям. Такое дешифрирование позволило выделить систему геотектонических блоков разного ранга. Учитывая, что выделенные площади не всегда совпадают с принятыми в геологии, их назвали космогеоструктурными. Геологическая интерпретация этих площадей проведена с использованием мелкомасштабных геологических, тектонических и геофизических карт. По рангу выделенные площади подразделены на космогеоструктурные провинции, области, регионы и блоки.

Следующим этапом стало изучение границ космогеоструктурных площадей. Как было установлено при дешифрировании, они обычно имеют

природу разломов, по которым произошли либо вертикальные перемещения блоков, либо напозвание одних блоков на другие. Подобные выводы во многих случаях подтверждены характером геофизических полей или наличием на геологических картах фрагментов разломов, установленных при наземных геологических исследованиях.

Помимо разломов, отделяющих блоки,— **границных разломов** удалось дешифрировать большое количество линейных объектов, располагающихся внутри космогеоструктурных площадей. В тех случаях, когда эти объекты были дешифрированы в пределах горных площадей или плато, они легко сопоставлялись с известными разрывными нарушениями, значительно дополняя их сеть. В равнинных же районах (в пределах платформенных плит), где на поверхность выходит комплекс новейших осадков и непосредственно наблюдать разломы невозможно, эти объекты интерпретировались, как разрывные нарушения в глубоко залегающих породах, на основе имеющихся геофизических материалов.

Анализ сети разрывных нарушений, нанесенных на карту, показал, что ряд разломов сечет многие космогеоструктурные площади, протягиваясь на тысячи километров и образуя четко ограниченные зоны, расположение которых подчинено определенной системе. Эти разрывные на-

*Космический снимок с 18-го ИСЗ «Метеор» (Восточная Сибирь). Зона сочленения Сибирской платформы и Забайкальских складчатых сооружений:
1 — вертикальный граничный разлом, 2 — граничный разлом надвигового типа, 3 — разломы внутри космогеоструктурных площадей, 4 — секущие разломы, 5 — кольцевые структуры*

рушения и образуемые ими зоны называются **секущими разломами**. В представленном на карте виде они существенно новы не только для территории СССР, но и для всего Евразийского континента. От граничных разломов они отличаются более строгим направлением и примерно одинаковой плотностью по всей территории. Среди секущих разломов по направлению четко различаются ортогональные (меридиональные и широтные) и диагональные (северо-западные и северо-восточные) структуры, простирающиеся обусловлено современным положением оси вращения Земли.

Меридиональные секущие разломы прослеживаются с интервалом $5-7^\circ$, сходясь в северном направлении и расходясь к экватору. Это — следы плоскостей, секущих земной шар параллельно оси его вращения. На территории СССР таких структур насчитывается около двадцати.

Широтные секущие разломы, представляющие собой следы плоскостей, перпендикулярных оси вращения Земли, расположены на территории СССР неравномерно. Наиболее четко они проявляются на востоке, где отстоят друг от друга на $3-4^\circ$ (или на $300-500$ км). Западнее линии, соединяющей Тиманский кряж и Джалаир-Найманскую зону в Казахстане, широтные структуры проявлены слабо.

Диагональные секущие линейные структуры развиты на территории СССР более равномерно, чем ортогональные. Они отстоят друг от друга на $300-500$ км и, как правило, имеют подкорковое заложение. Простирающиеся секущих структур диагональной сети не остается постоянным на всем их протяжении. Одни из них в северном направлении испытывают сближение, формируя пучки, как бы исходящие из одной точки; другие к северу, наоборот, становятся более пологими и меняют свое простирающееся на широтное, и далее — на противоположное, описывая на карте пологие дуги. Эти дуги представляют собой следы плоскостей на пересечении с поверхностью Земли, секущих ее под углом к оси вращения.

Многие секущие разломы проходят весь континент Евразии и выхо-



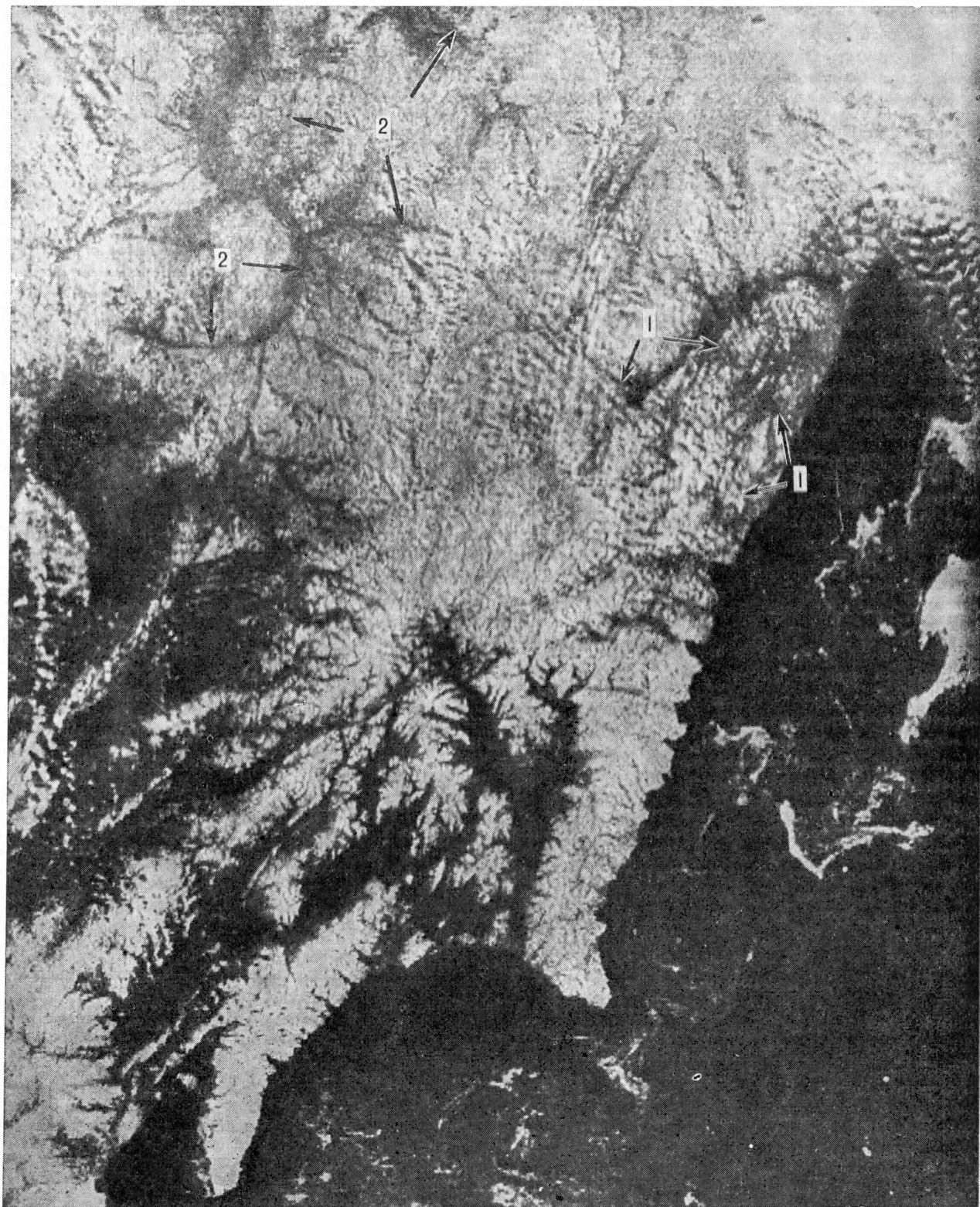
Космический снимок с 28-го ИСЗ «Метеор»: 1 — зона секущих разломов вдоль Енисея, 2 — Елогуйская кольцевая структура

дят в океанические пространства, являясь таким образом «трансконтинентальными» структурами. В качестве примеров можно привести меридиональную структуру Урало-Оманской зоны, прослеживаемую в Индийском океане до острова Мадагаскар, или зону разломов вдоль Енисея, простирающуюся через восточное окончание Таримской плиты и Тибет к дельте Ганга, где она смыкается с океаническим «разломом 90° градуса». Эта зона совпадает с трансазийской континентальной зоной Вебирс, установленной иркутскими геологами.

Из диагональных трансконтинентальных разломов можно назвать зону, включающую Закарпатский разлом и проходящую через Восточный Понт — Загрос — юго-западный континентальный склон Индостана, а также Пальмиро-Апшеронскую зону (одну из первых, обнаруженных на космических снимках), которая протягивается от Северной Африки до Барабинских увалов.

Интересно отметить, что секущие разломы могут менять свой геодинамический облик, проявляясь на одних отрезках как структуры сжатия, на других — как структуры растяжения, сдвига или надвига.

Помимо космогеоструктурных площадей и линейных объектов на космических снимках были обнаружены и дешифрованы кольцевые объекты размером от десятков до сотен километров в диаметре. Анализ гео-



*Космический снимок с 25-го ИСЗ
«Метеор». Охотско-Чукотский*

*вулканический пояс:
1 — разрывные нарушения,*

*2 — кольцевые
вулканогенные структуры*

логических и геофизических материалов позволил расшифровать геологическую природу части этих структур, причина образования другой части осталась пока неясной.

В равнинно-платформенных областях кольцевым структурам чаще всего соответствуют поднятия фундамента плит или горизонтов осадочного чехла, реже — опускания. Диаметр этих структур колеблется от 70—80 до 150 км.

В горно-складчатых районах кольцевые структуры более разнообразны по генезису. Их удалось разделить на **магматогенные**, образованные при внедрении магмы в осадочный чехол, **вулканогенные**, связанные с извержением магмы в различные этапы эволюции Земли, и **ультраметаморфогенные**, происхождение которых обусловлено расслаиванием земной коры при ее затвердевании. Оказалось, что кольцевые структуры экзогенного (глубинного) происхождения обнаруживаются даже в тех случаях, когда геологическое тело или явление не выражено на поверхности, а проявляется на достаточно большой глубине.

Две кольцевые структуры — Попигайскую и Эльгыгытгынскую — предположительно связывают с влиянием падения крупных метеоритов в отдаленные геологические эпохи (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 54—57. — Ред.).

Та часть кольцевых структур, которая дешифрируется по ландшафтными признакам, но не имеет корреляции с известными геологическими элементами, также нанесена на карту особым знаком. Эти структуры должны быть дополнительно изуче-

ны для определения породивших их причин.

В ряде случаев отмечается четкая пространственная связь линейных и кольцевых космогеологических объектов. Наиболее яркие примеры — серия магматогенных кольцевых структур вдоль Монголо-Охотского разлома на протяжении 500 км или цепочка вулканогенных структур на протяжении 900 км вдоль Сихотэ-Алинского разлома. Иногда кольцевые структуры располагаются большими группами, образуя своего рода узлы, лежащие на пересечении двух или трех трансконтинентальных разломов.

ЗНАЧЕНИЕ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Структурно-геологическая информация, показанная на космогеологической карте, принципиально нова и не отображалась ранее ни на каких других картах геологического содержания. Обычные геологические карты, фиксирующие срез геологических образований земной поверхностью, естественно, не могут содержать сведения об элементах глубинной тектоники, в том числе о разломах, затухающих под плащом новейших образований. Что касается тектонических карт, то это, как правило, продукт интерпретации карт геологических. Они не учитывают информацию, которую можно получить при дешифрировании космических снимков. Космогеологическая карта не заменяет, а существенно **дополняет** геологическую, давая важную информацию о глубинном строении территории и взаимоотношении крупных геологических элементов. Наибольшая значи-

мость ее на данном этапе — установление системы глубинных, в том числе трансконтинентальных разломов и выявление кольцевых структур различного генезиса, служащих индикатором геологических объектов и явлений глубинного заложения.

Космогеологическая карта территории СССР несмотря на мелкомасштабность, а может быть, именно благодаря ей позволяет не только рассматривать общегеологические и общетектонические проблемы формирования и развития земной коры, но и вопросы, связанные с закономерностями размещения полезных ископаемых. Этому способствует, в частности, обнаружение и картографирование принципиально новых геологических форм, что стало возможным лишь при использовании материалов космических съемок.

Успех прямого картографирования основных черт структуры континентов, продемонстрированный на примере рассмотренной карты, позволяет приступить к составлению общей структурной карты Земли, или, что будет правильнее, структурного глобуса нашей планеты. Такую модель, отражающую глобальный характер современных геологических представлений, можно создать для территорий континентов, используя космические снимки высоких уровней генерализации, геологические и геофизические карты, а для океанов — геоморфологические и геофизические карты акватории. Изучение глобальной структуры земного шара поможет решению многих актуальных проблем геологической науки и практики.

ПЫЛИНКИ В ЛУЧАХ МОЛОДОГО СОЛНЦА

В нашей планетной системе солнечный свет выполняет функции... дворника: он очищает межпланетное пространство от мелкодисперсного вещества — тонкой пыли, которую выделяют испаряющиеся льды кометных ядер, и пыли, образующейся при столкновениях астероидов и других более мелких тел и частиц. Световое давление, ослабляя притяжение, которое испытывают пылинки со стороны Солнца, может изго-

нять их из Солнечной системы. Более крупные частицы медленно приближаются к Солнцу под влиянием эффекта Пойнтинга—Робертсона (Земля и Вселенная, 1966, № 3, с. 51—57. — Ред.). Суть этого эффекта в следующем. Конечная скорость распространения света приводит к тому, что свет падает под некоторым углом к радиусу-вектору, соединяющему частицу с Солнцем, и, следовательно, под углом к вектору силы тяготения. Сила тяготения может скомпенсировать лишь радиальный компонент силы светового давления. Малый, но остающийся нескомпенси-



рованным тангенциальный компонент тормозит частицу, вызывая постепенное сокращение ее орбиты. В прошлом, когда еще не существовало планет, а молодое Солнце, точнее протосолнце, было окружено газово-пылевым диском, действие света могло привести к более серьезным последствиям.

Предполагается, что звезды солнечной массы, в том числе и Солнце, на ранней стадии эволюции испытывали сильные изменения светимости. Эти изменения влекли за собой изменения радиативного отталкивающего действия протосолнца на мелкие частицы, находящиеся в его окрестностях. Кроме эффекта Пойнтинга—Робертсона, на частицы действовал и другой эффект — эффект переменной светимости, недавно подробно исследованный Б. Ю. Левиным и А. Н. Симоненко. Когда светимость протосолнца возрастала, эффект переменной светимости уменьшал или даже пересиливал эффект Пойнтинга—Робертсона, препятствуя малым частицам дрейфовать к протосолнцу. Если светимость протосолнца убывала, он усиливал действие эффекта Пойнтинга—Робертсона.

Интересно, что на стадии возрастания светимости протосолнца эффект Пойнтинга—Робертсона доминировал на малых гелиоцентрических расстояниях, а эффект переменной светимости — на больших. В зоне преобладания первого эффекта частицы должны были дрейфовать к протосолнцу (по медленно сворачивающейся спирали), а в зоне преобладания второго эффекта — прочь от него (по разворачивающейся спирали). Поэтому на границе зон возникла область разрежения. Гелиоцентрическое расстояние этой области, ее ширина и степень обеднения пылью зависят от размеров частиц, закона возрастания светимости протосолнца и степени прозрачности околосолнечного пространства. Быть может, образование разреженной зоны — одна из причин, объясняющая дефицит масс в кольце астероидов и малую массу планеты Марс. The Moon and the Planets, 1981, 24, 2.

АНТИПРОТОНЫ В КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧАХ

Ответить на вопрос, существуют ли в нашей Вселенной тела, состоящие из античастиц, не так легко. Поиск антипротонов и антинейтронов в космических лучах был начат около 20 лет назад в ряде стран, в том числе в СССР и США. Лучшей оценкой относительного содержания антипротонов в первичном космическом излу-

чении до последнего времени считался результат аэростатных экспериментов, полученный физиками Калифорнийского университета США в 1975 году. Согласно их данным, отношение потока антинейтронов к ядрам, имеющим заряд больше трех, не превышает $8 \cdot 10^{-5}$.

Поиском антипротонов в космических лучах занималась в последние годы группа ученых астрофизического отдела Физико-технического института имени А. Ф. Иоффе АН СССР. Эксперименты проводились на высотных аэростатах в средних широтах Советского Союза. Магнитный спектрометр, использовавшийся для регистрации антипротонов, позволял определять направление прихода частиц, величину скорости и заряда. Антипротоны отделялись от других отрицательно заряженных частиц с помощью порогового черенковского счетчика. Сравнение числа протонов с числом антипротонов, проведенное на основании трех полетов спектрометра, показало, что в интервале энергий 2—5 ГэВ отношение потока антипротонов к потоку протонов составляет $6 \cdot 10^{-4}$. Несколькими месяцами позднее американские ученые также зарегистрировали галактические антипротоны и оценили их относительный поток ($5,2 \cdot 10^{-4}$). Таким образом, количество галактических антипротонов в космических лучах оказалось сравнимым с количеством многих легких и средних ядер галактического происхождения.

Своим рождением антипротоны обязаны ядерным взаимодействиям космических лучей с межзвездным газом. Эксперименты позволили сделать вывод, что время жизни антипротонов превышает 10^7 лет — характерное время жизни космических лучей.

Результаты экспериментов показывают, что во Вселенной, по-видимому, нет тел, состоящих из антиматерии.

Известия АН СССР. Серия физическая, 1980, 12.

РАДИОГАЛО ПУЛЬСАРОВ

Американские астрофизики Р. Бледфорд, Дж. Острайкер, Ф. Пачини, М. Рис высказали гипотезу о возможном существовании радиогало вокруг старых пульсаров. Радиоизлучение гало обусловлено межзвездными магнитными полями и истекающими из пульсара релятивистскими электронами, которые потеряли связь с пульсаром. Релятивистские частицы должны накаливаться в оболочке, окружающей пульсар, в течение 100 тыс. лет, что-

бы мощность их излучения оказалась достаточной для наблюдений. Именно поэтому только старые пульсары могут обладать радиогало. Это слабое нетепловое гало не связано с первоначальным остатком вспышки сверхновой, породившей пульсар. Радиогало можно считать новым классом источников в Галактике.

Поиск таких источников непрерывного радиоизлучения проводился на крупнейших радиотелескопах мира. В 1974—1979 годах поиском радиогало на частоте 102,5 МГц занимались А. П. Глушак, А. В. Пынзгарь, В. А. Удальцов на радиотелескопах Радиоастрономической станции Физического института АН СССР в Пушчино. Они исследовали 22 пульсара, причем каждый наблюдали не менее двух раз. Источники непрерывного излучения были зарегистрированы в направлении пульсаров 0950 + 08, 1919 + 21, 2217 + 47. Из них только радиосточник G 228,9 + 43,7, координаты которого совпадают с координатами одного из самых близких пульсаров 0950 + 08, отождествлен с галактическим объектом нового класса — радиогало пульсара.

Модель радиогало, предложенная американскими астрофизиками, не подходит для интерпретации нового радиосточника. Дело в том, что пульсар 0950 + 08, как и многие другие пульсары, имеет большую скорость собственного движения. Перемещаясь со скоростью 14 км/с, пульсар 0950 + 08 пройдет за время своей жизни ($17,3 \cdot 10^8$ лет) путь в 250 пк, что соответствует 68° дуги, если расстояние до пульсара 100 пк. Следовательно, наиболее сильное истечение релятивистских частиц, наблюдавшееся на ранних стадиях эволюции пульсаров, происходило в областях, которые удалены от современного положения пульсара. Релятивистские частицы, генерируемые пульсаром, будут рассеиваться вдоль траектории его движения, а не скапливаться в оболочке. По мнению А. П. Глушака, А. В. Пынзгаря, В. А. Удальцова, нетепловое излучение радиогало движущегося пульсара обусловлено взаимодействием релятивистских частиц, истекающих из пульсара, с магнитными полями пульсарного происхождения, а не межзвездными полями.

Существование радиогало вокруг пульсаров свидетельствует о генерации космических лучей пульсарами. К уже известным галактическим источникам космических лучей — остаткам вспышек сверхновых и центру Галактики — добавился новый: пульсары.

Астрономический журнал, 1981, 58, 2.



Академик АН УССР
С. Я. БРАУДЕ

Декаметровая радиоастрономия

Становление и развитие декаметровой радиоастрономии неразрывно связаны с созданием и успешной эксплуатацией крупнейшего в мире радиотелескопа декаметрового диапазона УТР-2.

ТРУДНОДОСТУПНЫЙ ДИАПАЗОН

Самые длинные космические радиоволны, которые еще можно принимать с поверхности Земли,— декаметровые (длина в десятки метров, частота от 30 до 3 МГц). Именно в этом диапазоне проявляются многие особенности излучения, поглощения и рассеяния радиоволн как в самом источнике, так и в среде, в которой распространяются радиоволны. Данные радиоастрономических измерений в декаметровом диапазоне позволяют определить ряд важных физических характеристик радиогалактик, квазаров, пульсаров, межзвездной среды, областей ионизированного водорода H II.

Наблюдения на декаметровых волнах радиоастрономы начали лишь в конце 50-х годов — намного позже, чем в более коротковолновом диапазоне. На преодоление экспериментальных трудностей, связанных только с декаметровым диапазоном, потребовалось десятилетие.

В декаметровом диапазоне работает большинство радиостанций, и создаваемые ими помехи в сотни тысяч и даже миллионы раз превышают принимаемые из Космоса сигналы. На прием космических декаметровых волн влияет земная ионосфе-

ра. Колебания ее плотности, изменение высоты ионосферных слоев часто вызывают искажение космических радиосигналов. На декаметровых волнах высок уровень галактического фона (температура 10 000—100 000 К), что затрудняет выделение полезных сигналов. Но, пожалуй, особенно сильно тормозилось развитие декаметровой радиоастрономии из-за низкой разрешающей способности радиотелескопов.

Пытаясь ослабить все эти неблагоприятные факторы, радиоастрономы проводили основные измерения на декаметровых волнах лишь ночью в осенне-зимние месяцы, когда ионосфера менее плотная, но выход полезной информации все-таки оказывался небольшим. Нужны были широкополосные, высоконаправленные, с большой эффективной собирающей площадью радиотелескопы декаметрового диапазона, которые могли бы работать в широком секторе углов и по склонению, и по прямому восхождению.

РАДИОТЕЛЕСКОПЫ И ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ

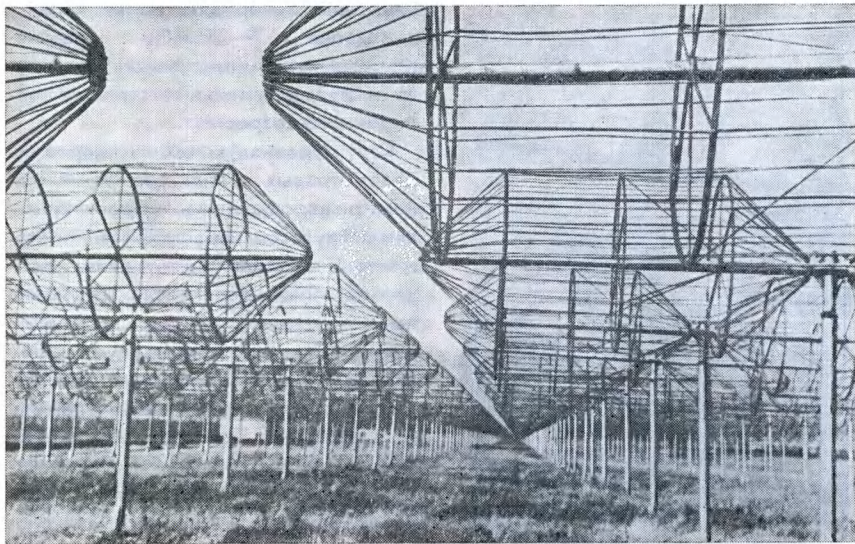
Самый крупный в мире прецизионный радиотелескоп декаметрового диапазона установлен в 1970 году в обсерватории Граково, в 80 км от Харькова. Он известен радиоастрономам как УТР-2 — Украинский Т-образный радиотелескоп, вторая модель. Этот инструмент, разработанный и построенный сотрудниками сектора радиоастрономии Института радиофизики и электроники АН УССР, представляет собой два антенных поля, конфигурация которых

В 1981 году исполнилось 70 лет известному советскому ученому в области радиофизики, электроники и радиоастрономии, лауреату Государственной премии СССР, кавалеру трех орденов Трудового Красного Знамени, академику АН УССР Семену Яковлевичу Брауде.

Семен Яковлевич участвовал в создании мощных и стабильных сверхвысокочастотных генераторов, которые нашли применение в первых советских радиолокаторах. Глубокий интерес к проблеме распространения радиоволн привел Семена Яковлевича к исследованию космического радиоизлучения.

Еще в 50-х годах внимание С. Я. Брауде привлек «забытый» радиоастрономами диапазон декаметровых волн. Под руководством С. Я. Брауде была разработана серия радиотелескопов декаметрового диапазона. Крупнейший из них — УТР-2. На этом инструменте коллектив сектора радиоастрономии Института радиофизики и электроники АН УССР провел детальные обзоры неба, обнаружил новые галактические и внегалактические радиисточники, выявил неизвестные ранее особенности в радиоизлучении пульсаров, Солнца, Юпитера, открыл самую длинноволновую линию поглощения космического радиоизлучения.

Редколлегия, редакция и читатели журнала «Земля и Вселенная» сердечно поздравляют Семена Яковлевича со славным юбилеем, желают ему доброго здоровья и новых творческих удач.



Радиотелескоп УТР-2

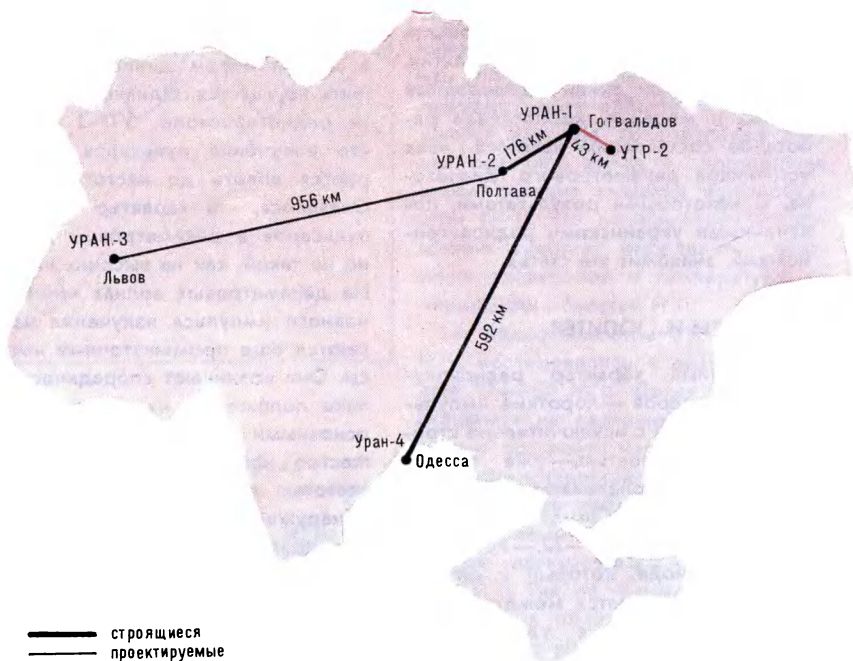
напоминает букву «Т». Первое поле тянется с севера на юг и имеет размеры 1800×53 м², второе — с запада на восток, его размеры 900×40 м². Внутри полей расположено 2040 широкополосных вибраторов, предназначенных для работы в диапазоне частот 10—25 МГц (30—12 м). Горизонтальные вибраторы установлены в 3,5 м над землей, их длина около 8 м, диаметр 1,8 м. Соединяя коаксиальными кабелями все вибраторы в общую систему, удается сформировать луч радиотелескопа, которым можно управлять в секторе $\pm 80^\circ$ по склонению и $\pm 50^\circ$ по прямому восхождению. В пределах конуса с углом раствора 140° этот луч направляется в любую точку неба. В данном секторе обзора луч может занимать 2 млн. различных положений. Переориентация луча производится вручную или с помощью ЭВМ, что позволяет непрерывно следить за наблюдаемым объектом. Для повышения эффективности измерений и борьбы с помехами УТР-2 имеет пять таких лучей, разнесенных по склонению. Измерения на УТР-2 выполняются одновременно на шести частотах (10; 12,6; 14,7; 16,7; 20 и 25

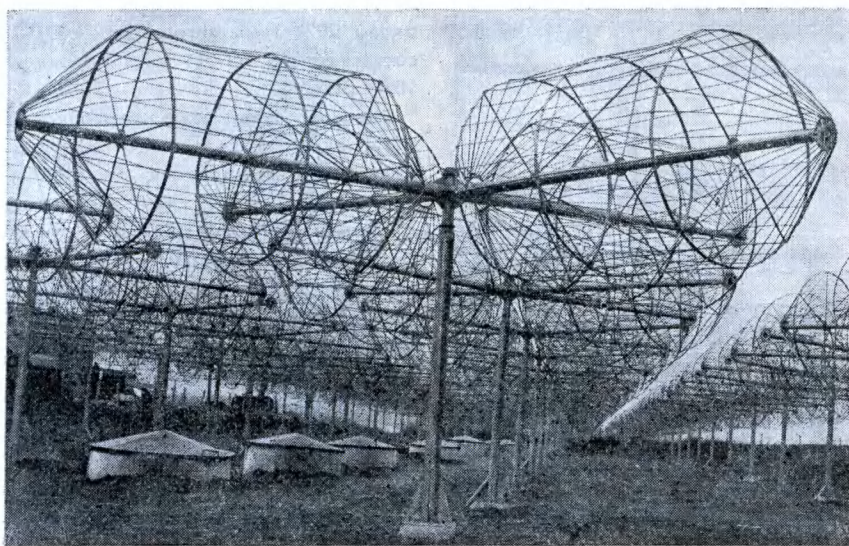
МГц) и на пяти лучах. Сигналы на выходах радиометрических устройств радиотелескопа записываются на бумажную ленту самописца и одновременно подаются в ЭВМ. По ряду программ обработка ведется в реальном времени. Максимальная эффективная площадь УТР-2 — 150 000 м². Разрешающая способность радиотелескопа определяется шириной его

луча, которая на частоте 25 МГц около $20''$. Чувствительность УТР-2 составляет 15 Ян (1 янский равен 10^{-26} Вт/м²·Гц).

Высокая разрешающая способность УТР-2 оказывается все же недостаточной для выполнения некоторых программ. Поэтому ряд институтов Академии наук УССР ведет строительство интерференционной системы для декаметрового диапазона УРАН (Украинский радиоинтерферометр Академии наук). Эта система, которая должна вступить в строй в конце 11-й пятилетки, состоит из пяти радиотелескопов. Кроме базового радиотелескопа УТР-2 в систему включены инструменты: УРАН-1 в Готвальдове, УРАН-2 в Полтаве, УРАН-3 во Львове и УРАН-4 в Одессе. Система УТР-2 — УРАН-1 уже работает, обеспечивая на частоте 25 МГц разрешение $30''$. После введения в строй

Схема расположения на территории Украинской ССР отдельных элементов системы УРАН. Красной линией соединены элементы действующего интерферометра УРАН-1 (Готвальдов) — УТР-2 (Граково)





Радиотелескоп УРАН-1

всей системы УРАН разрешение на частоте 25 МГц достигнет примерно $1,5''$. Таким разрешением обладают большие оптические телескопы.

Уже больше десяти лет ведутся наблюдения на радиотелескопе УТР-2. Тематика этих наблюдений весьма разнообразна: изучение свойств дискретных источников радиоизлучения — пульсаров, радиогалактик, квазаров, поиск линий межзвездных атомов и молекул, кропотливая работа по составлению каталога всех источников декаметрового диапазона. С некоторыми результатами, полученными украинскими радиоастрономами, знакомит эта статья.

ПУЛЬСАРЫ И... ЮПИТЕР

Необычный характер радиоизлучения пульсаров — короткие импульсы, следующие с исключительно строгой периодичностью, — уже второе десятилетие привлекают внимание радиоастрономов (Земля и Вселенная, 1971, № 2, с. 19—22. — Ред.). Величина периода, который у разных пульсаров колеблется между 0,033 и 3,6 с, сохраняется с удивительной точностью (до девятого знака после запятой!). Интенсивность испускаемого пульсаром импульса может

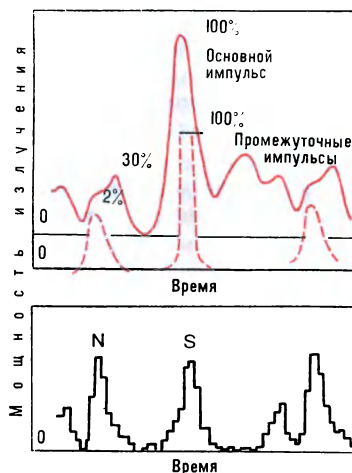
сильно изменяться, как и тонкая структура самого импульса. Сейчас известно свыше трехсот пульсаров, но до сих пор не установлен общепризнанный механизм их излучения. Именно поэтому столь важны исследования радиоизлучения пульсаров в широком диапазоне частот.

До середины 70-х годов радиоастрономы не наблюдали пульсары на декаметровых волнах. Считалось, что из-за влияния межпланетной плазмы импульсное излучение этих объектов в декаметровом диапазоне обнаружить не удастся. Однако наблюдения на радиотелескопе УТР-2 показали, что излучение пульсаров регистрируется вплоть до частоты 10 МГц. Оказалось, что характер излучения пульсаров в декаметровом диапазоне не такой, как на высоких частотах. На декаметровых волнах кроме основного импульса излучения наблюдаются еще промежуточные импульсы. Они возникают спорадически, однако положение их между двумя основными импульсами довольно жестко фиксировано. На высоких частотах промежуточные импульсы обнаружены лишь у 3% пульсаров. Как правило, интенсивность промежуточного импульса на высоких частотах составляет несколько процентов от интенсивности основного импульса, в то время как на декаметровых волнах интенсивность основного и промежуточного импуль-

сов одного порядка. Более того, в диапазоне 16,7—25 МГц с понижением частоты интенсивность основного импульса уменьшается, а промежуточного возрастает.

Структура излучения пульсаров на декаметровых волнах весьма сложна. Кроме основного и промежуточных импульсов наблюдаются протяженный компонент излучения и довольно мощные всплески излучения промежуточного импульса в течение 30—60 мин. Хотя флуктуации амплитуд промежуточных импульсов и изменчивость их структуры во времени больше, чем основного импульса, форма среднего сигнала оказывается весьма устойчивой. У многих пульсаров удается выделить повторяющиеся, стабильные элементы в записи сигналов. По мере повышения частоты интенсивность промежуточ-

Структура излучения пульсаров на низких (сплошная линия) и высоких (пунктирная линия) частотах. Указана интенсивность основного и промежуточных импульсов (наблюдения Ю. М. Брука и Б. Ю. Устименко)



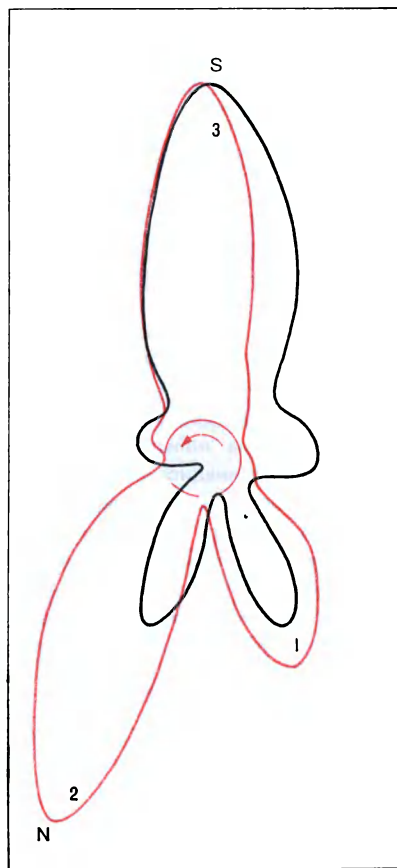
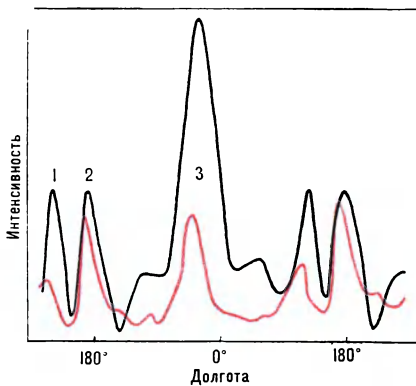
Всплески декаметрового излучения Юпитера на частоте 4,7 МГц. Из-за наклона и смещения оси магнитного диполя от оси вращения планеты равность долгот Северного (N) и Южного (S) полюсов Юпитера отличается от 180° (наблюдения А. Элвиса, Австралия)

ных импульсов снижается и их становится меньше. Если каждый импульс связан с определенной областью излучения пульсара, то на более коротких волнах количество излучаемых областей меньше, чем на декаметровых.

Наблюдавшаяся структура сигналов натолкнула на мысль об аналогии между декаметровым излучением пульсаров и планеты Юпитер. Как известно, декаметровое излучение Юпитера проявляется в виде интенсивных спорадических всплесков. На планете насчитывается несколько (одна — пять) областей, в которых генерируется излучение в диапазоне частот 1—40 МГц. Выше 20 МГц излучение подвержено сильному влиянию спутника Юпитера Ио.

Сравним долготную структуру излучения пульсаров и Юпитера. Полагая, что радиоизлучение пульсаров исходит из магнитных полюсов, совместим середину главного импульса с долготой Южного полюса Юпитера. И тогда окажется, что характер импульсного излучения совершенно различных космических тел — пульсаров и планеты Юпитер — весьма схож. По-видимому, у этих объектов одинаковая конфигурация магнитного поля. У Юпитера магнитное поле близко к дипольному, причем ось диполя наклонена примерно на 10° к оси вращения планеты и смещена относительно ее центра. В ряде теорий радиоизлучение пульсаров также объясняется существованием наклонного и смещенного от центра нейтронной звезды дипольного магнитного поля. Конечно, и величины магнитных полей, и наклоны магнитных осей к осям вращения, так же как и другие физические величины, существенно различны у пульсаров и Юпитера. Однако есть надежда, что детальное исследование механизмов радиоизлучения Юпитера позволит глубже понять физические процессы, обуславливающие радиоизлучение пульсаров.

Сложная структура импульсов, а также изменение со временем интенсивности излучения пульсаров потребовали для определения их спектральных характеристик одновремен-



Вверху — долготные профили декаметрового излучения пульсаров на частоте 25 МГц и Юпитера на частоте 4,7 МГц (красная линия). Внизу — полярная диаграмма декаметрового излучения пульсаров и Юпитера на тех же частотах. Цифрами обозначены совпадающие области излучения пульсаров и Юпитера (по данным С. Я. Брауде и Ю. М. Брука)

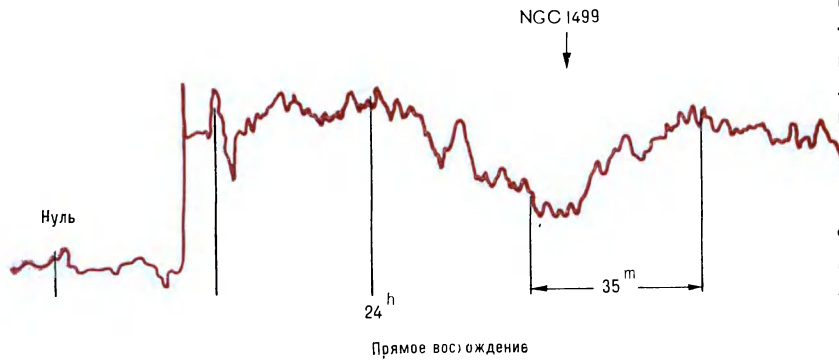
ных измерений на разных частотах. В обсерваториях Граково, Пущино (СССР) и Джодрелл Бенк (Англия) были проведены одновременные наблюдения пяти пульсаров. Оказалось, что спектры основного и промежуточного импульсов сильно отличаются друг от друга. У основного импульса вблизи частот 60—80 МГц наблюдается максимум излучения, у промежуточного такого максимума нет. Эта особенность, свойственная всем пяти пульсарам, пока не получила объяснения.

ОБЛАСТИ Н II

Одно из возможных мест образования звезд — области ионизированного водорода Н II. Естествен интерес к этим областям и оптической, и радиоастрономии. До недавнего времени радиоастрономы наблюдали области Н II в основном на сантиметровых и дециметровых волнах. Они изучали рекомбинационные линии водорода и других элементов, возникающие глубоко внутри областей Н II. Полученные из этих наблюдений параметры областей Н II относятся лишь к их центральным зонам.

Периферические зоны областей Н II можно наблюдать только в декаметровом диапазоне. Известно, что излучение галактического фона, проходя через области Н II, поглощается ими. На декаметровых волнах основной вклад в поглощение вносят именно внешние зоны областей Н II. По измеренному поглощению удается определить плотность электронов и температуру на периферии областей Н II.

На радиотелескопе УТР-2 области Н II исследовались в диапазоне частот 12,6—25 МГц. Делая записи поглощения на различных склонениях, можно построить карты распределения интенсивностей для определенных участков неба. На таких картах хорошо заметно различие в температуре галактического фона и областей Н II. Так, на частоте 25 МГц температура в области Н II, известной под названием туманности Калифорния (NGC 1499), отличается от температуры галактического фона на 10 000К. Температура в перифери-



Запись поглощения на частоте 12,6 МГц в области Н II (NGC 1499) в созвездии Персея (наблюдения В. В. Крымкина)

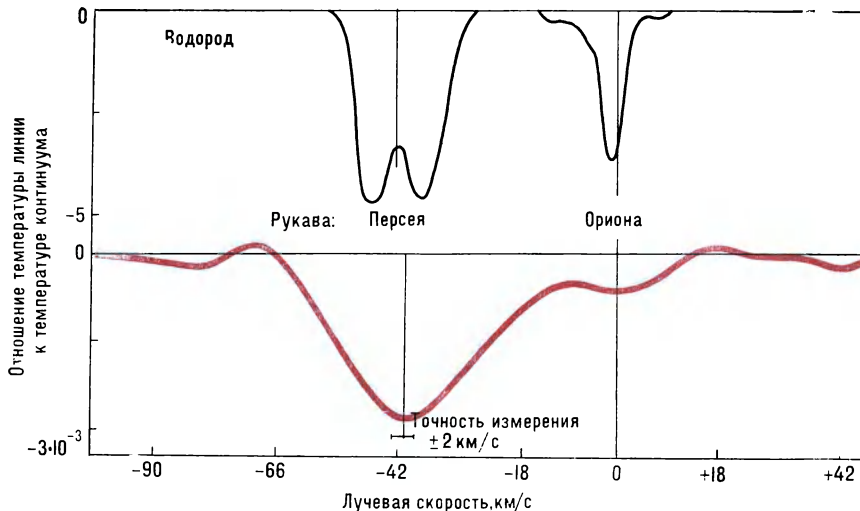
ПОИСК ЛИНИЙ МЕЖЗВЕЗДНЫХ АТОМОВ

В последние годы интенсивно развивается космическая радиоспектроскопия. Радиоастрономы изучают рекомбинационные линии водорода, гелия, углерода, которые образуются при захвате электронов ионами, ведут поиск межзвездных линий атомов и молекул.

С вводом в строй радиотелескопа УТР-2 радиоспектроскопические исследования начались и в области дециметровых радиоволн. Украинские радиоастрономы попытались обнаружить рекомбинационные линии водорода, связанные с переходами электронов между высокими энергетическими уровнями. Частоты этих переходов (главные квантовые числа $n \approx 630+650$) лежат в дециметровом диапазоне. Многократные наблюдения на УТР-2 различных областей не-

ческой зоне туманности Калифорния около 4400К, плотность — около 9 электронов в 1 см³. Примерно такие же температура и плотность получены на высоких частотах для центральной части туманности Калифорния. По всей вероятности, внутренние и внешние зоны этой области Н II имеют одинаковое строение.

Поглощение в линии нейтрального водорода (вверху) и в обнаруженной на дециметровой частоте линии (внизу). Дециметровая линия особенно интенсивна в спиральном рукаве Персея и слаба в рукаве Ориона (наблюдения Л. Г. Содина и А. А. Коноваленко)



ба не дали положительного результата — рекомбинационные линии водорода зарегистрировать не удалось. После этих опытов была предпринята попытка обнаружить межзвездные линии нейтрального азота.

Еще в начале 50-х годов член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский указал, что азот имеет в радиодиапазоне две линии с частотами 26,127 и 15,676 МГц. Согласно расчетам, оптическая толщина этих межзвездных линий поглощения должна быть незначительной (10^{-5} — 10^{-6}). Украинские радиоастрономы создали спектроанализатор, способный выявить линии с оптической толщиной порядка $4 \cdot 10^{-4}$. И хотя чувствительность спектроанализатора была недостаточной для обнаружения предсказанных линий нейтрального азота, на УТР-2 радиоастрономы все-таки провели их поиск.

Известно, что в направлении на интенсивный радиоисточник Кассиопея А заметно сильное поглощение в линии нейтрального водорода (частота 1420 МГц). Это поглощение происходит в спиральных рукавах нашей Галактики, называемых рукавами Ориона и Персея (Земля и Вселенная, 1966, № 2, с. 6—13.—Ред.). Логично предположить, что и поглощение в линии азота следует искать именно в этом направлении. И луч радиотелескопа УТР-2 был направлен на радиоисточник Кассиопея А. Линия поглощения на частоте 26,13 МГц была обнаружена как в более близком к нам рукаве Ориона, так и в более далеком рукаве Персея. Лучевые скорости газа в этих рукавах оказались разными: в рукаве Ориона около -42 км/с, в рукаве Персея почти нулевыми. Внеземная природа обнаруженной линии подтверждается периодическим изменением ее частоты, которое точно соответствует доплеровскому сдвигу частоты, обусловленному вращением Земли по орбите вокруг Солнца.

Если действительно обнаружена линия нейтрального азота, то в рукаве Персея отношение плотностей водорода к азоту составит 130—140. Обычно принято считать, что это отношение равно 2000. Такое расхождение навело американских астроно-

мов на мысль о том, что наблюдавшаяся линия поглощения связана с рекомбинационной линией углерода (и более тяжелых элементов). По мнению американских радиоастрономов, рекомбинационная линия углерода, в отличие от всех известных до сих пор рекомбинационных линий, должна наблюдаться не в излучении, а в поглощении. На УТР-2 начаты дополнительные эксперименты для окончательного выяснения природы новой линии поглощения.

КАТАЛОГ ДИСКРЕТНЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ

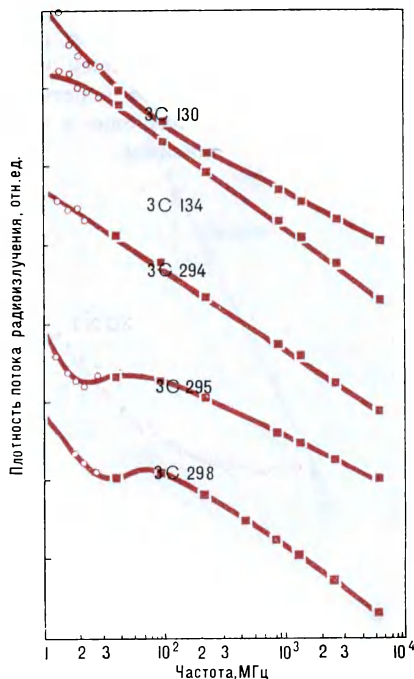
Астрономия — наука наблюдательная. Многие закономерности, установленные в астрономии, получены путем статистической обработки обширного материала наблюдений. Этот материал, как правило, содержится в различных каталогах.

Самые многочисленные объекты, которые исследуют радиоастрономы, — дискретные источники космического радиоизлучения. В настоящее время известно свыше 20 000 дискретных радиоисточников, и с увеличением чувствительности и разрешающей способности радиотелескопов их число будет возрастать. Данные об этих источниках собраны в различных каталогах, составленных главным образом на основе измерений в метровом, дециметровом и сантиметровом диапазонах. На декаметровых волнах измерено всего несколько сот самых интенсивных источников.

Радиотелескоп УТР-2 позволил приступить к созданию первого систематического каталога дискретных источников на волнах декаметрового диапазона. Уже получены сведения о плотности потоков излучения и координатах источников, расположенных на небесной сфере между -13 и 20° склонения и между 0 и 24^h прямого восхождения. Эти измерения выполнены на пяти-шести частотах декаметрового диапазона, в то время как большинство существующих систематических каталогов составлено на фиксированной частоте. Первый каталог радиоисточников декаметрового диапазона содержит свыше тысячи объектов.

Подавляющее большинство источников из этого каталога — внегалактические объекты с синхротронным механизмом излучения. В радиодиапазоне излучают релятивистские электроны, движущиеся в магнитном поле источника. В спектре таких источников плотность потока убывает с частотой по степенному закону. В логарифмическом масштабе зависимость плотности потока источника от частоты линейная и наклон прямой к оси частот, или спектральный индекс, будет различным у разных источников. Если воспользоваться теорией синхротронного излучения и различными моделями дискретных источников, можно предсказать вид спектров нетепловых источников в области декаметровых волн. Оказывается, источники должны иметь линейные спектры и деформированные, нелинейные, с отрицательной кривизной. Деформация спектра может происходить как в самом источ-

Различные спектры радиоисточников: линейный (ЗС 294), с отрицательной кривизной (ЗС 134), с положительной кривизной (ЗС 130), с переменной кривизной (ЗС 295 и ЗС 298)



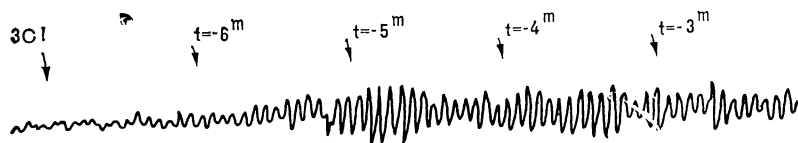
нике, так и в среде, где распространяются радиоволны, излучаемые источником.

По данным каталога источников, составленного с помощью УТР-2, и других каталогов были построены спектры около 700 объектов в диапазоне частот от 10 до 1400 МГц. Кроме предсказанных теорией линейных спектров (80% источников) и спектров с отрицательной кривизной (3% источников) были обнаружены еще два типа спектров — с положительной кривизной (10% источников) и с переменной кривизной (0,5% источников). Связан ли тот или иной тип спектра с какими-либо свойствами источника, установить не удалось. Например, у радиогалактик и квазаров встречаются все четыре типа спектров. Вполне вероятно, что общая причина вызывает различия в спектрах. Возможно, искажается энергетический спектр релятивистских электронов, находящихся в источнике. Электроны с энергией 10^7 — 10^8 эВ, двигаясь в магнитных полях напряженностью 1—10 мкГс, генерируют декаметровые радиоволны. Различная степень искажения энергетического спектра электронов может обусловить тот или иной тип спектра дискретных источников.

У многих радиоисточников существуют компактные детали, в которых происходит реабсорбция — поглощение излучения, генерируемого источником, в нем самом. В этом случае источник должен иметь спектр с отрицательной кривизной на декаметровых волнах. Однако такие спектры наблюдаются весьма редко. Возможно, это объясняется тем, что ра-



диоволны разных частот испускаются различными областями источника. Так, волны сантиметрового диапазона излучаются внутренними компактными деталями, а декаметровые — внешними, например гало. Но тогда угловые размеры источника, определенные на различных частотах, должны отличаться друг от друга. Чтобы проверить это предположение, на УТР-2 были измерены угловые диаметры источников в декаметровом диапазоне.



УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ ИСТОЧНИКОВ

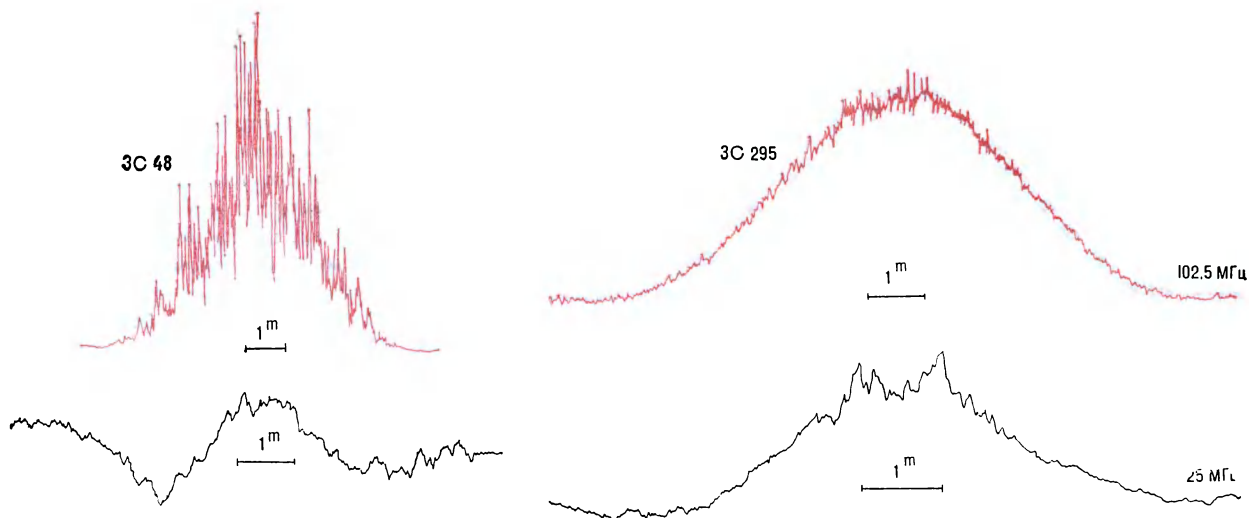
Радиотелескоп УТР-2 «видит» источники размером более $20'$. Наблюдая на этом телескопе протяженный источник, радиоастрономы строят его карту. На таких картах нанесены линии равной радиояркости. Сравнив радиокарты источника Петля в созвездии Лебеда, построенные на декаметровых и более высоких частотах, украинские радиоастрономы пришли к выводу, что размер этого источника не зависит от частоты. Спектр источника линейный.

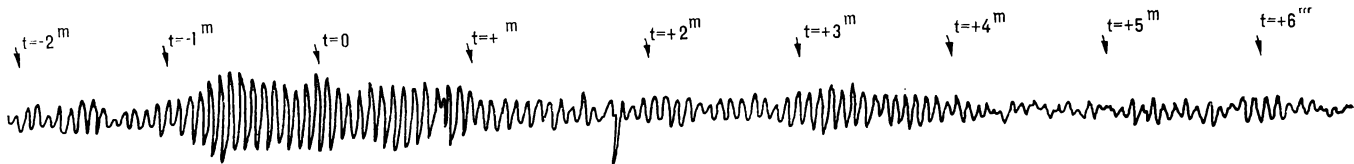
Угловые размеры объектов меньше $20'$ измерялись на УТР-2 методом их покрытия Луной, предложенным академиком В. Л. Гинзбургом и Г. Г. Гетманцевым. Если источник точечный, то при заходе (или выходе) за лунный диск его интенсивность падает (или возрастает) почти мгновенно. У протяженных источников при заходе и выходе из-за лунного диска интенсивность меняется постепенно. Продолжительность захода и выхода дает представление о размерах источника. Наблюдая на УТР-2 картину покрытия источника Луной, можно получить распределение яркости по источнику, на которой удастся выявить компактные детали размером $10-15''$. Методом покрытия Луной определялся размер радиогалактики 3С 212. Оказалось, что на декаметровых и более коротких волнах размер источника один и тот же. Спектр 3С 212 линейный.

Запись прохождения источника 3С 144 через диаграмму направленности интерферометра УТР-2 — УРАН-1. Максимальная амплитуда интерференции наблюдается, когда источник проходит через центр диаграммы направленности, момент $t=0$ (наблюдения А. Л. Бобейко, В. П. Бовкуна, С. Я. Брауде, А. В. Мень, Ю. Ю. Сергиенко)

Записи сигналов мерцаний на неоднородностях межпланетной плазмы радиоизлучения источников 3С 48 и 3С 295. Компактные детали радиоисточников мерцают сильнее (наблюдения В. С. Артюха и Б. П. Рябова)

Угловые размеры компактных источников измеряются методом мерцаний. Радиоизлучение источников, прежде чем попасть в антенну телескопа, проходит через межпланетную плазму. Если размеры радиоисточника около $10''$, то неоднородности плазмы вызывают его мерцание, подобно тому как звезды мерцают из-за колебаний плотности земной атмосферы. Чем компактнее радиоисточник, тем сильнее он мерцает. Протяженные радиоисточники, как и





планеты, не мерцают. По степени мерцания можно судить о размерах источников.

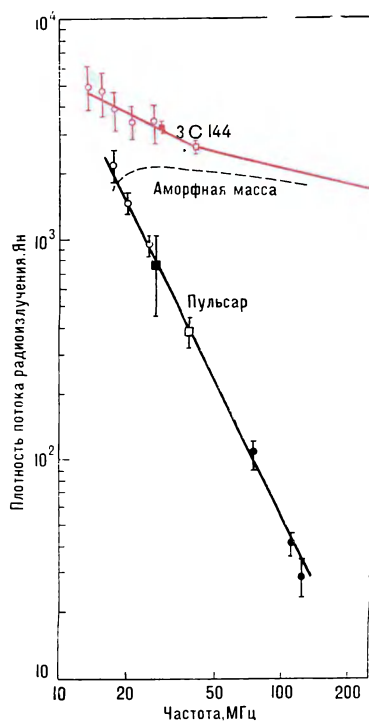
На радиотелескопе УТР-2 (частота 25 МГц) и радиотелескопе Физического института АН СССР (частота 102,5 МГц) были измерены методом мерцаний угловые размеры квазара ЗС 48 и радиогалактики ЗС 295. Как следует из наблюдений, в источнике ЗС 48 есть компактное ядро, окруженное гало размером около $10''$. На частоте 102,5 МГц наблюдались почти 100%-ные мерцания ядра, протяженное гало не мерцало. На частоте 25 МГц мерцания ядра слабые, ибо практически все излучение испускается протяженным гало, излучение компактного ядра невелико из-за реабсорбции. Следовательно, размер ЗС 48 зависит от частоты. У этого квазара спектр имеет отрицательную кривизну.

Мерцания источника ЗС 295 увеличиваются с понижением частоты, то есть в декаметровом диапазоне радиогалактика становится компактнее. Но, возможно, увеличение мерцаний вызвано другой причиной. У ЗС 295 есть два радиоизлучающих компонента размером около $2''$, расстояние между которыми примерно $4''$. Не исключено, что мерцания обусловлены одним компонентом, излучение которого растет с уменьшением частоты, а излучение другого компонента падает из-за реабсорбции. У радиогалактики ЗС 295 спектр с переменной кривизной, что подтверждает возможность поглощения в самом источнике.

Угловые размеры дискретных источников определялись с помощью интерферометра УТР-2 — УРАН-1,

разрешение которого порядка $30''$. Одним из этих источников была знаменитая Крабовидная туманность (ЗС 144). Когда источник «входит» в диаграмму направленности интерферометра, самописец регистрирует интерферограмму в виде синусоиды — интерференционных лепестков.

Спектр радиои источника ЗС 144 (Крабовидная туманность), входящих в него пульсара NP 0532 и аморфной массы туманности (наблюдения В. П. Бовкуна, С. Я. Брауде и А. В. Мень)



Их амплитуда достигает максимального значения во время прохождения источника через центр диаграммы интерферометра, затем амплитуда уменьшается. Наблюдаемая при прохождении ЗС 144 интерферограмма обусловлена излучением пульсара NP 0532, находящегося в центре Крабовидной туманности. Его угловые размеры около $0,1''$, и он неразрешим интерферометром УТР-2 — УРАН-1. Как известно, в суммарное излучение Крабовидной туманности вносят вклад пульсар и аморфная масса туманности, размеры которой около $4'$. Интерферометр полностью разрешает часть Крабовидной туманности, связанную с аморфной массой, поэтому можно оценить вклад пульсара в общее радиоизлучение источника ЗС 144. Благодаря этим наблюдениям удалось построить спектр источника ЗС 144 и входящих в него пульсара и аморфной массы туманности. В диапазоне частот 16,7—122 МГц спектр пульсара линейный, у всей Крабовидной туманности спектр с положительной кривизной, у аморфной массы — с отрицательной.

Определения угловых размеров источников на декаметровых волнах пока не дали однозначного ответа на вопрос, как изменяются эти размеры с частотой.

Мы рассказали лишь о нескольких работах, которые проводятся на радиотелескопе УТР-2 и интерферометре УТР-2 — УРАН-1. Сотрудники сектора радиоастрономии Института радиопизики и электроники АН УССР продолжают исследования космических объектов в декаметровом диапазоне радиоволн.



Взрывающиеся звезды и их остатки

УНИКАЛЬНЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ

Сверхновые надолго оставляют на небе следы своей краткой, но очень бурной «жизни». Выброшенные при взрывах довольно массивные оболочки движутся с огромной скоростью (около 10 000 км/с), они взаимодействуют со средой, через которую проходят, сильнее всего возмущая ее. В отдельных случаях можно наблюдать и сами оболочки, пока они еще не растворились в окружающей межзвездной среде. И не случайно в астрономии возникла новая, очень важная и перспективная область исследований остатков вспышек сверхновых звезд.

Исторически первым космическим объектом, который астрономы отождествили с некогда вспыхнувшей сверхновой, была знаменитая Крабовидная туманность. Подозрения на этот счет возникли еще в 1919 году, когда было обращено внимание на близость координат этой туманности и упомянутой в старинных китайских и японских хрониках «звезды-гостя», вспыхнувшей в 1054 году в созвездии Тельца и наблюдавшейся среди бела дня. Однако только в 1928 году величайший астроном нашего века Э. Хаббл определенно высказался в пользу этого отождествления, которое вскоре было доказано. Помимо совпадения координат, решающее значение имеет анализ собственных движений волокон туманности. Если экстраполировать эти скорости «назад», получится, что примерно за

900 лет до нашего времени туманность, угловые размеры которой сейчас превышают 5 минут дуги (около $\frac{1}{3}$ солнечного радиуса), была «точкой», то есть расширение ее началось в эпоху вспышки наблюдавшейся китайцами «звезды-гостя».

В истории астрономической науки Крабовидная туманность сыграла исключительную роль. Недаром среди астрономов бытует шутка, что современную астрофизику можно разделить на две части: физику Крабовидной туманности и... все остальное. Эта туманность, например, была первым отождествленным космическим радиисточником (не считая Солнца, конечно) и первым отождествленным космическим рентгеновским источником. Внутри нее находится самый короткопериодический и во всех отношениях замечательный пульсар. Наконец, оптическое свечение туманности в непрерывном спектре имеет совершенно особую, до недавнего времени нигде в Космосе не встречавшуюся природу. Не подлежит сомнению, что Крабовидная туманность преподнесет астрономам еще не один сюрприз.

Кроме яркого непрерывного оптического спектра Крабовидная туманность излучает спектральные линии. Они образуются в сети волокон, охватывающей центр Крабовидной туманности и расширяющейся со скоростью более 1000 км/с. Эти волокна и есть бывшая оболочка. Химический состав волокон сходен с химическим составом солнечной атмосферы, но в волокнах относительно больше, чем на Солнце. Все же наиболее обильным элементом (по чис-

лу атомов) в туманности является водород, что исключает возможность отождествления сверхновой 1054 года с I типом. Весьма вероятно, что эта сверхновая, хотя и была не совсем обычной, принадлежала к II типу.

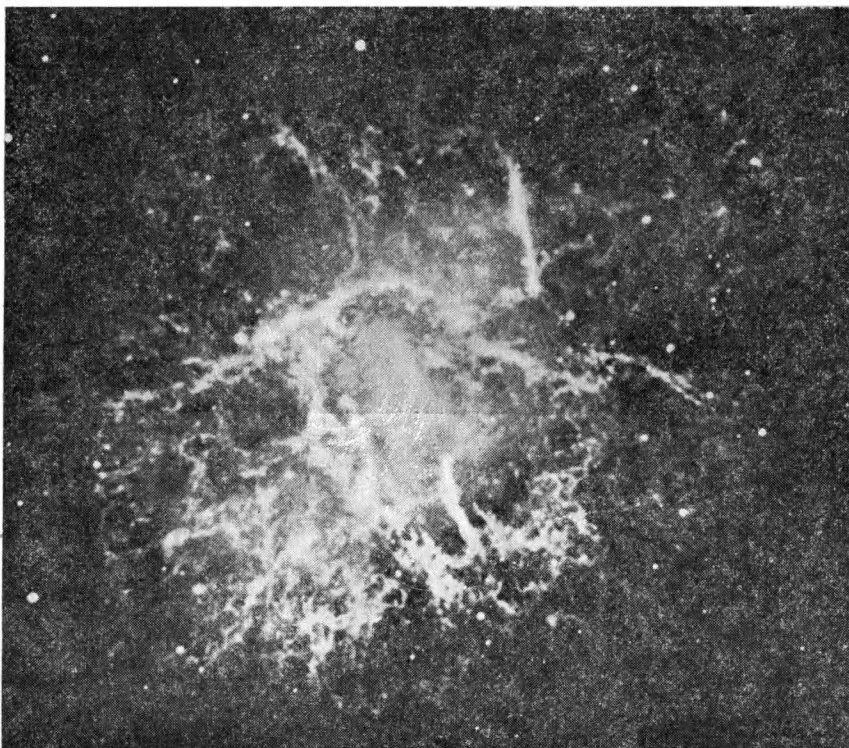
Непрерывный спектр электромагнитного излучения Крабовидной туманности охватывает огромный диапазон от метровых радиоволн до сверхжестких квантов с энергией, превышающей 10^{12} эВ. Доказано, что всю эту радиацию испускают заключенные в Крабовидной туманности релятивистские электроны, движущиеся в магнитном поле, напряженность которого в 1000 раз меньше земного. Менее энергичные из этих электронов с энергией около 10^8 — 10^9 эВ излучают радиоволны, электроны с энергией 10^{11} — 10^{12} эВ — видимый свет, а более энергичные — рентгеновские и гамма-кванты. Излучая кванты при своем движении в магнитном поле, релятивистские электроны теряют энергию. Очень быстро теряют энергию сверхэнергичные электроны, ответственные за оптическое и, особенно, рентгеновское излучение Крабовидной туманности. У таких электронов время жизни ощутимо меньше возраста туманности. Поэтому совершенно необходимо механизм, непрерывно **возобновляющий** эти электроны, которые, будучи «заперты» в туманности магнитным полем, не могут «вытечь» в окружающее пространство. Таким механизмом (вернее, «машиной») является находящаяся в центре Крабовидной туманности нейтронная звезда. Она образовалась после вспышки сверхновой 1054 года.

О к о н ч а н и е. Начало в № 4, 1981.



*Фотография
Крабоидной туманности в области
длины волн 7200—8400 Å.
В этом участке спектра
туманность не излучает
ярких линий. Внешне туманность
представляет собой аморфную массу*

*Фотография
Крабоидной туманности в области
длины волн 6300—6700 Å.
Видна ажурная система волокон,
которые излучают
эмиссионные линии*



ЗВЕЗДНЫЕ ОСТАТКИ СВЕРХНОВЫХ

Уже давно в центральной части Крабовидной туманности астрономы наблюдали две близко расположенные друг к другу слабые звездочки 16-й величины. Из них южная оказалась отнюдь не обычной звездой, а чем-то совершенно особенным! Это стало ясно только в 1969 году, спустя год с небольшим после одного из величайших открытий в астрономии XX века — открытия пульсаров (Земля и Вселенная, 1971, № 2, с. 19—22.— Ред.). Пульсары обнаружили на кембриджском радиотелескопе (Англия) совершенно случайно, и их природа была понята не сразу.

Новые радиоисточники испускали строго периодические радиоимпульсы, причем периоды были порядка секунды. Оказалось, что эти импульсы излучаются сильно намагниченными (напряженность поля около 10^{12} Гс!) объектами ничтожно малых размеров (радиус порядка 10 км). Так были открыты нейтронные звезды, существование которых астрономы предсказывали еще в 1934 году. Именно тогда была предложена гипотеза, согласно которой в процессе вспышки сверхновой обычные звезды превращаются в нейтронные. В последующие годы видные теоретики выполнили расчеты структуры нейтронных звезд. Становилось все более ясно, что нейтронные звезды, наряду с белыми карликами, имеют фундаментальное значение для звездной эволюции, поскольку представляют собой ее конечную стадию. Тем более обидно было, что никаких шансов наблюдать реальные нейтронные звезды не было видно на горизонте астрономической науки. Из-за своих ничтожных размеров они никак не могут быть источниками наблюдаемого оптического излучения. И вдруг их открыли, и притом самым неожиданным образом! Ведь ниоткуда же не следовало, что нейтронные звезды могут быть источниками мощного радиоизлучения, и притом направленного, как прожекторный луч! Заметим, что и сейчас, спустя 14 лет после обнаружения

пульсаров, природа их радиоизлучения не ясна. Так что пульсары для астрономов действительно явились подарком.

Вскоре после открытия первых четырех («кембриджских») пульсаров был обнаружен пульсар в Крабовидной туманности. До этого он, что называется, «стучался в двери» (то бишь, в радиотелескопы) астрономов, которые еще в начале 60-х годов выявили в центральной части Крабовидной туманности переменный радиоисточник малых угловых размеров, особенно интенсивный на низких частотах. Измеренный период пульсара в Крабовидной туманности (равный периоду вращения нейтронной звезды) рекордно мал — 0,033 секунды. Дальнейшие измерения показали, что этот период все время растет, то есть вращение нейтронной звезды замедляется. Что же ее тормозит? Оказывается, — собственное весьма длинноволновое излучение, вызванное тем, что нейтронная звезда сильно намагничена. Эта непрерывно теряемая нейтронной звездой кинетическая энергия вращения в конечном итоге через посредство магнитного поля переходит в энергию релятивистских электронов. Таким образом, «впрыскивает» релятивистские электроны в Крабовидную туманность находящийся внутри нее пульсар. Если бы пульсар «выключился» (например, остановилось бы его вращение), через несколько месяцев прекратилось бы жесткое рентгеновское излучение Крабовидной туманности, через сотню лет — ее оптическое излучение и только радиоизлучение продолжалось бы до тех пор, пока туманность окончательно не рассеялась бы.

Пульсар в Крабовидной туманности замечателен еще тем, что излучает не только радиоволны (как остальные пульсары), но и оптические, а также рентгеновские кванты. Необычный оптический объект в центре Крабовидной туманности — это вовсе не звезда, а пульсар. Период пульсаций его оптического излучения в точности равен периоду радиопульсара.

Теперь уже с полным правом можно сказать, что пульсары — звездные

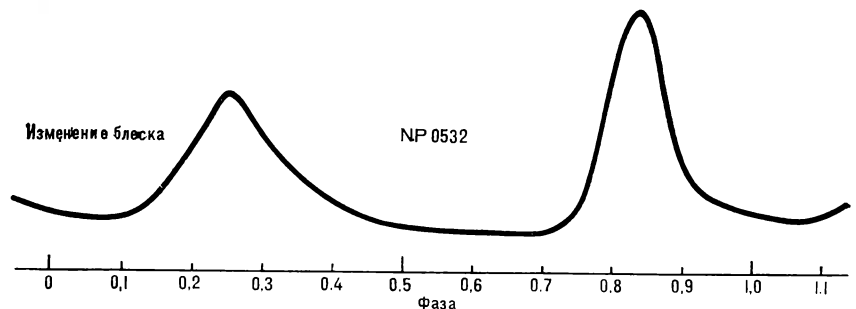
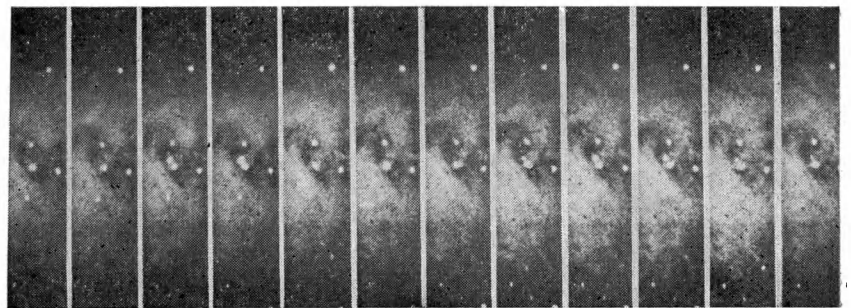
«остатки» вспышек сверхновых звезд. В настоящее время известно около 350 пульсаров. Периоды их растут, вращение тормозится. Зная период и скорость его изменения, легко определить возраст пульсара, например возраст пульсара в Крабовидной туманности около 1000 лет, что полностью соответствует отождествлению этой туманности со «звездой-гостьей» 1054 года. Средний возраст пульсаров порядка нескольких миллионов лет. Это намного больше, чем возраст туманностей, образовавшихся при вспышках сверхновых. Последний исчисляется десятками тысяч лет. В тех немногих случаях, когда «молодой» пульсар удачно ориентирован по отношению к земному наблюдателю (ось его диаграммы излучения проходит через Землю), можно увидеть пульсар в туманности. Такой редкий случай обнаружен в Крабовидной туманности, а также в туманности в созвездии Паруса. Там нахо-

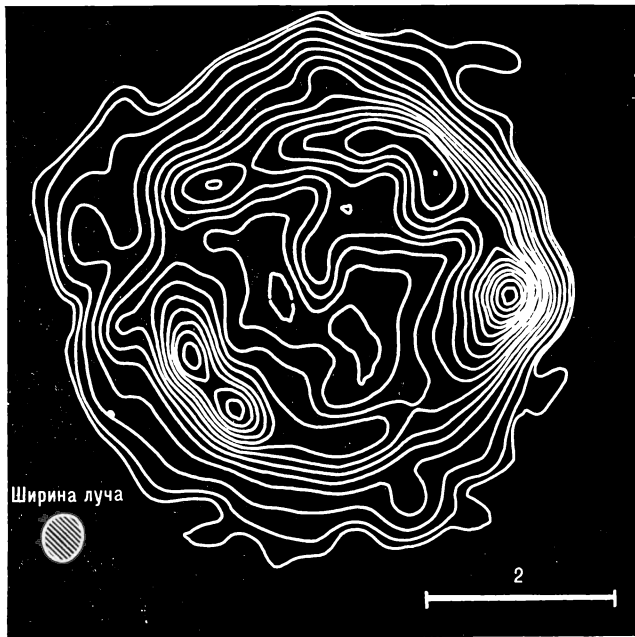
дится один из короткопериодических пульсаров с периодом 0,089 секунды, возраст которого (определяемый по его торможению) около 10 000 лет. Он, как и пульсар в Крабовидной туманности, — источник очень слабого оптического и гамма-излучений.

Существует несколько методов определения расстояний до пульсаров, на которых мы здесь останавливаться не будем. Зная расстояния и характер диаграммы направленности радиоизлучения пульсаров, можно найти полное количество этих объектов в Галактике, которое порядка сотни тысяч. При известном среднем возрасте пульсаров мы получаем, что новые пульсары «рождаются» в Галактике раз в 20-30 лет. Очевидно, так же часто всплывают сверхновые звезды в Галактике. Заметим, что другие методы, а также статистический анализ вспышек в галактиках разных морфологических типов дают для частоты вспышек сверхновых то же значение. Эта частота в 20—30 раз меньше частоты образования белых карликов — самого распространенного «конечного» продукта звездной эволюции.

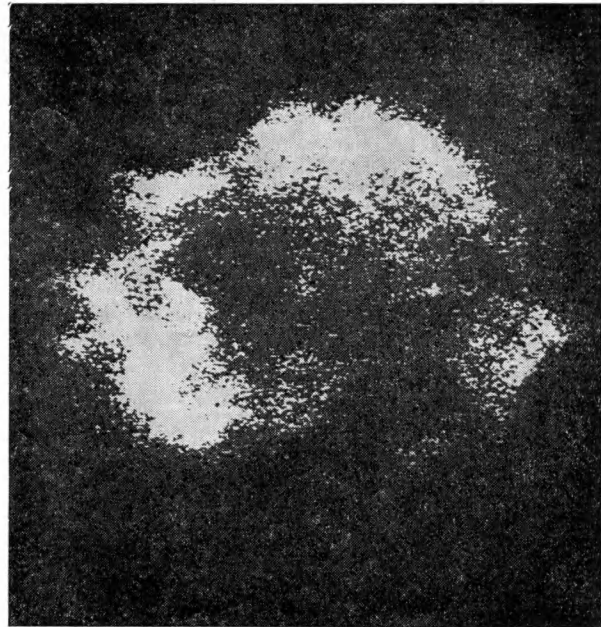
Возросшая точность радиоастрономических наблюдений позволила измерить собственные движения по не-

Фотографии центральной части Крабовидной туманности в различные моменты времени и соответствующая им кривая блеска пульсара NP 0532. Пульсар виден на снимках как звезда, меняющая блеск





Радиоизображение на волне 21 см (слева) и рентгеновская фотография оболочечного остатка сверхновой 1667 года



бесной сфере самых близких к нам пульсаров. Их собственные движения составляют доли секунды дуги в год. Если известны расстояния до пульсаров, можно определить составляющую их скорости, перпендикулярную лучу зрения. Таким образом выяснилось, что большинство пульсаров движется в пространстве со скоростью выше 100 км/с, причем многие из них имеют скорости 200—400 км/с. При таких скоростях пульсары должны были образовывать вокруг Галактики сферическую корону, чего не наблюдается. Причина, по-видимому, кроется в сравнительной краткости радиоизлучающей фазы нейтронных звезд. Они не успевают «пройти» Галактику, как уже перестают излучать радиоволны. Почему так происходит, пока не известно. Высокие скорости пульсары, вероятнее всего, приобретают в момент своего образования при вспышке сверхновой звезды. Так как масса сброшенной оболочки составляет замет-

ную долю (около 30%) массы взорвавшейся звезды, а скорость выброса достигает 10 000 км/с, то даже при небольшой асимметрии взрыва образующаяся нейтронная звезда приобретает, согласно закону сохранения импульса, «скорость отдачи» больше сотни километров в секунду.

Не представляет труда понять причину сильной намагниченности нейтронных звезд. Ведь при катастрофическом сжатии электропроводной среды должен сохраняться магнитный поток, а это означает, что магнитное поле во время такого сжатия будет расти обратно пропорционально квадрату радиуса ядра.

Пульсарам свойственна замечательная особенность: за редким исключением они не входят в состав двойных звездных систем. Из 350 известных пульсаров только три являются компонентами таких систем. Двойственность системы, в которой есть пульсар, легко обнаружить по периодическим изменениям его периода, обусловленным эффектом Доплера. Между тем по крайней мере 30% всех звезд Галактики входят в состав кратных (прежде всего, двойных) систем.

Отсутствие кратности частично объ-

ясняется большими скоростями, которые приобретают пульсары в момент своего образования. Если скорость пульсара превышает параболическую, звездная пара может разорваться. Тесные пары таким способом разорвать нельзя. По-видимому, отсутствие двойственности у пульсаров отражает тот факт, что большинство сверхновых в нашей Галактике до вспышки были одиночными звездами.

ОБОЛОЧКИ СВЕРХНОВЫХ В МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЕ

На месте вспышек сверхновых долгое время наблюдаются туманности, возникшие в результате взаимодействия выброшенных при взрыве оболочек с межзвездной средой. Эти туманности — довольно мощные источники радиоизлучения, а также мягкого рентгеновского излучения. Механизм радиоизлучения такой же, как в Крабовидной туманности. Его часто называют синхротронным, поскольку он наблюдается в ускорителях, в настоящее время его широко используют в экспериментальной физике. Различают два типа радиоисточников — остатков вспышек сверхновых. Подавляющее их большинство

имеет явно выраженную оболочечную структуру. Оболочечная структура присуща и рентгеновским источникам, связанным с такими остатками. В них же часто наблюдаются в оптические телескопы волокна (иногда даже нити), излучающие различные спектральные линии. В центре оболочки должен бы находиться звездный остаток вспышки. Радиусы оболочек обычно порядка нескольких десятков световых лет, скорости расширения десятки и сотни километров в секунду.

Поскольку оболочечные остатки вспышек испускают мягкое рентгеновское излучение, в них, скорее всего, находится весьма горячая плазма, нагретая до десятков миллионов градусов. Прямым доказательством справедливости этого предположения служат рентгеновские спектры таких объектов, в которых обнаружены линии высокоионизированных элементов, например Fe XXV.

Горячая плазма в окрестностях вспыхнувшей звезды образуется при распространении в межзвездной среде сильной ударной волны, порождающей быстро движущуюся оболочкой сверхновой. Первое время, пока такая оболочка, действующая, как поршень, на окружающую межзвездную среду, еще не «нагребла» достаточного количества массы, она движется без торможения, сохраняя свою «индивидуальность». Однако спустя сотни лет после взрыва, когда масса нагребенного газа уже значительно превышает массу выброшенного вещества, оболочка теряет свою индивидуальность, полностью растворяется в окружающей среде, и мы наблюдаем только распространение более или менее сферической ударной волны. Процесс носит адиабатический характер. Это означает, что первичная кинетическая энергия оболочки

$$E = \frac{MV^2}{2},$$

где M — масса оболочки, V — ее скорость, распределяется в виде тепловой энергии частиц, находящихся за фронтом ударной волны, причем количество излученной энергии пренебрежимо мало. По мере распространения такой волны в среде, растет

количество частиц за ее фронтом. Следовательно, уменьшается кинетическая энергия, приходящаяся на одну частицу, а значит, и температура. Математически этот процесс описывается формулами Л. И. Седова:

$$R_2 = \left(\frac{2,2E}{\rho_1} \right)^{1/5} \cdot t^{2/5};$$

$$T_2 = \frac{3}{25} \left(\frac{2,2E}{kn_1} \right) \cdot R_2^{-3}; \rho_2 = 4\rho_1,$$

где R_2 — радиус ударной волны, ρ_1 — плотность невозмущенной среды, ρ_2 — плотность на границе фронта, n_1 — концентрация частиц в невозмущенной среде, k — постоянная Больцмана.

Автор этой статьи около 20 лет тому назад применил теорию Седова к проблеме сверхновых и на ее основе впервые предсказал необходимость рентгеновского излучения от горячей плазмы, образующейся за фронтом ударной волны. По нашим оценкам, величина энергии оболочек около $3 \cdot 10^{50}$ эрг, откуда следует, что при скорости 10 000 км/с ее масса составит примерно 0,3 солнечной. В настоящее время эта теория получила значительное развитие и на ее основе анализируются данные о рентгеновском излучении остатков вспышек сверхновых.

Наряду с «оболочечными» остатками вспышек, в радиодиапазоне наблюдаются также остатки, в которых яркость увеличивается к центру. Типичный представитель этого класса объектов — Крабовидная туманность. В настоящее время известно около десяти таких остатков вспышек сверхновых, получивших название плерионов. Встречаются и остатки, представляющие собой плерионы, которые окружены оболочкой (например, объект Паруса-X). Плерионы отличаются от оболочечных источников своим радиоспектром, а также значительной поляризацией их синхротронного радиоизлучения, что указывает на сравнительную однородность магнитного поля.

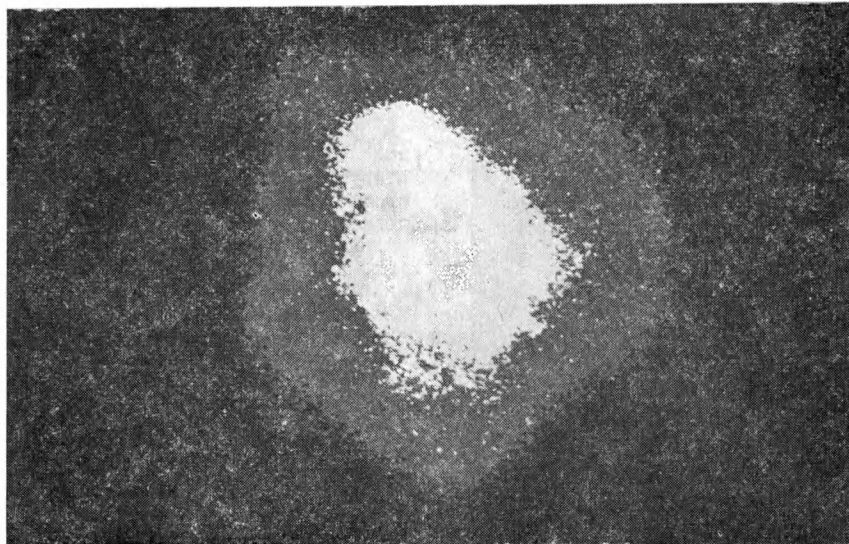
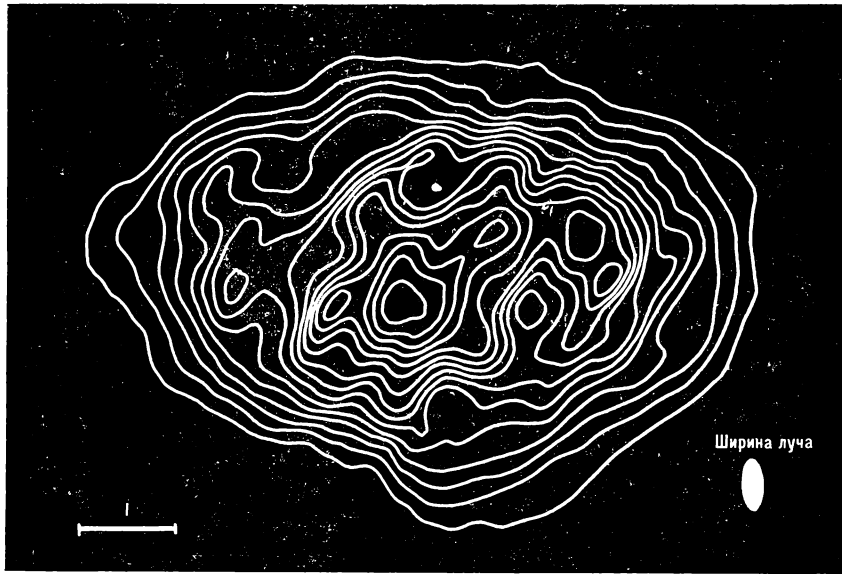
Основным источником энергии плерионов является расположенный внутри них пульсар. Магнитное поле в плерионах также обусловлено активностью пульсаров.

Автор этой статьи считает, что пле-

рионы — это остатки вспышек сверхновых II типа, между тем как вспышки сверхновых I типа порождают только оболочечные остатки. Но остатки сверхновых II типа могут иметь еще и оболочку. С течением времени плерион может «погаснуть» (сильно уменьшится мощность его радиоизлучения), а оболочка останется. Такие старые остатки вспышек сверхновых II типа не будут отличаться от остатков вспышек сверхновых I типа.

Сейчас можно считать доказанным, что после вспышек сверхновых II типа образуются быстро вращающиеся, намагниченные нейтронные звезды — пульсары. Возникают ли нейтронные звезды после вспышек сверхновых I типа? На этот простой вопрос однозначного ответа пока нет. Некоторые теоретики считают, что при взрыве сверхновых I типа белый карлик полностью разрушается, а его вещество рассеивается в окружающем пространстве. В пользу этого вывода говорит тот факт, что в центре остатков молодых сверхновых I типа, вспыхнувших в 1572 и 1604 годах, не наблюдаются нейтронные звезды, хотя методами современной рентгеновской астрономии можно было бы обнаружить их жесткое тепловое излучение. Следует, однако, иметь в виду, что эти нейтронные звезды могли сильно охладиться за несколько сот лет и сейчас не излучают достаточного для наблюдений количества жесткой радиации.

Большинство специалистов, однако, полагают, что после вспышек сверхновых I типа также образуются нейтронные звезды. По мнению некоторых авторов, активность этих нейтронных звезд может объяснить экспоненциальную часть кривой блеска сверхновых I типа. В некоторых отношениях эта гипотеза имеет преимущество перед «радиоактивной» гипотезой. Одним из аргументов в пользу образования нейтронных звезд после вспышек сверхновых I типа служит сравнительно малая масса их оболочек — всего лишь 0,3 солнечной, между тем как масса взорвавшегося белого карлика должна превышать критическое значение 1,4 солнечной массы.



Радиоизображение на волне 11 см и рентгеновская фотография плериона — остатка сверхновой 1054 года. На рентгеновской фотографии виден яркий пульсар

Мы не затронули множество проблем, связанных со вспышками сверхновых звезд. Например, весьма интересен круг вопросов, касающихся вспышек сверхновых звезд в двойных системах. В результате таких

вспышек в кратных системах возникают нейтронные звезды, на которые с огромной скоростью падают струи газа с другого компонента системы. Вокруг нейтронной звезды образуется очень горячий плотный газовый диск, излучающий огромную мощность в рентгеновском диапазоне. Исследование этих рентгеновских пульсаров (Земля и Вселенная, 1977, № 1, с. 29—35.— Ред.) — основная задача рентгеновской астрономии.

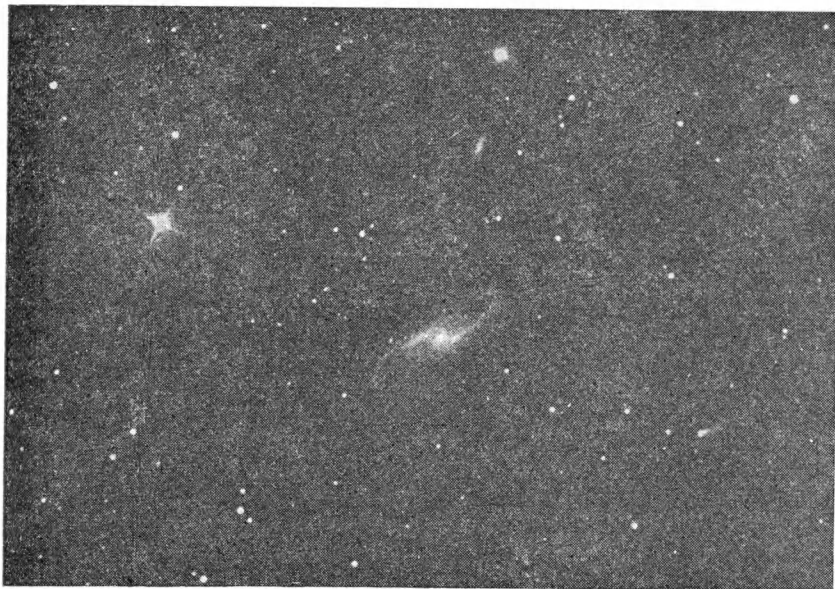
Большой интерес представляет

анализ вспышек сверхновых как главного источника космических лучей в Галактике. На основе развитой в нашей стране теории синхротронного излучения можно вычислить содержание релятивистских частиц в остатках сверхновых. Зная частоту вспышек сверхновых, можно найти среднюю мощность «впрыскиваемых» в Галактику релятивистских частиц — «свежих» космических лучей. Оказывается, что это количество вполне компенсирует количество гибнущих при столкновениях с ядрами межзвездных атомов галактических космических лучей. Тем самым обеспечивается динамическое равновесие космических лучей в нашей звездной системе.

Столь же интересен вопрос о связи вспышек сверхновых с процессом звездообразования. Оказывается, что процесс, разрушающий звезды, одновременно стимулирует их образование. Дело в том, что на периферии остатков вспышек могут уплотняться облака холодного межзвездного газа, что влечет за собой последующую, довольно быструю конденсацию газа облаков под влиянием сил тяготения.

В заключение остановимся еще на одной проблеме. Легко показать, что при сжатии ядра до размеров нейтронной звезды (примерно до 10 км) освобождается гравитационная энергия порядка $3 \cdot 10^{52}$ эрг. Между тем полная энергия, излученная сверхновой за все время вспышки, около 10^{50} эрг, а кинетическая энергия оболочки $3 \cdot 10^{50}$ эрг. Куда же деваются 99% освобожденной гравитационной энергии? Оказывается, она превращается в нейтрино, которые свободно покидают недра взорвавшейся звезды. Согласно расчетам, длительность нейтринной вспышки, сопутствующей взрыву звезды и уносящей 99% освобожденной энергии, всего лишь около секунды. Средства современной экспериментальной ядерной физики позволяют зарегистрировать эти нейтринные всплески, даже если они случаются при вспышках сверхновых далеко за пределами нашей Галактики. Остается только надеяться, что всплески будут обнаружены в ближайшее время.

СВЕРХНОВАЯ В ГАЛАКТИКЕ NGC 4536



На Крымской станции Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга около двадцати лет ведутся наблюдения по программе службы сверхновых звезд (Земля и Вселенная, 1972, № 2, с. 61.— *Ред.*). Систематически на 40-сантиметровом астрографе фотографируются участки неба, богатые галактиками.

В ночь со 2 на 3 марта 1981 года я получил две фотографии области,

Спиральная галактика NGC 4536 до вспышки сверхновой звезды (вверху) и в момент максимального блеска сверхновой (внизу). Фотографии получены В. П. Горанским на 50-сантиметровом астрографе Крымской станции ГАИШ

расположенной в богатом скоплении галактик в созвездии Девы. На следующий день, просматривая негативы на блинк-компараторе, я обнаружил яркий звездообразный объект в спиральной галактике NGC 4536, которого не было на полученных ранее пластинках. Объект не перемещался по небу, значит, это сверхновая звезда. Она находилась в $50''$ к северо-востоку от ядра галактики. Блеск сверхновой в момент открытия составлял $12,3^m$, что примерно равнялось блеску всей галактики. Скопление галактик в Деве удалено от нас примерно на 15 Мпк, следовательно, абсолютная величина сверхновой $-18,6^m$. Такая высокая светимость характерна для сверхновых I типа вблизи максимума блеска.

Через неделю после открытия сверхновая достигла максимума блеска $12,0^m$, затем блеск стал быстро ослабевать, но наблюдения звезды будут продолжаться еще несколько месяцев.

Д. Ю. ЦВЕТОВ

ВСПЫШКА СВЕРХНОВОЙ В РАДИОДИАПАЗОНЕ

В 1979 году в спиральной галактике M100 вспыхнула сверхновая, которую открыл 19 апреля любитель астрономии. Четыре дня спустя блеск сверхновой достиг максимума.

Американские радиоастрономы попытались обнаружить возможное радиоизлучение вспышки. 27 апреля 1979 года, когда они начали наблюдения, сверхновая все еще находилась в максимуме блеска. На волне длиной 6 см радиоизлучение не было зарегистрировано. Год спустя — в апреле 1980 года — выполнили повторные наблюдения. Сверхновая к этому времени уже угасла, однако на месте вспышки оказался сильный источник радиоизлучения (интенсивность 5 мЯн). Расстояние до M100 составляет 16 Мпк, следовательно, светимость источника $2 \cdot 10^{38}$ эрг/с. Яркий галактический остаток сверхновой Кассиопея А излучает в 180 раз меньше!

Спектр источника нетепловой. К. Вейлер, Дж. ван ден Хюлст и другие радиоастрономы, наблюдавшие остаток сверхновой в галактике M100, считают, что излучает не газовая оболочка, которая выбрасывается при взрыве (как в случае галактических остатков сверхновых), а непосредственно взорвавшаяся звезда. Возможно, это — очень молодой пульсар.

Astrophysical Journal, Letters, 1981, 243, 3.



«Интеркосмос-21»

6 февраля 1981 года в Советском Союзе был успешно осуществлен запуск искусственного спутника Земли «Интеркосмос-21». Во время полета испытывалась система сбора и передачи информации — своеобразный мост — Земля — спутник — Земля.

Неуклонно расширяется тематика исследований, проводящихся на спутниках серии «Интеркосмос». Ученые исследовали коротковолновое излучение Солнца, ионосферу и магнитосферу Земли, космические лучи, потоки метеоритов. На этих спутниках испытывались и внедрялись в программу совместных научных работ различные технические системы. На первых «Интеркосмосах» успешно работал передатчик типа «Маяк», позднее хорошо зарекомендовала себя в космосе специальная телеметрическая система (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 44—47.— Ред.). На борту спутника «Интеркосмос-15» выдержала летные испытания Единая телеметрическая система, с помощью которой научную информацию с бортовых приборов стали передавать непосредственно наземным станциям без использования служебных систем самого космического аппарата (Земля и Вселенная, 1978, № 3, с. 48—49.— Ред.). В создании Единой телеметрической системы принимали участие специалисты ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР. Эта система применяется теперь почти на всех спутниках «Интеркосмос».

Успешно завершив работу над телеметрической системой, ее авторы приступили к решению новой научно-технической задачи. Спутник «Интеркосмос-21» стал испытательной лабораторией для Системы сбора и передачи информации (ССПИ), разработанной и изготовленной в ВНР, ГДР, СССР и ЧССР. Цель эксперимента — комплексное изучение Мирового океана и поверхности Земли, автоматический сбор научной информации с наземных платформ и морских буев с последующей передачей ее наземным станциям.

Система ССПИ состоит из двух частей — бортовой и наземной. Восемь приборов бортового комплекса ССПИ установлены на спутнике «Интеркосмос-21». Наземная приемно-передающая аппаратура системы расположена на специальных буях и платформах, размещенных, соответственно, на исследуемых водных участках Земли и на суше. Буи и платформы представляют собой автоматические исследовательские лаборатории. Помимо приборов наземной части ССПИ, они «начинены» различными датчиками, измеряющими те или иные параметры, характерные для данного района, и аппаратурой, записывающей показания на запоминающие устройства, емкость которых позволяет накапливать информацию в течение суток.

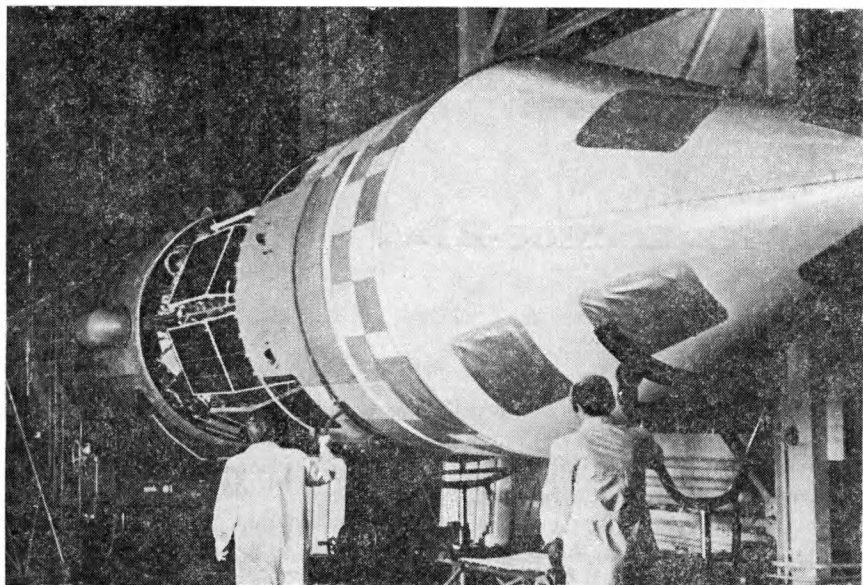
Во время полета спутник, оснащенный бортовым комплексом ССПИ, постоянно посылает на Землю сигналы-запросы, вызывая на связь находящегося на его пути абонентов — так мы впредь будем именовать буи и платформы. Получив вызов со спутника, абонент анализирует его «до-

стоверность», исключая возможность приема случайно поступившего постороннего радиосигнала. Убедившись, что сигнал получен с борта «своего» спутника, абонент включает передатчик, и на бортовые приемники ССПИ поступает ответный сигнал, подтверждающий, что буй или платформа готовы к работе. Радисты такой ответ называют «квитанцией». Теперь наступает черед спутника анализировать, действительно ли это сигнал нужного абонента и каково его качество с точки зрения уровня помех и шумов. В случае положительных ответов на эти вопросы спутниковый комплекс ССПИ дает сигнал на включение передатчиков абонента, которые за двадцать секунд передают на борт спутника накопленную за сутки научную информацию. Эта информация записывается на бортовые магнитофоны.

Во время сеанса связи спутник задает абоненту программу измерений на следующие сутки.

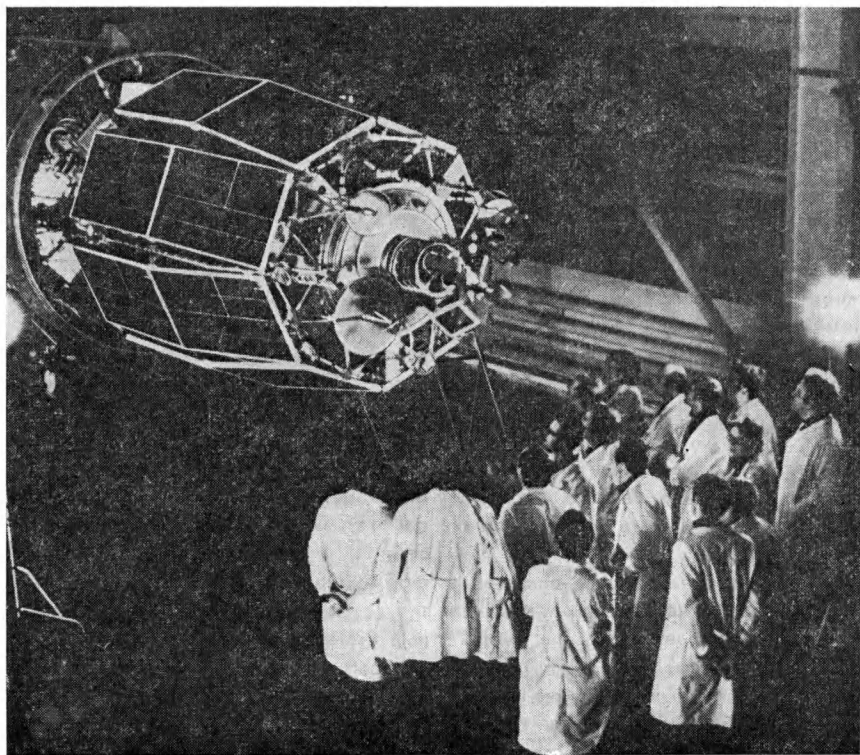
Такой «логический диалог» ведет спутник с каждым абонентом, над которым проходит в данное время трасса его полета. Во время пролета над наземными приемными станциями спутник передает на Землю всю собранную с буев и платформ информацию. Кроме того, ССПИ может работать и в режиме «непосредственной передачи», транслируя информацию, получаемую от абонентов, сразу же на наземные приемные станции, в зоне радиовидимости которых спутник в данный момент находится.

Создание цепочки автоматической связи Земля — спутник — Земля позволяет проводить исследования на



*Подготовка к полету ракеты,
которая вывела на орбиту
спутник «Интеркосмос-21»*
Фотохроника ТАСС

*Искусственный спутник Земли
«Интеркосмос-21» и его создатели*
Фото О. Кузьмина



больших площадях поверхности нашей планеты и, что особенно важно, в труднодоступных районах, где в настоящее время невозможно организовать постоянные наблюдения и исследования с участием человека.

В настоящем полете, имеющем испытательный характер, бортовая часть ССПИ работала с абонентами, расположенными в ВНР, ГДР, СССР. При полном использовании возможностей системы она в состоянии охватить наземную сеть из 256 буев и платформ.

Какие же научные задачи поставлены перед ССПИ в будущем? Данные, получаемые этой системой, позволяют существенно расширить наши знания о Мировом океане, о связанных с ним природных явлениях и процессах, богатствах его вод и шельфа. В частности, предполагается уточнить карты береговой линии океана, а также ледовых полей. Метеорологам предоставляется возможность выявить с помощью ССПИ опасные районы штормов и ураганов. Эти сведения, очевидно, окажут большую помощь водителям судов и обеспечат безопасность мореплавателям. Рыбаки во время промысла будут пользоваться оперативными данными о возможном местонахождении рыбы.

Весьма актуальна сегодня задача охраны чистоты океанских вод и прибрежной зоны. Решение и этой проблемы войдет в сферу деятельности ССПИ.

Созданный в ГДР и установленный на спутнике «Интеркосмос-21» многоканальный спектрофотометр измеряет оптическую толщину атмосферы в различных спектральных диапазонах, а для исследования пространственно-временного распределения вращения геомагнитного поля используется магнитометр советского производства.

В состав научной аппаратуры спутника входит также советский двухполяризационный радиометр, предназначенный для измерения интенсивности радиотеплового излучения системы атмосфера — подстилающая поверхность. С его помощью ученые — океанологи получают данные о термодинамической температуре поверхности океана.

За годы существования программы «Интеркосмос» во многих братских странах сформировались постоянно действующие творческие коллективы ученых и специалистов, работающих в области космических исследований. Их высокий научный потенциал и профессиональная квалификация помогают решать самые сложные задачи. Таких коллективов — ветеранов сотрудничества, участвовавших в создании спутника «Интеркосмос-21», много.

В подготовке самого первого запуска, проведенного по программе «Интеркосмос» в октябре 1969 года, активное участие принимали ученые и специалисты берлинского Института электроники (ныне Институт космических исследований) АН ГДР. В то время космической тематикой в институте занималась лишь небольшая группа сотрудников. Успешный «космический дебют» послужил хорошим

трамплином для дальнейшего развития их деятельности. К настоящему времени группа превратилась в мощный научный коллектив. Значительная часть работ по созданию ССПИ была выполнена сотрудниками этого института. Ими также был изготовлен многоканальный фотоспектрометр. В подготовке аппаратуры для спутника «Интеркосмос-21» принимал участие и Дрезденский политехнический университет АН ГДР.

Для многих спутников «Интеркосмос» бортовые источники питания изготавливались в Будапештском политехническом университете. Первый опыт венгерских специалистов на «Интеркосмосе-17» был успешным. Затем аппаратура из ВНР хорошо зарекомендовала себя в составе Единой телеметрической системы. И вот новые испытания.

В создании ССПИ участвовало также чехословацкое производственное

объединение «Тесла». Его представители постоянно разрабатывают приборы для программы «Интеркосмос».

Авторы проекта ССПИ с советской стороны — Морской гидрофизический институт АН УССР и Институт космических исследований АН СССР — неизменные участники практически всех международных спутниковых экспериментов. Над созданием научной аппаратуры для «Интеркосмоса-21» работали сотрудники Института радиоэлектроники АН СССР и Института океанологии АН СССР.

Эксперимент по измерению магнитного поля Земли был подготовлен совместно специалистами бухарестского Центрального института физики и техники АН СРР и Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР.

ПРИРОДА КОМЕТНЫХ ПЫЛИНОК

Известно, что кометные ядра содержат замерзшую воду и летучие соединения, а также примеси тугоплавких веществ. Полагают, что атомный состав кометных льдов такой же, как солнечного вещества, но льды сильно обеднены водородом и гелием. Молекулярный же состав льдов остается неясным. Между тем опыты по испарению в вакууме замороженных водных растворов, проводившиеся в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе АН СССР Е. А. Каймаковым с сотрудниками, показали, что молекулярный состав примесей должен определять размеры и форму пылинок, которые вырастают на поверхности кометного ядра при его испарении, а затем поступают в атмосферу кометы.

Оказалось, что в замороженных слабых растворах неорганических веществ (различных солей) при испарении образуются частицы размером около 1 мкм. Эти частицы объединяются на поверхности льда в сложные древовидные структуры — дендриты. Следует, однако, заметить, что размер частиц определяется в процессе замораживания льда.



Иная ситуация, если заморожен водный раствор с небольшими примесями (порядка 0,1—0,01 моль/л) органических соединений. Их существование в кометных льдах предполагается давно. В опытах с растворами мочевины (NH_2CONH_2), глицина ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$) и фенилаланина ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{H}_2\text{N})\text{COOH}$) получилось, что на поверхности испаряющегося в вакууме льда растут слегка вытянутые кристаллы примесных веществ. Когда концентрация исходных растворов понижалась,

кристаллы превращались в длинные нити, сечение которых порядка 1 мкм. Присутствие в растворе таких летучих веществ, как аммиак и этиловый спирт, способствует удлинению нитей. Нити очень хрупкие и легко разрушаются. Если они вырастают на поверхности кометных ядер, то в атмосферу кометы должны выноситься их обломки удлиненной формы. По мнению экспериментаторов, подобные пылинки могут составлять заметную долю среди всех пылинок в кометной атмосфере.

Поиски условий формирования пылинок вытянутой формы велись уже несколько лет — с тех пор как О. В. Добровольский и Е. А. Каймаков пришли к выводу, что отрицательная поляризация света, поступающего от комет, когда они наблюдаются на малых фазовых углах (угол Солнце — комета — наблюдатель), может быть объяснена лишь рассеянием света на пылинках вытянутой формы. Теперь эксперимент, выполненный в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе, позволил понять, как возникают подобные пылинки.

Письма в *Астрономический журнал*, 1981, 7, 2.



Доктор физико-математических наук
Э. С. КАЗИМИРОВСКИЙ
Э. К. СОЛОМАТИНА

Ионосфера Земли

Плазменное покрывало нашей планеты — земная ионосфера — уже более полувека исследуется учеными. Каковы ее свойства и строение, какими методами ее изучают!

В 1901 году молодой итальянский инженер Г. Маркони поставил смелый опыт. Всего через шесть лет после изобретения беспроволочной передачи сигналов на расстояние он осуществил радиосвязь не на какой-нибудь десяток километров, а между двумя континентами. Сигнал, посланный передатчиком в Англии, был принят в Северной Америке, причем сила его во много раз превышала расчетную. Через год после этого эксперимента американский инженер А. Кеннели и английский физик О. Хевисайд независимо друг от друга предположили, что где-то в атмосфере есть электропроводящий ионизированный слой, способный отражать радиоволны. Мысль эту многие физики тогда встретили в штыки (считалось, что радиоволны, как и световые лучи, распространяются прямолинейно), а один из авторитетных английских научных журналов не принял к печати статью на эту тему, объявив саму идею «вздорной».

Прошли годы, и в 1925 году ионизированный слой в атмосфере удалось обнаружить. Группа английских специалистов сконструировала антенны, позволяющие определять направление, откуда приходит радиосигнал. Передатчик они установили на севере Англии, а приемник — на юге

и в ходе эксперимента поняли, что волна приходит не с севера, а сверху! Существование отражающего слоя в атмосфере, таким образом, было доказано. Слой этот позднее назвали ионосферой, и с тех пор она стала предметом пристального внимания геофизиков, радиофизиков, связистов, а в последние годы — метеорологов и специалистов в области физики плазмы.

ИСТОЧНИКИ ИОНИЗАЦИИ *

Ионосфера Земли — окружающий нашу планету шаровой газовой слой — начинается на высоте 50—60 км и простирается на несколько десятков тысяч километров, а затем плавно переходит в межпланетное пространство (Земля и Вселенная, 1966, № 1, с. 2—9.— Ред.). Часть газа в ионосфере представляет собой смесь электрически нейтральных частиц кислорода, азота и других составляющих и заряженных частиц — ионов и электронов.

Какие же силы превращают воздух-изолятор в проводник электрического тока? Первый и самый главный агент — **коротковолновое излучение Солнца**, рентгеновское и ультрафиолетовое. Оно неравномерно ионизирует газовый слой. В нижней его области заряженных частиц меньше, чем нейтральных (солнечное излучение ослаблено). В самых же верхних слоях их тоже мало: воздух здесь сильно разрежен, и излучению не за что «зацепиться», чтобы создать плотную ионосферу. **Главный максимум ионизации**, таким образом, располагается на высоте 300—400 км, и число свободных электронов в 1 см^3

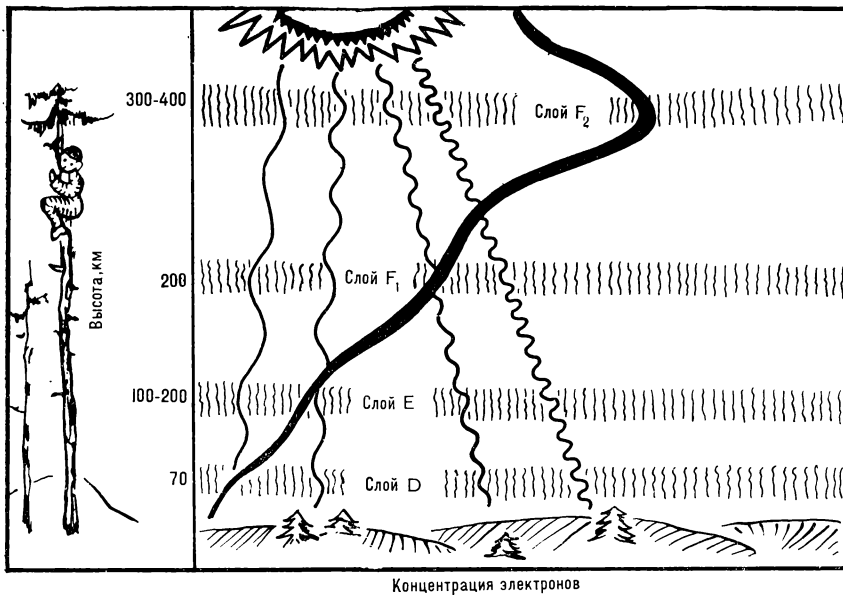
здесь может достигать нескольких миллионов.

Корпускулярное солнечное излучение и космические лучи — еще два важных фактора, ответственных за ионизацию. Но интенсивность этих излучений сравнительно низкая, поэтому и суммарная энергия не столь высока, несмотря на колоссальную энергию отдельных частиц. Расчеты показывают, что ионизирующая способность космических лучей в миллионы раз меньше, чем та, которой обладает ультрафиолетовое излучение Солнца. Тем не менее в образовании самых нижних слоев ионосферы, куда солнечное излучение приходит ослабленным, космические лучи играют важную роль.

Некоторый вклад в образование ионосферы вносят также **метеорные тела**. Атомы испаряющегося метеорного тела сталкиваются с атомами атмосферных газов и вызывают свечение и ионизацию окружающего воздуха. Например, пылинка в десяти тысячную долю грамма способна создать на пути в 1 см^3 100 млрд. свободных электронов. Правда, метеорные следы удерживаются лишь доли секунды: сильные ветры, дующие на этих высотах, и интенсивные процессы рекомбинации (уничтожение заряженных частиц при столкновении с нейтральными) быстро «растаскивают» области повышенной ионизации.

СТРОЕНИЕ ИОНОСФЕРЫ

Ионосфера непрерывно меняется в пространстве и во времени. Чтобы создать хотя бы приблизительно похожий ее «портрет», потребовались огромное число кропотливых изме-



Электронная концентрация в различных ионосферных слоях

рений, согласованная работа сотен геофизических обсерваторий, сложные вычисления.

Самая нижняя составляющая ионосферы — **слой D** (высота 50—90 км). Максимальная концентрация свободных электронов в этом слое (10^3 см^{-3}) обнаружена на высоте около 80 км. И хотя по сравнению с нейтральными частицами (их концентрация здесь 10^{15} см^{-3}) электронов ничтожно мало, их оказывается вполне достаточно, чтобы влиять на распространение радиоволн.

Как ни странно, этот самый близкий к нам слой ионосферы изучен сравнительно мало. Во-первых, химические процессы здесь гораздо сложнее, чем в более высоких слоях. Циклы химических реакций, приводящие к образованию самого слоя, с трудом поддаются изучению. Исследовать его радиометодами весьма трудно. От него отражаются только средние и длинные волны, а для изучения таких волн нужны громоздкие и дорогостоящие передатчики и антенные системы. Изучать слой **D** на ракетках также сложно, поскольку бор-

товые приборы пришлось бы дополнять специальными откачивающими воздух системами, а это усложняет конструкцию и увеличивает ограниченную массу бортовой аппаратуры. Слой **D** остается вне зоны досягаемости и для спутников Земли, поскольку их орбиты проходят не ниже 150 км над Землей. Сейчас вся информация об этом слое получена в основном пассивными методами — по поглощению энергии радиоволн вещательных станций, работающих в диапазоне средних и длинных волн, и по степени поглощения космического радишума.

Над областью **D** на высоте 90—140 км расположен **слой E** ионосферы. Плотность воздуха здесь в сотни раз меньше, концентрация свободных электронов днем 10^4 см^{-3} , а в полдень, когда солнечное излучение особенно эффективно, она достигает 10^5 см^{-3} . Свободные электроны образуются в этом слое под действием мягкого рентгеновского излучения Солнца, и поэтому их концентрация изменяется в течение суток.

Слой **E** имеет интересную особенность. Иногда в нем появляются гигантские «пластинки» (участки толщиной 2—3 км, простирающиеся на десятки и сотни километров), внутри которых концентрация свободных

электронов аномально высока. Эти дополнительные слои ионизации, или **спорадические слои E_s**, часто бывают причиной различных «чудес» в эфире. Например, без всякой ретрансляции телезрители в Москве могут иногда увидеть на экранах дикторов зарубежного телевидения. Виноват в этом слой **E_s**, способный отражать метровые волны, на которых обычно работают телевизионные станции. Причина появления спорадического слоя **E_s** пока до конца не ясна. В полярных областях он скорее всего обусловлен интенсивными потоками частиц, вторгающихся там в земную атмосферу, в средних широтах, по-видимому, связан с метеорным веществом.

Пространство выше 140 км занимает в ионосфере **область F** (в летнее и дневное время она чаще всего распадается на два слоя — **F₁** и **F₂**). Слой **F₂** ионизирован сильнее других. Здесь расположен главный максимум ионосферы, выше которого электронная концентрация начинает уменьшаться. Максимум ионизации «плавает» примерно от 300 км зимой до 400 км летом. Поведение этого слоя в пространстве и во времени до сих пор озадачивает исследователей — оно не подчиняется выводам теории, с которыми согласуется, скажем, поведение нижележащего слоя **E**. Например, ясно, что летом ионизирующее излучение Солнца более сильное, значит, и электронная концентрация должна быть выше. Однако в слое **F₂** она, наоборот, максимальна зимой. В полдень, когда опять-таки солнечная радиация особенно эффективна, электронная концентрация в слое **F₂** минимальна, а не максимальна. И вообще кривая суточного хода концентрации имеет не один максимум, а два. В чем же дело? Только недавно выяснилось, что в образовании слоя **F₂** не последнюю роль играют ветры в ионосфере и электрические поля.

ДИНАМИКА ИОНОСФЕРЫ

В верхней атмосфере дуют ветры столь же изменчивые, как и некоторые системы приземных ветров. Но еще каких-нибудь двадцать лет

назад точное представление о них ученые имели только до высоты 30 км. Настоящую революцию в этой области физики ионосферы совершили ракетные и радиофизические методы. Сразу же были обнаружены сильные, горизонтального направления ветры со скоростями в сотни километров в час. Сейчас существуют различные способы их регистрации. В нижней ионосфере ветры измеряют с помощью установленных на ракетах датчиков, выбросов **искусственных облаков** — натриевых или бариевых (Земля и Вселенная, 1979, № 6, с. 20—24.—Ред.) или взрывов специальных гранат. Последний метод основан на том, что существует связь между скоростью распространения звука в атмосфере и ее температурно-ветровыми свойствами.

В слое 80—100 км информацию о нейтральном ветре дает оптическое и радиолокационное **прослеживание дрейфа метеорных следов**, а выше этой области — «ионосферные облака», то есть **неоднородности в распределении концентрации электронов и ионов**, сгущения и разрежения в ионосферной плазме. Такие неоднородности есть всегда, их переносит ветер и по ним можно судить о динамическом режиме ионосферы. Выше 200 км пока не удастся экспериментально измерить скорость ионосферного ветра. Некоторую усредненную за очень большой период информацию о движениях атмосферы на этой высоте дают результаты **наблюдения торможения искусственных спутников Земли**. Теоретические расчеты показывают, что в области F_2 ветер дует с дневной (освещенной Солнцем) стороны планеты на ночную через полюс. На ночной стороне его скорость 200—300 м/с, а на дневной из-за большого числа заряженных частиц (сталкиваясь с ними, нейтральные частицы теряют свою энергию) она падает до 50—100 м/с.

Система ионосферных ветров позволяет объяснить многие аномалии в поведении слоя F_2 . Теперь установлено, что ветры вызывают вертикальные движения ионов и электронов: ночью — вверх, днем — вниз. Значит, в околополуденные часы ионизированные частицы устремляются из

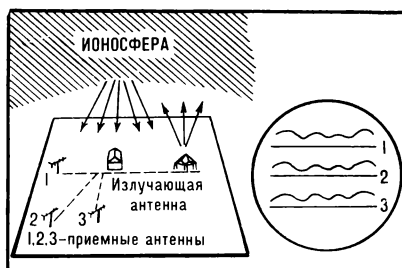


Схема измерения ионосферных ветров

максимума ионизации области F_2 вниз — отсюда и «провал» (или два максимума) в суточном ходе концентрации. Ночью же электроны текут вверх, и, хотя солнечное излучение отсутствует, количество заряженных частиц здесь остается высоким.

Заряженные частицы ионосферной плазмы движутся и под действием **диффузии в гравитационном поле Земли**. Благодаря ей электроны и ионы направляются к Земле, что должно было бы вызвать уменьшение концентрации в ионосфере. Однако противоположные диффузии процессы — **фотохимические** — стремятся увеличить концентрацию с ростом высоты. В результате главный максимум ионосферы меняет свое положение в зависимости от того, какой из двух процессов в данное время более эффективен.

Частицы в ионосфере перемещаются также под действием **электрического и магнитного полей**. Но откуда берется электрическое поле, как появляется электродвижущая сила, электрический потенциал? Мощным «генератором» токов, работающим по принципу динамомашин, служит область E , постоянным магнитом — сама планета, а ротором, вращающимся в магнитном поле, — движущийся ионизированный воздух. Потребитель энергии, или «мотор», в этой динамомашине — область F . По силовым линиям в нее просачивается электрическое поле из области E , и здесь ионизированный газ приходит в движение.

Интересно отметить, что еще в конце прошлого века шведский ис-

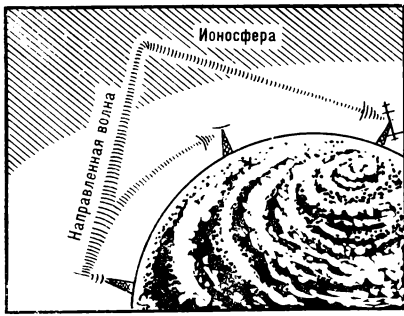
следователь Б. Стюарт объяснял вариации геомагнитного поля взаимодействием основного магнитного поля Земли с полем электрических токов, текущих, как он считал, где-то высоко над Землей. Вероятно, это было одно из первых упоминаний об ионосфере.

Токи в ионосфере достигают иногда огромных величин. Например, сила тока в области между экватором и широтой Иркутска может достигать 50 000 А. В приполюсных районах, особенно в годы высокой солнечной активности, ток измеряется полумиллионом и более ампер.

РАДИОЗЕРКАЛО ПЛАНЕТЫ

Не будь отражения и преломления радиоволн в ионосфере, роль радио как средства связи свелась бы к минимуму. Теперь, рассчитывая радиолинию, инженер выбирает в ионосфере подходящие точки таким образом, чтобы излучаемый радиосигнал, отразившись в них от ионосферы, попал точно в зону радиоприема. Неоднородная ионосферная плазма, да еще находящаяся в магнитном поле Земли, весьма не простая среда для распространения электромагнитных волн. Часть энергии волн тратится, чтобы сначала «раскачать», заставить ритмично колебаться электроны и ионы. А в это время заряженные частицы, конечно, сталкиваются друг с другом и с нейтральными частицами, в результате чего волны могут поглощаться. Поглощение энергии высокочастотного колебания много меньше, чем низкочастотного, поэтому длинные волны затухают в ионосфере гораздо сильнее, чем короткие.

Отражение волн определяется также несколькими факторами. Главный из них — соотношение между электронной концентрацией и частотой радиоволн. Чем выше первая, тем более короткие радиоволны способны отражать ионосферное зеркало. Простое правило, основанное на опыте и применяемое связистами во всем мире, заключается в том, что днем, когда электронная концентрация в ионосфере максимальна, нужно работать на более короткой волне (15—

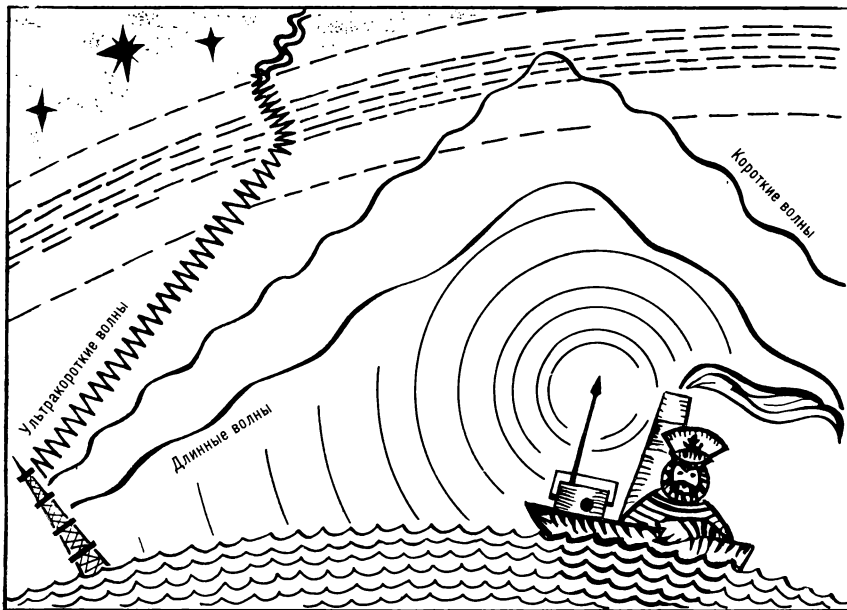


Двойной путь радиоволн к приемнику. Волна отражается от ионосферы

20 м). Зато ночью лучше переходить на более длинные волны (30—45 м).

Для дальней радиосвязи обычно применяют короткие волны. Из-за высокой частоты они и поглощаются слабее, и достигают высоты слоя, где электронная концентрация максимальна. Поскольку точка отражения волны располагается высоко, то, направив радиолуч в ионосферу под

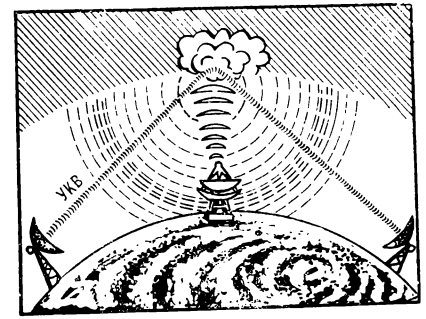
Распространение радиоволн в ионосфере. Радиоволны различных диапазонов распространяются по-разному



небольшим углом, можно заставить его сделать прыжок сразу на 3000—4000 км. Вернувшись обратно, радиоволна отразится от земной поверхности и вновь устремится в ионосферу. За десятые доли секунды она способна «оббежать» весь земной шар и попасть в то же самое место, откуда отправилась в «кругосветное путешествие».

Известно, что состояние ионосферы в первую очередь зависит от солнечной активности, поэтому во время магнитных бурь и полярных сияний прерывается радиосвязь, особенно в высоких широтах. В ионосферу глубоко проникают интенсивные потоки высокоэнергичных частиц, и в результате здесь сильно поглощаются короткие и средние волны. В таких случаях часто приходится вести радиосвязь «обходным путем», через несколько последовательных радиолиний, проходящих в безопасных широтах.

Ионосферное зеркало нередко преподносит связистам неприятные сюрпризы. Один из них — замирание сигнала, или **фединг**. Кстати сказать, с научной точки зрения — это весьма полезное явление, потому что дает возможность исследовать структуру и динамику ионосферы, понять, как она



Отражение радиоволн от искусственно созданной ионосферы

«дышит». Бывают и другие сюрпризы. Например, настроив приемник на определенную волну, можно вдруг услышать две станции сразу, хотя они ведут передачи на совершенно различных частотах. Причина явления — взаимодействие радиоволн в ионосфере. Вызвать его можно искусственно, воздействуя на ионосферу. Например, разогревая ее излучением мощного передатчика, мы создаем **искусственные неоднородности**, делаем радиозеркало «шероховатым» и изменяем условия распространения радиоволн.

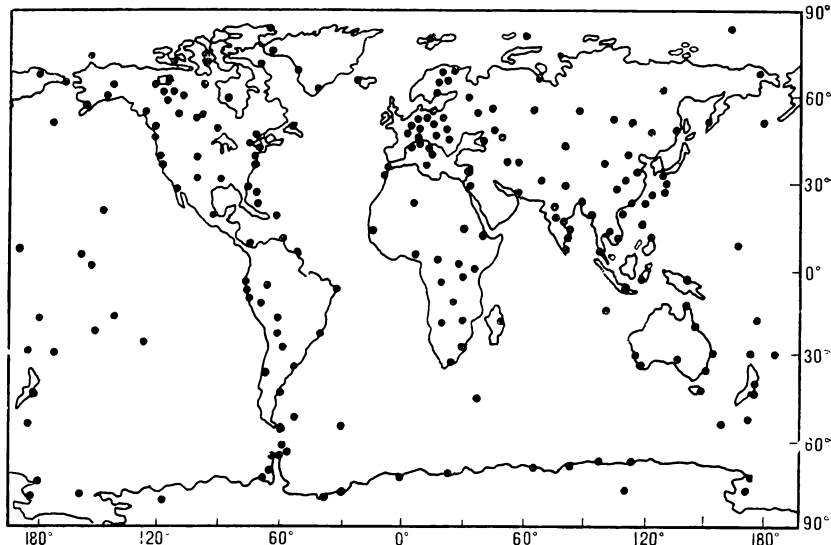
Сейчас есть технические возможности создавать **искусственную ионосферу** и даже использовать ее для радиосвязи (Земля и Вселенная, 1979, № 4, с. 42—45.— Ред.). По протяженности она будет не больше нескольких сот метров, да и время жизни такой ионосферы — минуты, максимум часы. Но зато ее можно создать в нужном месте и в нужное время. Можно взорвать в ионосфере небольшую канистру со смесью цезия, натрия и алюминия или сбросить с ракеты несколько килограммов окиси азота или активного щелочного металла — калия. В ионосфере возникнет облако ионизированного газа, и за несколько десятков минут можно передать на метровых и сантиметровых волнах огромное количество информации. Такие эксперименты уже проводились и сообщения успешно передавались через искусственную ионосферу на расстояние до 2000 км.

КАК ИЗУЧАЮТ ИОНОСФЕРУ

подавляющее большинство экспериментальных данных об ионосфере получено радиометодами, и самым популярным инструментом ее исследования стал радиолокатор специального назначения, или **ионосферная станция**. Именно с помощью ионосферной станции задолго до полетов аппаратуры в космос удалось проникнуть в верхнюю атмосферу. Аппаратура станции, состоящая из радиопередатчика, передающей и приемной антенн, приемника и регистратора, измеряет распределение свободных электронов по высоте, иначе говоря, позволяет получить **профиль электронной концентрации**.

Посылаемая вертикально вверх в виде коротких импульсов (длительность импульсов не более 100 мкс, частота повторения 50 Гц) «очередь» радиоволн, отразившись от ионосферного зеркала, принимается радиоприемником станции. Отметив время «старта» и «финиша» волн, вычисляют высоту отражающего ионосферного слоя. На экране регистратора появляется характерная кривая — высотнo-частотная характеристика ионосферы, или **ионограмма**. По ней определяют положение основных ионосферных слоев и рассчитывают вертикальный профиль электронной концентрации. При большой мощности передатчика можно наблюдать даже многократные отражения волн от ионосферы, а наличие в ней неоднородностей немедленно проявляется на ионограмме в виде характерных диффузных отражений.

Ионосферная станция на Земле может исследовать только часть ионосферы, лежащую ниже главного максимума ионизации (до 300—400 км). Радиоотражения с больших высот стали получать лишь после появления искусственных спутников Земли. В 1962 году с борта канадского спутника «Алуэтт» впервые было проведено **зондирование ионосферы сверху**, охватившее интервал высот 1000—300 км. Позднее малогабаритная ионосферная станция для вертикального зондирования работала и на борту



Мировая сеть ионосферных станций. В периоды активных научных исследований в области солнечно-земной физики около 300 ионосферных станций каждые 15 минут изучали ионосферу

советского искусственного спутника Земли «Космос-381».

Большая роль в ионосферных исследованиях отводится сейчас методу **некогерентного рассеяния радиоволн**. В основе его лежит принцип: каждый электрон рассеивает энергию самостоятельно, беспорядочно, в отличие от зеркального отражения радиоволн, когда все частицы действуют согласованно. Радиолокатор измеряет величину сигнала, рассеянного от каждого интервала высот, и счетно-решающее устройство сразу выдает вертикальный профиль электронной концентрации. Особая ценность метода некогерентного рассеяния в том, что почти одновременно удается измерить многие характеристики в большом интервале высот. Это равносильно запуску хорошо оснащенной ракеты, хотя, по сравнению с мгновенным «проколом» ионосферы ракетой, здесь поведение плазмы длительное время можно изучать. Но из-за сложности аппаратуры во всем мире пока работает не более десят-

ка установок, регулярно ведущих наблюдения этим методом.

Вертикальным импульсным зондированием и некогерентным рассеянием, конечно, не исчерпываются методы изучения ионосферы. В космосе летают уже сотни космических аппаратов, и на борту их стоят зонды и ловушки заряженных частиц, измеряющие концентрацию вдоль орбиты спутников. Существует сеть ракетных полигонов, с которых по согласованной международной программе запускаются геофизические ракеты, оснащенные арсеналом приборов для изучения ионосферы. Антенны в центрах управления полетами кроме служебной и связной информации принимают сигналы, несущие сведения о характеристиках ионосферы. Ученые используют каждую возможность, чтобы по прохождению радиоволн узнать что-либо новое о «плазменном покрывале» нашей планеты.



Поверхности галилеевых спутников Юпитера

Поверхности галилеевых спутников очень различны: на Ио обнаружены вулканы, для гладкого рельефа Европы характерны протяженные светлые и темные полосы, Ганимед изобилует кратерами и бороздами, на Каллисто, сплошь усеянной кратерами, есть крупные многокольцевые бассейны.

Спутники Юпитера — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — были открыты Галилеем в 1610 году. У всех этих объектов периоды вращения вокруг оси совпадают с периодами обращения вокруг Юпитера, вследствие чего они всегда повернуты к Юпитеру одной стороной¹. В таблице приведе-

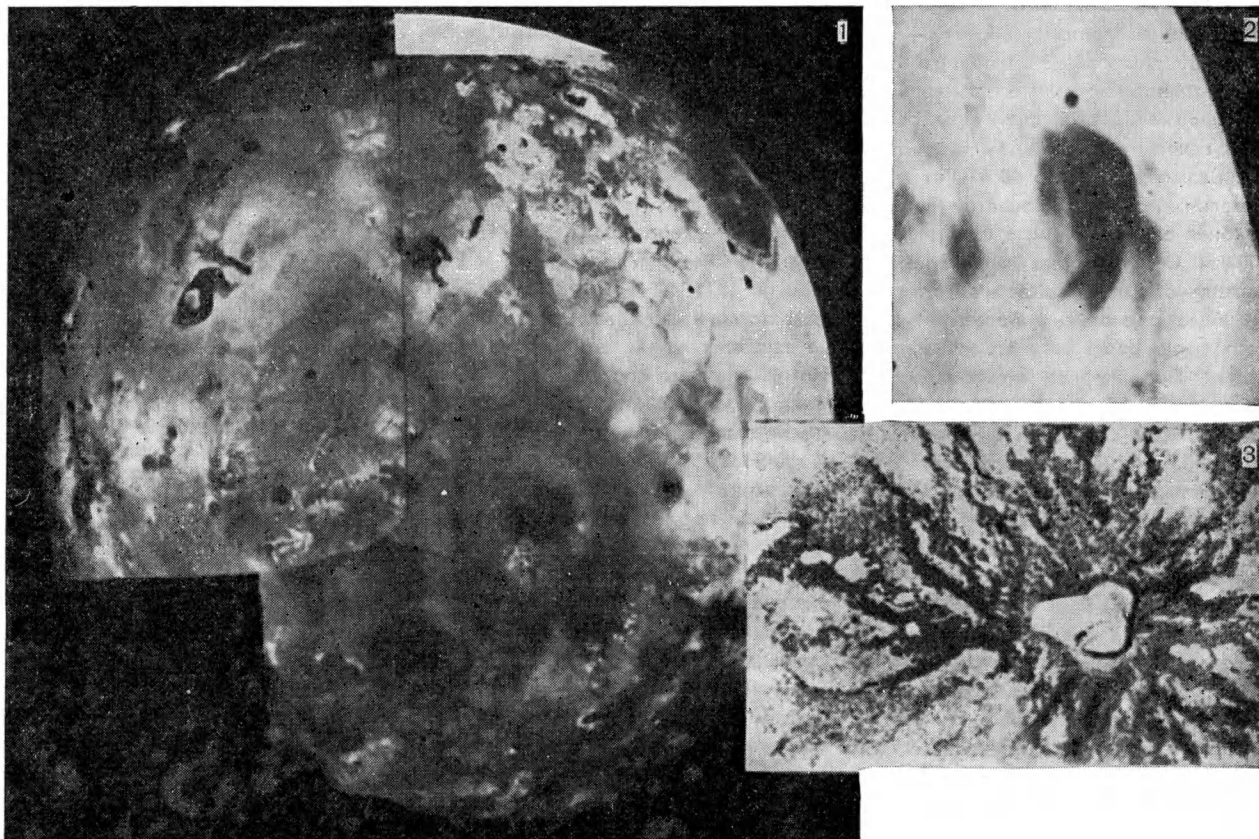
¹ «Земля и Вселенная» неоднократно рассказывала о спутниках Юпитера: 1978, № 4, с. 10—14; 1979, № 5, с. 18—19, с. 26—29; 1980, № 1, с. 29.— Ред.

1— мозаичная фотография восточного полушария Ио (разрешение около 20 км). На поверхности видны многочисленные образования неправильной формы, темные и светлые кольца.

Довольно часто встречаются кальдеры вулканов.

2— выброс вещества из кратера вулкана. Фонтан достигал высоты 100 км.

3— радиальные лавовые потоки вокруг кальдеры диаметром 225 км (разрешение около 3 км)



ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЛИЛЕЕВЫХ СПУТНИКОВ

Спутники	Альбедо	Среднее расстояние от Юпитера, тыс. км	Период обращения, сутки	Масса $\times 7,365 \times 10^{25}$ г	Диаметр, км	Средняя плотность, г/см ³
Ио	0,63	422	1,77	1,21	3640	3,53
Европа	0,64	671	3,55	0,66	3130	3,03
Ганимед	0,43	1070	7,16	2,03	5280	1,93
Каллисто	0,17	1880	16,69	1,45	4840	1,79

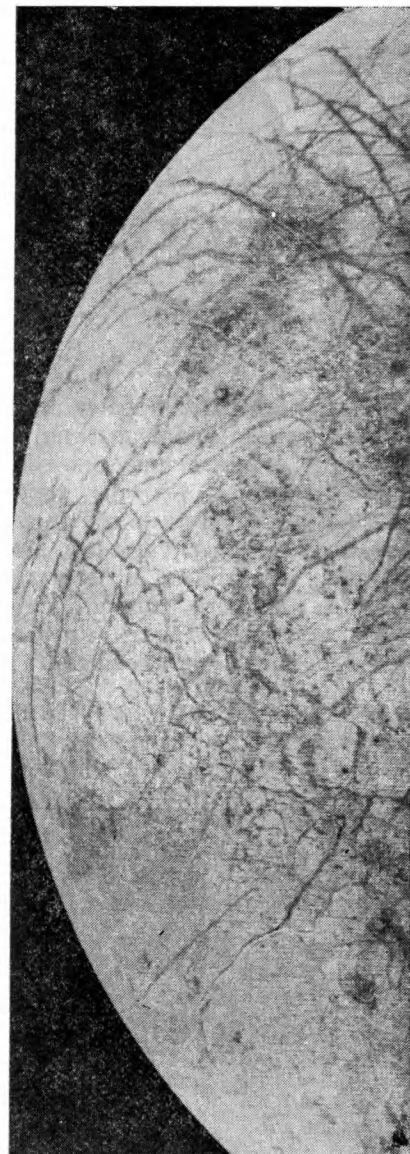
ны параметры спутников, полученные в результате наземных наблюдений и во время пролетов космических аппаратов вблизи Юпитера (Science, 1979, 204, 4396).

Снимки галилеевых спутников Юпитера были переданы на Землю космическими аппаратами «Вояджер-1 и -2». Поверхность Ио — ближайшего к Юпитеру галилеева спутника — весьма разнообразна по цвету и альбедо. Экваториальные районы полушария, повернутого в противоположную сторону от Юпитера, ярко оранжевые и даже красные с беловатыми полосами, полярные области — несколько темнее. На поверхности видны многочисленные темные и светлые кольцевые структуры вулканического происхождения. Средние размеры кальдер 40 км, их максимальный диаметр в экваториальных районах около 250 км, в полярных — 100 км. От некоторых из кальдер на несколько сот километров тянутся сложные радиальные потоки, чаще встречающиеся в экваториальных областях. Предполагается, что вещество потоков обладает низкой плотностью. Цвет его различен — черный, красный, желтый, синий и коричневый. Большинство кальдер на Ио не имеют потоков, слабо выражены в рельефе и часто окружены гало из светлого и темного материала. Цветовое разнообразие поверхности Ио определяется, по-видимому, серой и ее соединениями.

Между вулканическими структурами простираются гладкие равнины, которые местами осложнены очень неровными образованиями — эскарпами высотой в несколько сот метров. Некоторые эскарпы соответ-

ствуют фронтам вулканических потоков, но большинство представляют собой обрывы неправильной формы. Их происхождение связывают с неизвестными эрозионными процессами, возможно, с вулканическим нагревом. Особенно много эскарпов в южных полярных районах (Nature, 1979, 280, 725). На равнинах встречаются гористые области высотой около 2 км, самые высокие горы не превосходят 10 км. Отдельные горные гряды пересечены грабенами и разрывами. Глубина грабенов около 1 км.

На Ио обнаружено девять действующих «вулканов», которые выбрасывают двуокись серы на высоту до 100 км, самый мощный выброс достигал высоты 280 км. Предложено несколько гипотез для объяснения вулканизма на Ио. Наиболее привлекательна гипотеза С. Пила, П. Кассена и Р. Рейнольдса (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 18—19.—Ред.). Ее авторы предполагают, что причина вулканизма — в нагревании недр Ио приливными возмущениями Юпитера. Удивительно, что хотя между пролетами «Вояджера-1» и «Вояджера-2» прошло несколько месяцев, на снимках, которые передал «Вояджер-2», продолжают извергаться шесть вулканов (Science, 1979, 206, 4421). Г. А. Лейкин показал, что, если Ио обладает собственным магнитным полем, длительные извержения вулканов могут объясняться испарением вещества поверхности, нагретого частицами, выпадающими из радиационных поясов Юпитера. Семь из девяти известных вулканов располагаются вдоль круга, близкого к большому, вероятно, глобального разло-



Часть полушария Европы (разрешение около 20 км). Поверхность спутника покрыта темными и светлыми полосами шириной 20—40 км, простирающимися на несколько тысяч километров

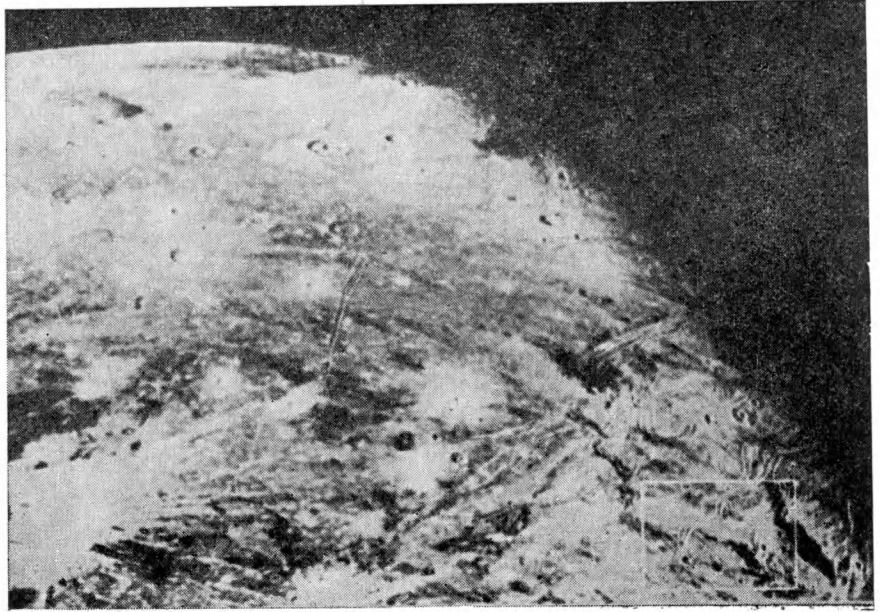
ма. Такие разломы обычно характеризуются геофизическими аномалиями. Г. А. Лейкин предполагает, что в районах вулканических извержений существуют магнитные аномалии, способствующие локальной кон-

центрации выпадения заряженных частиц. Возраст поверхности Ио оценивается в 1 млн. лет.

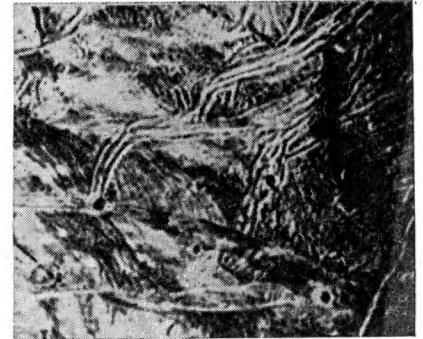
Самый маленький из галилеевых спутников — Европа на снимках сильно отличается от всех спутников Юпитера. На ее поверхности нет типичных ударных структур, лишь отдельные темные пятна могут быть отнесены к ударным кратерам. Для поверхности Европы характерны пересекающиеся темные и светлые полосы протяженностью до нескольких тысяч километров. Две ярко выраженные полосы проходят вдоль больших кругов под углом 45° друг к другу, некоторые полосы представляют собой малые круги. Полосы располагаются в основном между параллелями $\pm 40^\circ$. На снимках поверхность Европы выглядит невероятно гладкой. Наиболее высокие образования на спутнике — хребты и холмы возвышаются всего на 50—80 м. В Солнечной системе, по-видимому, нет другого такого гладкого объекта, как Европа (Sky and Telescope, 1979, 58, 3).

Судя по средней плотности, Европа должна иметь ледяную кору толщиной около 100 км. Это подтверждается инфракрасными измерениями, согласно которым температура поверхности спутника около 90К.

Крупнейший из спутников Юпитера — Ганимед. На его поверхности есть и старые темные области, избилующие кратерами, и молодые светлые районы, пересеченные пучками параллельных борозд. Участки с кратерами и бороздами часто перемежаются, поэтому их нельзя отнести к двум самостоятельным типам ландшафта. Темные области на Ганимеди сплошь усеяны кратерами диаметром в несколько десятков километров. По плотности кратеров возраст поверхности Ганимеда оценивается в 4 млрд. лет — так же, как и материковых районов Луны. Светлые области на Ганимеди представляют собой мозаику дискретных систем борозд, причем одна система иногда внезапно обрывается и начинается другая. В некоторых местах эти системы пересекаются или идут параллельно линиям контактов с темными участками.



Поверхность Ганимеда с ярко выраженными пучками параллельных борозд шириной 5—15 км и протяженностью от десятков до тысяч километров. Видны кратеры с лучевыми системами. Внизу крупным планом показан участок поверхности с многочисленными бороздами, заключенный в светлый прямоугольник (разрешение около 3 км)

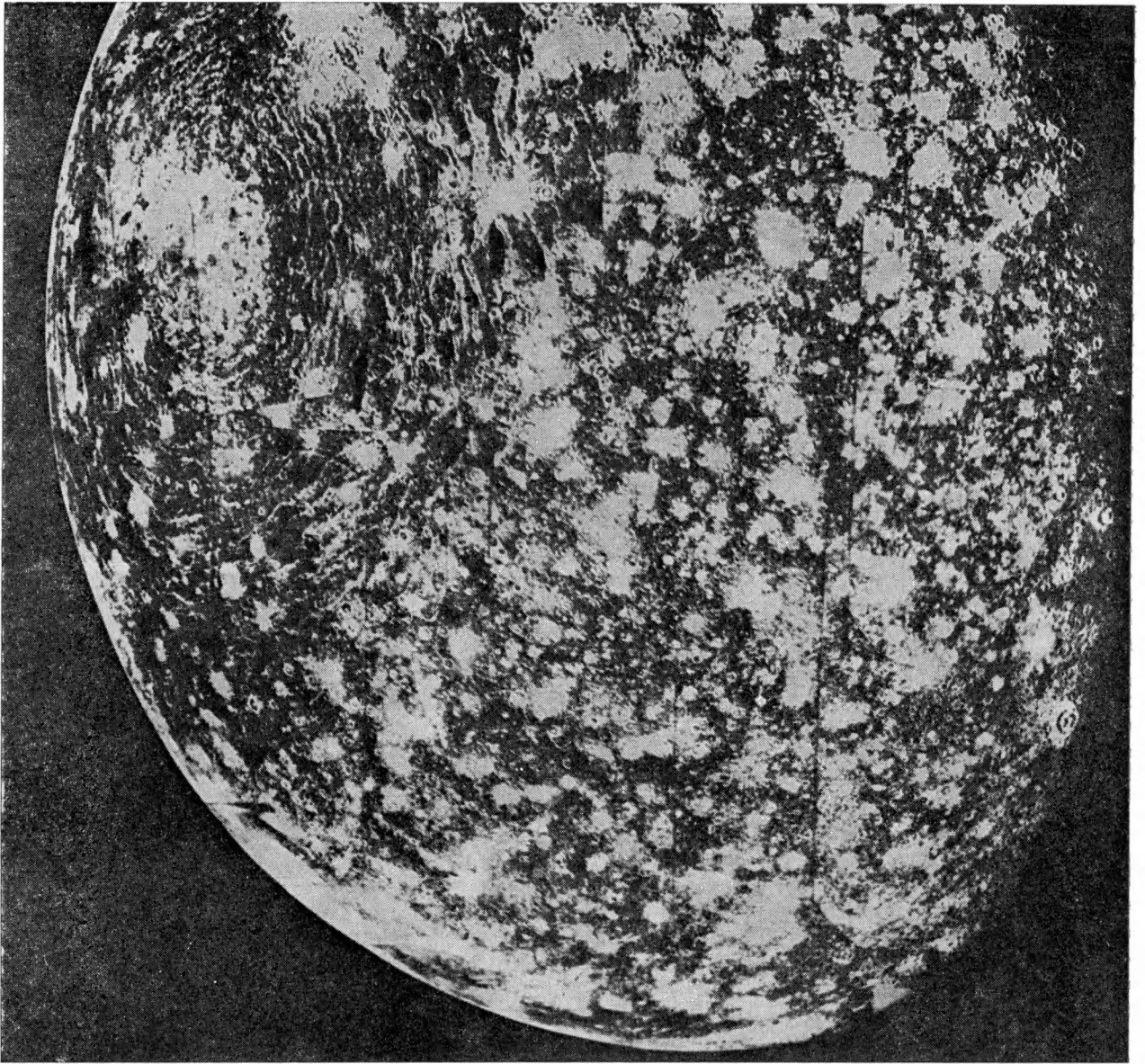


Каждая система содержит от единиц до нескольких десятков борозд протяженностью от 10 до 1000 км. Глубина борозд несколько сот метров, ширина 5—15 км. Плотность кратеров в светлых районах различна.

На Ганимеди нет крупных бассейнов или горных массивов. Перепады высот на лимбе спутника около 1 км. Низкий рельеф, по-видимому, объясняется оседанием в ледяной коре. У мелких кратеров диаметром 10—50 км резкие валы и сложное дно — формы, редко наблюдаемые на планетах земной группы. Такие формы могут быть созданы в результате медленного сжатия рельефа под влиянием холодных потоков. Предполагается, что на ранней стадии Га-

нимед имел подвижную активную кору и что темные, более старые, участки с кратерами были смещены светлыми областями, испещренными бороздами.

Больше всего кратеров обнаружено на **Каллисто**, возраст поверхности которой также оценивается в 4 млрд. лет. Самая интересная особенность рельефа Каллисто — крупные кольцевые структуры диаметром 700—1000 км. Подобные образования есть на Луне и Меркурии, но многокольцевые структуры на Каллисто не имеют центральной впадины и многочисленные кольца слабо выражены в рельефе. Такое различие можно объяснить составом коры — ледяной на Каллисто и силикатной на Луне и



Мозаичное изображение Каллисто (разрешение около 20 км). Поверхность сплошь усеяна кратерами. Диаметр многокольцевой структуры в левой части снимка превосходит 1000 км

Меркурии. В центральных частях многокольцевых бассейнов на Каллисто меньше кратеров, чем в других районах, причем плотность кратеров увеличивается от центра структуры к внешнему кольцу. Все это говорит о том, что многокольцевые структуры образовались не очень давно.

На основе космических снимков Геологическая служба США подго-

товила предварительные карты галилеевых спутников Юпитера в масштабе 1 : 25 000 000. Многим образованиям уже присвоены собственные наименования.



В. И. ПРИЩЕПА

Николай Иванович Кибальчич



*Николай Иванович Кибальчич
(1853—1881)*

1 марта (14 марта по новому стилю) 1881 года в результате покушения был смертельно ранен российский император Александр II, который вскоре скончался. Этот дерзкий акт совершили социалисты-революционеры из партии «Народная воля». Полиции удалось задержать одного из покушавшихся и арестовать других его товарищей, готовивших убийство царя. 3(16) апреля 1881 года пятеро были повешены. Одному из них, Н. И. Кибальчичу, суждено было войти в историю ракетной техники. Причина тому — проект «воздухоплавательного прибора», который Николай Кибальчич написал в ожидании судебного приговора.

Николай Иванович Кибальчич родился 19 октября (1 ноября) 1853 года в тихом украинском городке Коропе, расположенном на левом берегу Десны, в 128 км от губернского города Чернигова. Его отец (священник) и мать были людьми высокообразованными. В доме была довольно большая библиотека с хорошо подобранной литературой на русском и иностранных языках.

На одиннадцатом году жизни Николая привезли в уездный городок Новгород-Северский и отдали в первый класс гимназии, в которой он проучился семь лет. Эти годы оказали огромное влияние на формирование личности будущего революционера и ученого. По воспоминаниям одного из бывших гимназистов, они «имели обыкновение собираться для чтения и бесед на живописном берегу Десны. Любовь к природе как-то незаметно переходила в любовь к людям; являлось страстное желание видеть человечество столь же гармо-

ничным и прекрасным, как сама природа, являлось желание для этого счастья жертвовать всеми силами и своей жизнью».

Учеба в гимназии давалась Николаю легко, а его математические способности изумляли даже учителей. По самоучителю он быстро усвоил английский язык, а в последний год учебы читал популярные книги по химии. Еще в Коропе Николай перечитал всю художественную литературу, какую только мог достать. В гимназические годы жажда к чтению не покидала его. Больше всего увлекали и волновали герои романов Вальтера Скотта. Эти простые, чистые и

стойкие люди оказались близкими натуре юноши. Впоследствии по инициативе Николая гимназисты старших классов создали тайную библиотеку, в которой были не только легальные журналы «Дело», «Отечественные записки», сочинения Добролюбова, Писарева и Чернышевского, но также нелегальные журналы «Колокол», «Полярная звезда» и брошюры Герцена. Все, кто лично знал Кибальчича, характеризовали его как задумчивого и мягкого по натуре человека. Но эти черты не помешали юному гимназисту заступиться за своего товарища, незаслуженно обиженного учителем, и за человека, избиваемого полицейским. А на уроке закона божьего Николай вступил в спор с богослужителем, отстаивая научные воззрения на происхождение мира. Все эти «прегрешения» вспомнили гимназисту, и при выпуске в 1871 году он получил только серебряную медаль, хотя как первый ученик заслуживал золотую.

После окончания гимназии Кибальчич решил ехать в Петербург, чтобы поступить в Институт инженеров путей сообщения. Объясняя свой выбор другу детства и юности, Николай с воодушевлением говорил: «Для России железные дороги — это все. Это теперь самый насущный, самый жизненный вопрос. Покроется Россия частой и непрерывной сетью железных дорог... и мы процветем и расцветем».

Начав учиться на инженера, Н. И. Кибальчич спустя два года решил переменить специальность и в 1873 году поступил в Медико-хирургическую академию. Но в 1875 году ему пришлось оставить учебу, так как его



привлекли к следствию по политическому делу. Н. И. Кибальчича обвинили в распространении «недозволенного сочинения», которое он дал почитать одному крестьянину. При обыске у студента обнаружили и другие запрещенные издания, а также несколько паспортов. После этого он просидел в тюрьме почти три года до суда, а затем еще месяц по приговору суда. На свободу Н. И. Кибальчич вышел только летом 1878 года с подорванным здоровьем.

Еще в студенческие годы у него начали формироваться социалистические убеждения под влиянием и нелегальных и дозволенных цензурой работ, которые Н. И. Кибальчич внимательно читал, сопоставлял, анализировал. Впоследствии на допросе по делу первоапрельцев Н. И. Кибальчич с достоинством заявил: «Я признаю себя принадлежащим к русской социально-революционной партии и, в частности, к обществу «Народная воля». Общество «Народная воля» поставило себе целью достижение тем или иным путем... переворота, в результате которого в политическом отношении должно быть народоправство, а в экономическом отношении — принадлежность земли и вообще главных орудий производства народу... Я признаю все... пути одинаково необходимыми для достижения сказанной цели...».

Н. И. Кибальчич выбрал террористическую деятельность. Предвидя, что для этого понадобятся взрывчатые вещества, он по выходе из тюрьмы решил овладеть техникой приготовления и применения их.

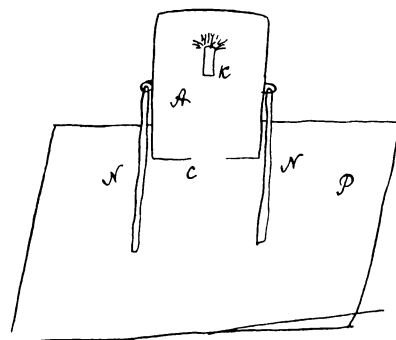
С этой целью Н. И. Кибальчич занялся химическими опытами, устроив у

себя дома лабораторию. Перечитал отечественную и зарубежную литературу по взрывчатым веществам.

1 марта 1881 года в царя было брошено взрывчатое устройство, одно из тех, которые Н. И. Кибальчич разработал и изготовил со своими помощниками.

Занимаясь опасным делом, которое поглощало почти все время, Н. И. Кибальчич оставался уравновешенным, доброжелательным, располагавшим к себе человеком. Он был интересным и умным собеседником, следил за общественной жизнью, политикой, наукой и искусством. Н. И. Кибальчича отличали исключительная простота и скромность. Никто из соратников этого спокойного и внешне невозмутимого человека не знал, что он вынашивает и научную идею...

Защитник Н. И. Кибальчича, пришедший к нему в тюремную одиночку, был поражен, увидев, что его подзащитный «занят совершенно иным делом, ничуть не касающимся настоящего процесса. Он был погружен в изыскание... о каком-то воздухоплавательном снаряде; он жаждал, чтобы ему дали возможность написать свои математические изыскания об этом изобретении». Исписав девять страниц бумаги мелким торопливым почерком и набросав две схемы в постоянном опасении, что его могут прервать в любую минуту, заключенный поставил дату «23 марта 1881 года» и попросил передать свой труд на рассмотрение технических экспертов. Но тщетно ждал Н. И. Кибальчич их решения. Его проект вложили в конверт, запечатали и приобщили к судебному



«Воздухоплавательный прибор» Н. И. Кибальчича (рисунок сделан автором проекта)

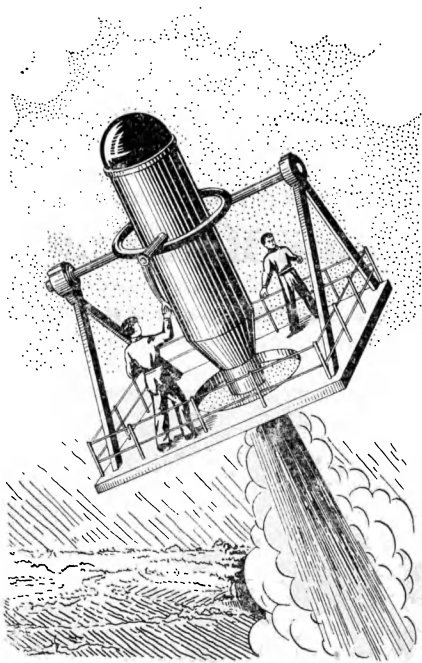
делу. Только после Великой Октябрьской революции конверт был обнаружен в полицейском архиве, вскрыт и проект Н. И. Кибальчича увидел свет на страницах журнала «Былое» в мартовском номере 1918 года.

Оказалось, что Н. И. Кибальчич предложил аппарат для полета человека в воздухе. Обсуждая проблему источника энергии для «воздухоплавательной машины», изобретатель остановился на «медленно горящих взрывчатых веществах», поскольку, во-первых, «никакие другие вещества в природе не обладают способностью развивать в короткий промежуток времени столько энергии» и, во-вторых, «громадная энергия, которая образуется при горении взрывчатых веществ, будет образовываться не сразу, а в течение более или менее продолжительного промежутка времени». Примером летательного аппарата, основанного на этом принципе, Н. И. Кибальчич называет ракету, которая движется за счет отбрасывания продуктов сгорания прессованного пороха, и указывает, что для перехода к «воздухоплавательному прибору» следует лишь уменьшить количество пороха, жи-

гаемого в единицу времени. Далее Н. И. Кибальчич описывает сущность своего изобретения: «В цилиндре *A*, имеющем в нижнем дне отверстие *C*, устанавливается по оси, ближе к верхнему дну, пороховая свечка *K* (так буду я называть цилиндрики из прессованного пороха). Цилиндр *A* посредством стоек *N, N* прикреплен к средней части платформы *P*, на которой должен стоять воздухоплаватель. Для зажигания пороховой свечки, а также для устанавливания новой... (при том, конечно, не должно происходить перерыва в горении) должны быть придуманы особые автоматические механизмы... это легко может быть разрешено современной техникой... Давлением газов прибор может подняться очень высоко... Если же желают остановиться на известной высоте... нужно вставить менее толстые пороховые свечи так, чтобы давление образующихся газов как раз уравновешивало бы тяжесть прибора... Каким же образом можно двинуть теперь наш аппарат в желаемом направлении?... Можно употребить второй... цилиндр, установленный только горизонтально... можно ограничиться и одним цилиндром, если его устроить таким образом, чтобы он мог быть наклоняем в вертикальной плоскости, а также мог бы иметь конусообразное вращение... Для того, чтобы аппарат опустился на землю, нужно вставлять пороховые свечки постепенно все меньшего диаметра...».

Проект Н. И. Кибальчича — одна из попыток решить проблему передвижения аппарата в воздухе. Особенность его аппарата в том, что он основан полностью на ракетодинамическом принципе, то есть для полета не требуется атмосферный воздух. Этот проект не мог быть осуществлен в конкретном техническом исполнении, представленном автором. Даже при современном уровне техники реализация «воздухоплавательного прибора» Н. И. Кибальчича представляется проблематичной.

Тем не менее проект Н. И. Кибальчича — это яркое событие в развитии русской технической мысли и существенный этап в истории ракетной техники. К. Э. Циолковский тоже



Таким можно представить себе ракетный летательный аппарат Н. И. Кибальчича

анализировал возможность разгона космической ракеты за счет последовательных взрывов топлива, но отверг этот способ как неосуществимый для тогдашней техники. Одному из пионеров ракетной техники, американцу Р. Годдарду понадобилось десять лет творческих раздумий, прежде чем он счел реактивный принцип движения заслуживающим внимания. Через десять лет после Н. И. Кибальчича немецкий изобретатель Г. Гансвиндт предложил проект «космического корабля» с экипажем, который аналогично «воздухоплавательному прибору» Н. И. Кибальчича приводился в движение за счет энергии вещества, подаваемого порциями в специальную камеру. В нее подавались, однако, не пороховые заряды, а... стальные снаряды с динамитной начинкой. При взрыве динамита они должны были выбрасываться, сообщая ускорение аппарату. Г. Гансвиндт, талантливый изобретатель, так и не уяснил до конца принцип реактивного движения. Он полагал, что энер-

гии истекающих газов будет недостаточно для разгона аппарата до большой скорости, и в 30-х годах нашего века даже пытался убедить в этом Г. Оберта.

В 1971 году (из доклада на Международном астронавтическом конгрессе) стало известно, что у Н. И. Кибальчича был предшественник. Оказывается, испанец Ф. Г. Ариас в 1872 году предложил (и в 1876 году опубликовал в отдельной книге) забытый вскоре проект пилотируемого летательного аппарата тяжелее воздуха, который мог перемещаться в вертикальном и горизонтальном направлениях за счет выброса продуктов сгорания отдельных порций топлива, подаваемых в тяговую камеру барабанным устройством. Среди возможных видов топлива Ф. Г. Ариас рассмотрел нитроцеллюлозу и порох. Как и Г. Гансвиндт, этот изобретатель не понимал, однако, принципа реактивного движения. Он полагал, что ракета движется из-за отталкивания истекающих из нее газов от окружающего воздуха. Что же касается Н. И. Кибальчича, то в его проекте указанный принцип изложен в полном соответствии с современными научными представлениями. Приходится только сожалеть о том, что трагическая смерть помешала раскрытию его незаурядного таланта.

В советской стране имя Н. И. Кибальчича пользуется признанием научной общественности и любовью народа. По представлению Академии наук СССР в честь Н. И. Кибальчича назван кратер на обратной стороне Луны. Проект «воздухоплавательного прибора» открывает избранные труды пионеров ракетной техники, изданные Академией наук, и помещен в одном томе с работами К. Э. Циолковского, Ф. А. Цандера и Ю. В. Кондратюка. В родном городе Н. И. Кибальчичу поставлен памятник, открыт мемориальный музей, его имя присвоено школе. В Ленинграде в честь Н. И. Кибальчича названа улица, а на доме № 83 по Лиговскому проспекту, где в последнее время жил и был арестован революционер-ученый, установлена мраморная мемориальная доска.



Доктор физико-математических наук
И. П. ПАСЕЧНИК

Юрий Владимирович Ризниченко

(к 70-летию со дня рождения)

Облик ученого определяется не только числом высказанных идей и опубликованных работ, но и его отношением к предмету исследования и к людям, его пониманием природы и жизни, тем нравственным и научным климатом, который он создает в ходе своей научной деятельности.

Выдающийся сейсмолог, член-корреспондент АН СССР Юрий Владимирович Ризниченко был человеком большой души, широких взглядов и оптимистического восприятия мира. Свою многогранную деятельность и научные интересы он направлял на нужды людей, человек для него всегда стоял на первом месте. «Сейсморазведка и сейсморайонирование,— писал он,— два главных лица сейсмологии, обращенные к практике, к обществу, к человечеству».

Мне посчастливилось почти с первых шагов научной деятельности Юрия Владимировича находиться и работать рядом с ним, впоследствии наши научные судьбы то сближались, то расходились, и он всегда был для меня не только коллегой и другом, но и ученым с большой буквы.

Ю. В. Ризниченко родился в 1911 году в Киеве. Он рос и воспитывался в семье естествоиспытателей. Его отец, в прошлом революционер, был геологом и после Октябрьской революции стал директором Института геологии, академиком АН УССР. Мать — женщина незаурядных способностей и сильного характера — неоднократно сопровождала мужа в сложных геологических экспедициях на Алтай. Сам Юрий Владимирович начал ездить в экспедиции (поначалу с отцом) с 14 лет.



Юрий Владимирович Ризниченко читает лекцию по сейсмологии

С юных лет Юрий Владимирович интересовался разведочной геофизикой. Еще студентом Киевского гор-

но-геологического института он специально ездил в Москву слушать лекции корифеев геофизики — Г. А. Гамбурцева и А. И. Заборовского. Сейсморазведка на Украине в то время не была развита, и первые студенческие статьи Юрия Владимировича посвящались электроразведке. Диплом-

ную работу он делал под руководством замечательного советского геофизика Г. А. Гамбурцева, который пригласил его в 1936 году в Москву на работу во Всесоюзную контору геофизической разведки. Народное хозяйство в то время сильно нуждалось в геофизиках, и для их подготовки было создано специальное учебное заведение — Московский геологоразведочный институт (МГРИ). В молодой науке царил обстановка необыкновенного подъема и воодушевления.

В 1938 году О. Ю. Шмидт организовал единственный в своем роде и во всем мире Институт теоретической геофизики, в котором собрал блестящих ученых. Здесь работали академики П. П. Лазарев, А. Н. Крылов, В. В. Шулейкин, А. Н. Тихонов... Г. А. Гамбурцев возглавил в институте отдел геофизических методов разведки, где под его руководством мы вместе с Ю. В. Ризниченко начали заниматься этими вопросами. Природные способности Юрия Владимировича сразу выдвинули его в первые ряды ученых нового направле-

ния, его по праву можно считать одним из основоположников отечественной сейсморазведки. В 1943 году, в суровое военное время, не прекращая напряженных экспедиционных работ, связанных с поиском нефти во «втором Баку» — в Башкирии, он защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертации.

Одаренный теоретик Юрий Владимирович всегда обращался к практике, к реальной жизни. Такой реальностью в геофизике для него была сейсморазведка полезных ископаемых, а позднее — сейсмораионирование. Для нужд сейсморазведки Юрий Владимирович создал фундаментальную теорию — **метод полей времен**, который основан на применении к сейсмическим волнам принципов геометрической оптики. Он сам внедрял метод в практику, участвуя в многочисленных экспедициях. Работал, например, в Арктике, в условиях вечной мерзлоты, которая считалась тогда недоступной для изучения сейсмическими волнами. Используя волны высокой частоты, Ю. В. Ризниченко и его коллеги по-

лучили важные для разведки нефти глубинные отражения. Работал он также в экспедициях на Каспийском море и морях Дальнего Востока, до последних дней был связан с геофизиками-практиками республик Средней Азии, Молдавии, Закавказья.

В 50-е годы для решения задач сейсморазведки Юрий Владимирович занялся **сейсмоакустикой** — изучением распространения волн на лабораторных моделях, устройство которых заранее известно, а полученные результаты в принципе можно обобщить на реальные среды. Он создал и возглавил первую в СССР лабораторию моделирования. Задолго до появления теории, обеспечивающей расчеты сейсмических волновых

Группа советских и зарубежных ученых — участников Совещания по вопросу о прекращении испытаний ядерного оружия. Ю. В. Ризниченко (третий слева) был на совещании в качестве научного эксперта делегации СССР. Женева, 1958 год



полей, Ю. В. Ризниченко и его сотрудники выяснили многие тонкости поведения распространяющихся волн на плексигласовых, дюралевых, смоляных прообразах Земли. Лабораторное моделирование переросло в промышленный метод — **сейсмоакустический каротаж** — изучение механических свойств среды в скважинах. Ультразвуковой каротаж и сегодня самый популярный способ косвенного изучения свойств пород в естественной «лаборатории». Другой практический выход модельных лабораторных исследований — **прогноз горных ударов**, выбросов угля и газа в шахтах. Исследования этих явлений Юрий Владимирович с сотрудниками проводил в шахтах Донбасса и Чехословакии, где были своевременно предсказаны такие взрывы. Сегодня это направление развилось в метод прогнозирования возможных выбросов пород при вскрытии горных выработок и явлений, предвещающих землетрясение.

Следующей областью, в которую Ю. В. Ризниченко внес крупный вклад, была **сейсмология**. Здесь он ввел представление о сейсмическом режиме как о пятимерной функции трех пространственных координат, времени и энергии землетрясения, а так-

же параметры распределения землетрясений по величине. Он также описал эффекты влияния совокупности очагов в данной точке Земли — ввел понятие **«о сейсмической сотрясаемости»**.

Юрий Владимирович писал: «Проблема оценки и учета возможной сейсмической опасности имеет две стороны. Первая — учет долговременной сейсмической опасности, различной в разных пунктах земной поверхности. Этот учет производится путем изучения «сейсмического климата» и проведения сейсмического районирования, в соответствии с которым должно вестись сейсмостойкое строительство в опасных зонах. Вторая сторона — оценка времени, места и величины каждого отдельного ожидаемого разрушительного землетрясения, в чем собственно состоит задача прогноза землетрясений, предсказание «сейсмической погоды».

Ю. В. Ризниченко всегда интересовалась роль землетрясений в тектони-

ческих процессах. Он создал теорию расчета движения земной коры, исходя из параметров сейсмичности. Это дало возможность обнаружить тенденцию движения горных масс, в частности, на Карпатах и Кавказе. Оказалось, что Карпаты как бы сжимаются по горизонтали и выжимаются вверх, к поверхности Земли. Вся структура Кавказа также поднимается и испытывает сжатие с севера и с юга.

Ю. В. Ризниченко выдвинул **физическую теорию сейсмического процесса**, в основе которой лежит представление о балансе энергии, деформируемой и разрешающейся в тектоническом процессе земной коры. Эта теория теперь подтверждается наблюдаемыми фактами.

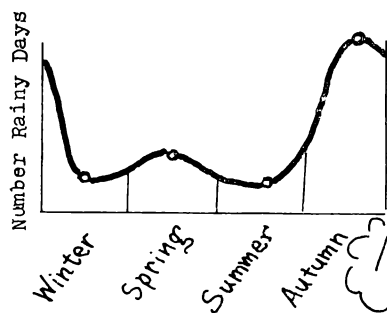
При создании количественных методов описания и изучения сейсмичности особенно ярко проявилась свойственная Ю. В. Ризниченко последовательная методология научного исследования. Главное в ней — систематическое и строгое описание совокупности фактов; разделение закономерностей на главные и частные. Он считал, что в первую очередь необходимо строго алгоритмизировать и унифицировать процедуры, посредством которых получается результат, подлежащий обсуждению, иными словами, сначала четко выяснить, «как», а потом лишь пытаться ответить на вопрос «почему», то есть создавать теорию механизма явления.

Ю. В. Ризниченко вел активную работу и на международной арене. В качестве эксперта по сейсмологии в составе делегации СССР он участвовал в переговорах по запрещению ядерных испытаний, как эксперт ЮНЕСКО — в оценке сейсмической опасности в Индии, Японии, Турции, Румынии. Он участвовал во многих Пагуошских конференциях. Юрий Владимирович был первым советским ученым, избранным в 1957 году вице-президентом Международной ассоциации сейсмологии и физики недр Земли. Умный, обаятельный собеседник и остроумный оппонент — таким его знали, уважали и любили не только отечественные, но и зарубежные коллеги.

Эксперт ЮНЕСКО по сейсмологии Ю. В. Ризниченко и известный английский сейсмолог лорд Р. Стокли. Япония, 1967 год

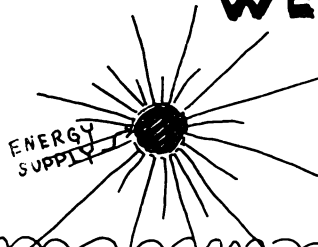


CLIMATE

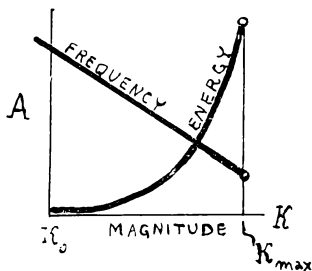


LONG TERM MEAN DISTRIBUTIONS

WEATHER

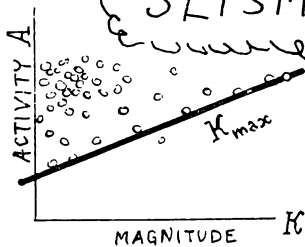


METEOROLOGY



$$E = IC^K - \text{Seismic Energy}$$

K_{\max} - Maximal Possible Earthquake



Этот наглядный рисунок, сделанный лично Ю. В. Ризниченко, он часто использовал при чтении лекций, посвященных количественным методам изучения сейсмической опасности. Введенные им понятия сейсмического климата и сейсмической погоды, по аналогии с метеорологическими явлениями, характеризуют долговременное среднее, сейсмическую активность и ее кратковременное проявление в виде отдельных землетрясений

Юрий Владимирович был человеком талантливым. Но, может быть, главный его талант — это чуткое, внимательное отношение к человеку, понимание, что наука в конечном итоге не самоцель, а способ служить людям. Он стремился не только узнавать и открывать сам, но и делиться

с людьми своим видением мира. Отсюда и педагогическая и популяризаторская деятельность Юрия Владимировича. Многие годы он читал необыкновенно ярко и доходчиво лекции студентам МГРИ и МГУ, подготовил сотни специалистов, воспитал десятки кандидатов и докторов наук. Конференц-зал Института физики Земли АН СССР ломился от желающих послушать всегда оригинальные, глубокие и остроумные отзывы Юрия Владимировича на диссертации. Эти отзывы, равно как и предисловия — обзоры ко многим отечественным и переводным изданиям, — блестящий образец ризниченковской «сейсмофилософии», его широкого, острого и радостного понимания мира.

Педагогическая деятельность Юрия Владимировича не ограничивалась стенами вузов и рамками аспирантур. Можно только поражаться, откуда

бралась у Юрия Владимировича энергия заниматься со столь многими людьми. В 50-е годы он плодотворно работал с молодым коллективом Таджикской комплексной сейсмологической экспедиции Института физики Земли АН СССР. Теперешних ветеранов он научил теории и методам, постановке задач, логике исследований и способам описания результатов. Это была школа научных исследований и коллективных действий, школа жизни. В дальнейшем Юрий Владимирович стал учителем и соратником сейсмологов почти всех республик страны. С учениками он работал очень тщательно, передавая им не только знания, но и свои собственные ему корректность и аккуратность научного исследователя.

Стиль произведений Юрия Владимировича соединял в себе отточенность формулировок, яркость и об-

разность описаний, насыщенность содержания и простоту изложения. Его искрящиеся «сейсмо-эссе» неоднократно появлялись и на страницах «Земли и Вселенной». Это — и «Сейсмический климат и сейсмическая погода» (1967, № 6, с. 4—8), и «Почему сейсмология?» (1969, № 4, с. 2—11; № 5, с. 16—34), и «Пробуждение... испуг... катастрофа» (1969, № 6, с. 45), и «Максимально возможные землетрясения» (1971, № 5, с. 2—10). На тему «Почему сейсмология?»

Юрий Владимирович читал циклы лекций в Индии, Японии, ФРГ. Свои блестящие выступления он всегда сопровождал изготовленными им самим цветными слайдами и кинокадрами, сопровождая их интересными рассказами, искрящимися юмором.

Юрий Владимирович был главным редактором журнала «Известия АН СССР. Физика Земли» с его основания в 1962 году до конца своей жизни. Ю. В. Ризниченко поддерживал в редакции деловой и доброжелатель-

ный стиль работы, живо выделял в редакционном потоке самое ценное и интересное. Умер он 1 января 1981 года.

Без преувеличения можно сказать, что Юрий Владимирович с его талантом, жизнерадостностью, открытостью, добротой, умением жить для людей и воспринимать мир, создал вокруг себя особый нравственный микроклимат, столь необходимый в науке.

ВЕЧЕР ПАМЯТИ М. В. КЕЛДЫША

19 февраля 1981 года в Московском Доме ученых состоялся вечер, посвященный 70-летию со дня рождения академика М. В. Келдыша. Вечере приняли участие видные советские ученые, которым довелось работать с М. В. Келдышем, его родные и близкие.

Во вступительном слове академик А. Н. Тихонов кратко изложил биографию М. В. Келдыша. Не имея возможности подробно рассказать обо всем, хотелось бы привести выдержки из некоторых выступлений.

Академик В. А. Амбарцумян: М. В. Келдыш быстро и безошибочно улавливал суть проблем, даже если они были далеки от тех, которыми занимался он сам. Его интересовало развитие науки не только в Советском Союзе, но и на всем земном шаре.

М. В. Келдыш был человеком большой энергии и поразительной работоспособности. Он умел безошибочно определить главное направление, в котором должна развиваться наука на каждом конкретном этапе.

Член-корреспондент АН СССР Д. Е. Охоцимский: Для Мстислава Всеволодовича главным был успех дела, а не престиж. Любимой ученым и научный коллектив получали его безоговорочное одобрение и поддержку, если они ставили нужную проблему и правильно ее решали. Он пользовался необыкновенным уважением людей, которые с ним работали. Хотелось работать как можно лучше, чтобы заслужить его одобрение. И даже сейчас, когда М. В. Келдыша не стало, его присутствие в науке продолжает ощу-

щаться, а ученые, решая научные проблемы, поневоле задумываются над тем, как бы он отнесся к их нынешней деятельности.

Член-корреспондент АН СССР Б. В. Раушенбах: М. В. Келдыш умел задать единственный вопрос, который сразу «освещал» проблему; в науке он видел «на несколько ходов вперед». Мстислав Всеволодович всегда жалел, что очень много времени отнимали организационные дела и так мало оставалось на занятия его любимой математикой. Он совершенно не мог не работать. Вспоминается такой случай. Группе ученых во главе с М. В. Келдышем пришлось несколько суток провести на космодроме в ожидании очередного старта. Чтобы «развлечь» нас, Мстислав Всеволодович предложил прослушать небольшой курс лекций, связанный с обоснованием теории относительности. Трудно передать впечатления, которые произвели на нас эти лекции своей ясностью, необыкновенной физичностью и глубиной проникновения в сущность теории.

Доктор физико-математических наук А. Г. Масевич: Многие научные проблемы обязаны ему своим рождением и практическим воплощением в жизнь. Неоценим его

вклад в астрономическую науку и освоение космоса. Специальная астрофизическая обсерватория с шестиметровым оптическим телескопом и радиотелескопом РАТАН-600 также появилась на свет благодаря ему.

Доктор искусствоведения Ю. В. Келдыш (брат ученого): Из всех наук больше всего его привлекала математика, и, пожалуй, строительное дело. Впервые на необыкновенную одаренность Мстислава Всеволодовича обратил внимание его учитель физики и астрономии — К. Л. Баев, который преподавал в школе будущи профессором астрономии одного из московских педагогических институтов. М. В. Келдыш был многосторонне одаренным человеком. Любил и прекрасно знал музыку и живопись, им собрана прекрасная коллекция книг по искусству и репродукций картин.

Народный художник РСФСР Ю. Л. Чернов и архитектор А. Н. Колчин рассказали о своей работе над памятником М. В. Келдышу, который будет установлен в Москве, на «Аллее космонавтов».

Затем участники вечера прослушали концерт, составленный из любимых произведений М. В. Келдыша (Бах, Бетховен, Верди, Григ). Вечер закончился показом документального фильма «Мстислав Келдыш».

С. И. ПРОНИНА





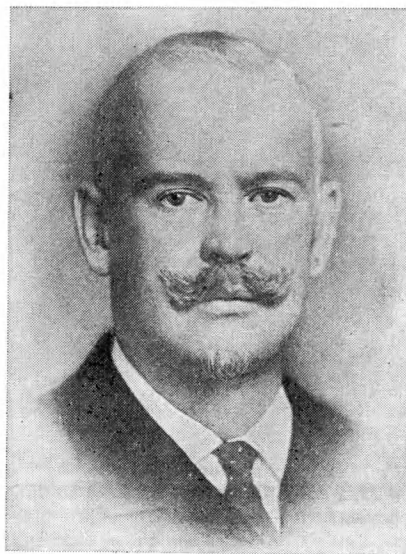
Кандидат
физико-математических наук
А. П. ЛАЗАРЕВА

Сейсмической станции «Пулково» — 75 лет

Первые наблюдения землетрясений с помощью приборов в нашей стране относятся к 80-м годам прошлого столетия. Однако несовершенная аппаратура была способна тогда лишь зафиксировать сейсмический удар. Сам же процесс землетрясения, воздействие его на земную поверхность, а также строение среды, в которой распространяются колебания, по записям того времени изучать было невозможно.

На рубеже XX века с внедрением физико-математических методов исследований, развитием теории распространения сейсмических волн и созданием нового способа регистрации землетрясений в сейсмологии произошли коренные изменения. Перелом этот связан с именами многих ученых, у нас, прежде всего, с именем русского академика Бориса Борисовича Голицына (1862–1916). Выдающийся физик Б. Б. Голицын, придя в сейсмологию, поставил и разрешил первоочередную для того времени проблему. Он создал высокочувствительные приборы, которые способны были записывать малые колебания земной поверхности с необходимой разверткой во времени, для того чтобы получать не только качественные, но и количественные оценки явления.

Б. Б. Голицын придавал большое значение определению истинного движения земной поверхности как функции времени, но он видел, что с существовавшей тогда аппаратурой задачу эту решить было невозможно. В 1902 году Б. Б. Голицын писал: «Есть полное основание опасаться, что если мы дальше будем идти в том же направлении, мы впадем от-



Академик Борис
Борисович Голицын (1862—1916)

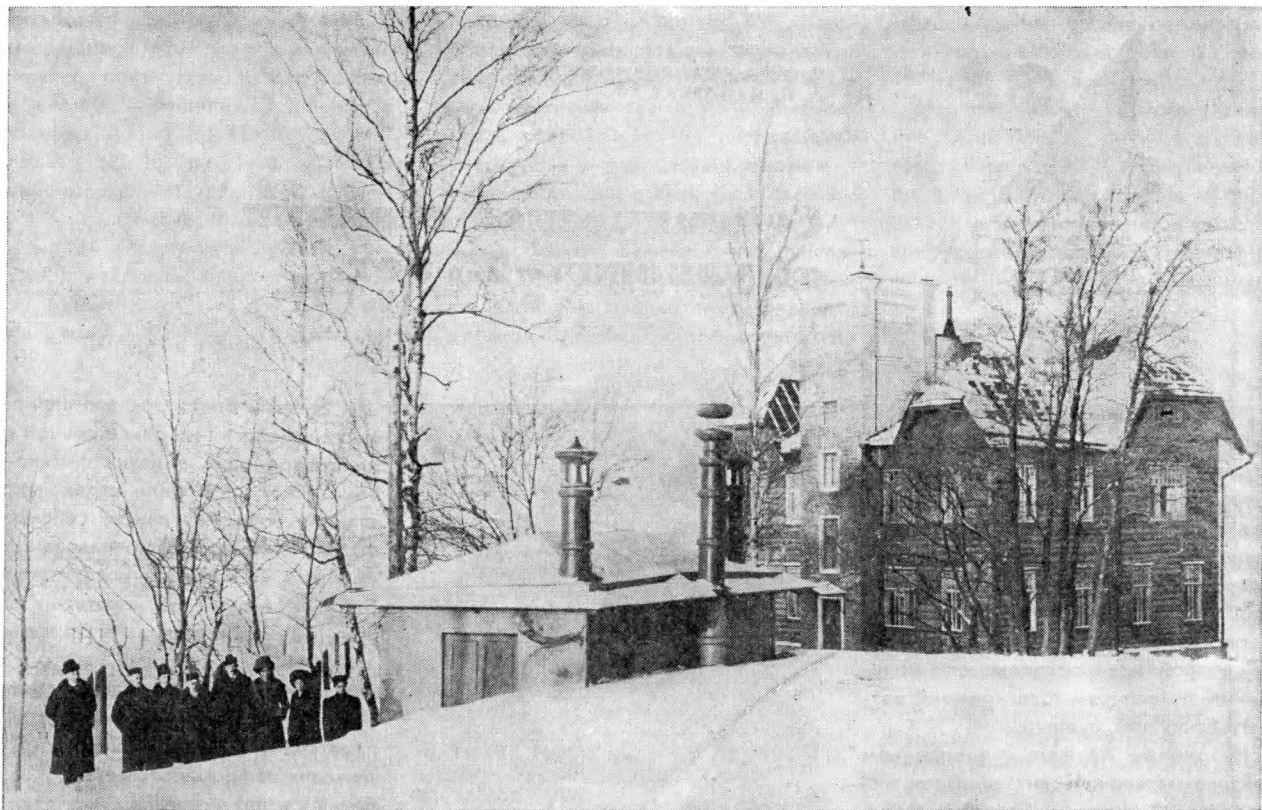
части в ошибку, которая повторялась не один раз в истории развития некоторых других наук, а именно, что мы будем собирать массу статистического материала, получим множество записей, с которыми впоследствии не будем знать что делать. Надо раньше точно определить, какие элементы движения мы желаем знать, а соответственно этому и поставить подходящие приборы».

Такие приборы Б. Б. Голицын создал в 1902—1906 годах. Он использовал новый метод измерений, основанный на преобразовании механических колебаний земной поверхности в электрический ток. В значитель-

ной степени благодаря его аппаратуре сейсмология из описательной науки превратилась в науку физико-математическую. В ряде стран лучшие станции оборудовались сейсмографами Голицына, и изготавливались эти приборы не только в России, но и в Эстонии, Англии. На некоторых станциях они работают до сих пор.

К 1906 году в России уже существовала сеть сейсмических станций. Но разнородная и примитивная аппаратура и сейсмоприемники без демпфирования собственных колебаний сводили почти на нет всю работу сети. Поэтому Б. Б. Голицын выступил с предложением не увеличивать число станций, а улучшить наблюдения на существующих. Энергично взялся он за реорганизацию старой сети, в которой станции «Пулково» отводилось центральное место.

Сейсмические наблюдения на станции начались в конце 1906 года. Располагалась она тогда в подвале, под центральной башней главного здания Пулковской обсерватории. Здесь были установлены горизонтальный сейсмограф Голицына с электромагнитным затуханием (для записи горизонтальных колебаний почвы), запись которого регистрировалась гальванометром, горизонтальный сейсмограф Цельнера без затухания, с оптической регистрацией, и другая аппаратура. Сравнение записей двух этих сейсмографов сразу же показало бесспорное преимущество первого. Постепенно аппаратуру стали обновлять, и в 1908 году электромагниты для затухания заменили постоянными магнитами, что значительно упростило приборы и облегчило их обслуживание, а в 1910 году для за-



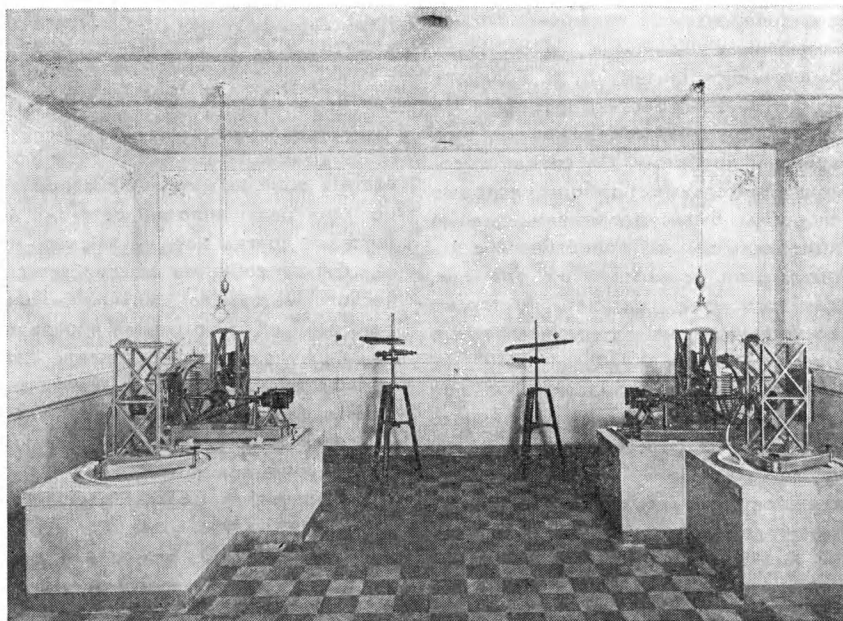
Сейсмическая станция «Пулково» в 1912 году. Слева — сейсмический павильон

Сейсмографы Голицына, установленные в подвале станции (фотография 1912 года)

писи вертикальных смещений почвы стали использовать сконструированный Б. Б. Голицыным вертикальный сейсмограф с магнитным затуханием и гальванометрической регистрацией.

В 1910 году станция «Пулково» получила статус центральной, а вместе с этим и собственное двухэтажное здание. Через год появился подземный сейсмический павильон, где была размещена вся аппаратура; в 1912 году была построена небольшая электростанция. Открытие станции на новом месте пресса назвала «пулковским торжеством».

Главной задачей пулковской станции было сравнительное изучение различных сейсмических приборов и методов наблюдений, но с первых же дней своей работы станция стала давать первоклассный наблюдательный материал. Подробно удалось записать такие известные землетрясения, как Мессинское (28.XII.1908), Исландское (21.1.1910), Верненское (3.1.1911), Сарезское (18.II.1911) и



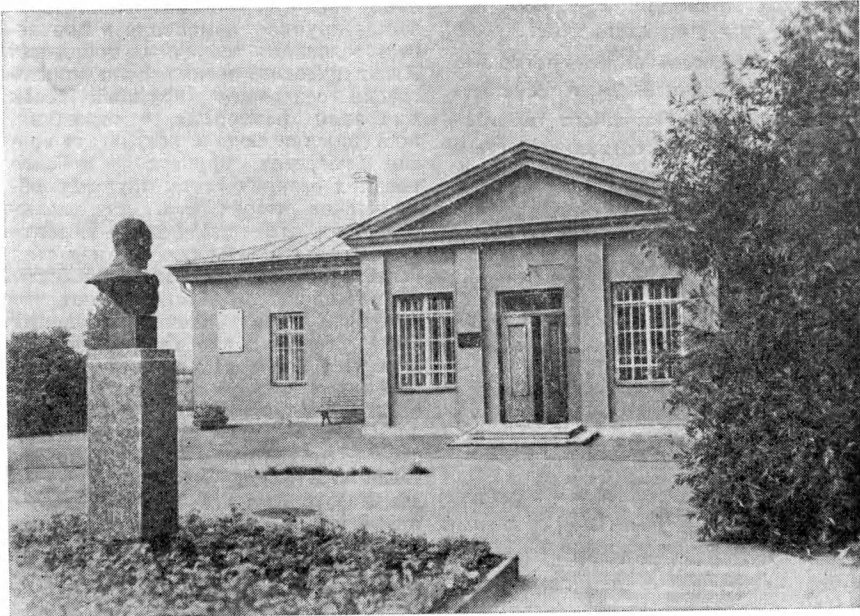
многие другие. Записи их позволили Б. Б. Голицыну провести ряд фундаментальных научных работ.

Определение эпицентра землетрясения по данным только одной станции, выполненное Б. Б. Голицыным в 1909 году, имело очень большое значение и используется в некоторых задачах сейсмологии до сих пор. Записи землетрясений приборами, идентифицированными по амплитудно-частотной и фазовой характеристикам, дали материал для углубленного анализа связи между эпицентральным расстоянием, углом выхода сейсмического луча и характером изменения скорости распространения продольных волн в Земле. В результате этого анализа Б. Б. Голицын впервые обнаружил две границы раздела, внутри которых сейсмические волны распространяются с различной скоростью (на глубине 106 и 492 км). Пионерскими были и работы Б. Б. Голицына, в которых оценивалась энергия землетрясений (по скорости распространения и затухания поверхностных сейсмических волн).

Данные наблюдений станции «Пулково» публиковались в еженедельных бюллетенях, которые рассылались во многие страны. Вероятно, ни одно серьезное исследование в области сейсмологии не обошлось тогда без пулковских данных, отличающихся точностью и полнотой.

В 1916 году умер Б. Б. Голицын. Первая мировая война, вспыхнувшая за ней гражданская, а затем иностранная интервенция нарушили нормальную работу на пулковской станции. В 1920 году сгорело ее деревянное здание, но спустя три года было выстроено одноэтажное кирпичное, станция продолжила сейсмические наблюдения. Они прервались 14 сентября 1941 года, через три месяца после начала Великой Отечественной войны, когда фронт близко подошел к Ленинграду. Архив станции эвакуировали в Москву, часть аппаратуры перевезли в Ленинградский университет...

Еще до окончания войны началось восстановление Пулковской Астрономической обсерватории, а с 1946 года и сейсмической станции. В нояб-



Современный вид сейсмической станции «Пулково». На переднем плане — бюст Б. Б. Голицына

ре—декабре 1949 года в подземном павильоне установили полный комплект сейсмографов Б. Б. Голицына, регистрирующую и вспомогательную аппаратуру, организовали электропитание станции, оборудовали фотолaborаторию. 1 января 1950 года пулковская сейсмическая станция вновь начала свою работу, а к 50-летию со дня основания, в 1956 году, для станции было построено отдельное наземное здание.

Станция «Пулково» постоянно обновляется и пополняется новыми приборами. Кроме стандартных стационарных сейсмических наблюдений, в которых наряду с современной аппаратурой до сего времени используются голицынские сейсмографы, в Пулково проводились и наблюдения наклонов земной поверхности, и гравиметрические наблюдения. Осуществлялись также измерения на тройной микросейсмической станции и другие экспериментальные работы.

Современное оборудование станции «Пулково» дает возможность регистрировать колебания земной поверхности в широком диапазоне периодов (от десятых долей секунды до сотен секунд) и в большом интервале амплитуд колебаний (от сотых долей микрона до нескольких тысяч микронов). Применяемые способы регистрации колебаний земной поверхности — гальванометрическая, видимая и на магнитную ленту.

В 1957 году станция «Пулково» стала Полярным территориальным центром для Арктических и Антарктических сейсмических станций Единой системы сейсмических наблюдений (ЕССН) СССР. Эти функции заключаются в подготовке и стажировке сейсмологов для полярных станций, в контроле за производством и обработкой наблюдений на этих станциях, в обеспечении полного и правильного выполнения программ наблюдений (все станции полярной зоны — опорные станции ЕССН). Стажировку в «Пулково» проходили специалисты из союзных республик. За прошедшие четверть века с тех пор, как станция стала Полярным центром, десятки людей прошли пулковскую школу, и среди них значительное число сейсмологов из социали-

стических стран: ГДР, ВНР, КНР, Кубы, НРБ, ПНР, СРВ, СФРЮ.

Кроме наблюдений по программе опорной станции ЕССН и осуществления функций Полярного территориального центра сотрудники станции «Пулково» ведут научную работу. Основные ее направления — изучение поверхностных волн, условий их распространения и затухания, изучение строения земной коры и верхней мантии по данным, приносимым поверхностными волнами, исследования сейсмичности Арктики и Антарктики.



РЕЙСЫ «ГЛОМАРА ЧЕЛЛЕНДЖЕРА»

В конце июля 1980 года научно-исследовательское судно «Гломар Челленджер» начало свой 75-й рейс. В рейсе принимали участие ученые из США, Франции, Великобритании, Японии, ФРГ и Австрии. В течение 42 суток изучались осадочные и коренные породы, слагающие дно Южной Атлантики. Бурением было пройдено восемь скважин общей глубиной 2098 м, а суммарная длина грунтовых колонок, поднятых на борт судна, составляла около 1445 м.

Данные бурения показывают, что если в древности Атлантический океан и превращался иногда в изолированный бассейн (как теперь предполагают), то продолжалось это каждый раз недолгое время. Установлено, что апвеллинг (подъем на поверхность глубинных вод), связанный с проходящим здесь Бенгальским течением, существенно влияет на донные осадки Ангольского бассейна и подводного Китового хребта. Осадочные породы, образующиеся ныне под охваченными апвеллингом водами, содержат больше органических веществ, чем сформировавшиеся в древности. Анализ колонок грунта говорит о том, что система апвеллинга существует здесь около 6 млн. лет, но наибольшего развития она достигла примерно 2 млн. лет назад.

Согласно полученным здесь дан-

ными, около 60 млн. лет назад произошло крупное изменение в процессе образования осадочных пород дна Атлантического океана. Если раньше осадки содержали крупный песок и гравий размерами с горошину, поступавшие сюда в результате эрозии с берегов Африки, то в более поздних осадках таких крупных обломков не встречается. Это указывает на резкие изменения климата в центральной Африке. Климат стал более сухим, что вызвало ослабление процессов эрозии. Предполагают, что причиной климатических изменений было перемещение континента к северу, в более засушливую зону.

В конце декабря 1980 года завершился 76-й рейс «Гломара Челленджера», в котором принимали участие специалисты из США, Японии, Великобритании, Франции и Канады. На этот раз все буровые работы проводились в одном и том же пункте, примерно в 300 милях от Форт-Лодердейла (полуостров Флорида), где глубина моря составляет около 4800 м. Бурением в твердых осадочных породах дна удалось пройти 1647 м.

Согласно гипотезе дрейфа континентов, бассейн Северной Атлантики образовался благодаря длительному раздвижению морского дна в обе стороны от цепи подводных активных вулканов в центре океана. Анализ колонок грунта показал, что осадочные породы на несколько миллионов лет моложе, чем считали специалисты. По-видимому, на ранней стадии своей истории Атлантический океан «раскрывался» значительно быстрее, чем теперь. Несколько миллионов лет Северная Америка удалялась от Африки со скоростью около 6 см в год, тогда как сейчас эта скорость не превышает 3 см в год. Геологи предполагают, что периоды более быстрого раздвижения дна океана должны были сопровождаться трансгрессиями — сильными повышениями уровня моря, временами приводившими к затоплению огромных участков суши. Результаты бурения подтвердили эту гипотезу: период быстрого растяжения, происшедшего 145—153 млн. лет назад, совпадает с крупнейшей трансгрессией Мирового океана в средней и верхней юре.

Еще один важный научный результат рейса: доказано, что циркуляция вод в молодом еще Атлантическом бассейне проходила интенсивнее, чем полагали до сих пор. Уже в позднюрское время установилась та активная система течений, которая существует и ныне. Свидетельство тому — обилие в осадочных породах остатков микроскопических планктонных организмов, живших 145 млн. лет назад в древних морях, некогда покрывавших значительную

часть Европы и все Средиземноморье. Интересно, что аналогичные ископаемые организмы находят и в Тихом океане. Вероятно, в юрскую эпоху существовали проливы, соединившие удаленные океаны и имевшие интенсивные течения.

30 января 1981 года завершился 77-й рейс научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер». Экипаж судна, на борту которого работали специалисты из США, Франции, Италии, Великобритании, Японии и Кубы, в течение 35 дней занимался изучением дна юго-восточной части Мексиканского залива. Цель рейса — проверить гипотетическую модель происхождения и развития Мексиканского залива, согласно которой Северная Атлантика и центральная часть Мексиканского залива возникли 180—200 млн. лет назад в ходе разлома континентов и раздвижения морского дна. В обоих районах образовалась система рифтов, а около 150 млн. лет назад в них начало формироваться молодое дно будущего океана. Затем два океанических бассейна полностью разделились.

Во время 77-го рейса в юго-восточной части Мексиканского залива в шести пунктах было пройдено бурением восемь скважин. Собранные данные подтвердили модель происхождения центральной части Мексиканского залива. Как и предполагалось, дно этой части залива слагает кора континентального типа. По-видимому, образовавшееся молодое ложе сперва превратилось в мелководный бассейн, а затем, когда океаническая кора остыла и погрузилась, и в глубоководную акваторию.

Однако модель, очевидно, все же нуждается в поправках. Например, оказалось, что малые блоки коры, сформировавшейся в период первоначального раскола континентов, продолжали двигаться и после того, как установились глубоководные условия. Некоторые из этих блоков поднялись до уровня моря и образовали небольшие рифовые «шапки» из пористых известняков, а затем снова погрузились. Одновременно карбонатные рифы и окраины бассейна поднялись до высоты 1500 м над дном океана. Несколько мористее их обнаружены мощные пласты глубоководных известняков. Полной неожиданностью было то, что некоторые из этих известняков богаты источниками углеводородов. В одном пункте найдены структуры, окруженные следами нефти, что говорит о присутствии более «зрелых» нефтесодержащих пород в глубоких пластах, не достигнутых бурением.

Deep Sea Drilling Project (Scripps Institution of Oceanography), 1980, 300, 304, 306.



Доктор
геолого-минералогических наук
Л. П. ЗОНЕНШАЙН

Палеоокеанологические исследования на Урале

Летом 1980 года на Урал отправилась группа геологов из Института океанологии АН СССР. Работать предстояло совместно с сотрудниками Ильменского государственного заповедника из города Миасса. Казалось бы, что может быть общего между океаном и Уралом — складчатым поясом внутри континента? И что делать на Урале морским геологам? Однако связь тут есть.

Последние десятилетия ознаменовались в геологии крупными преобразованиями, которые позволили объединить сухопутную, континентальную и морскую геологию. Вместо представлений об извечной неподвижности континентов и океанов стала набирать силу концепция о перемещении блоков земной коры на поверхности Земли, вылившаяся в теорию тектоники литосферных плит (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 30—33.—Ред.). Там, где плиты расходятся, из недр Земли поднимаются базальты, наращивающие океаническую кору и создающие срединно-океанические хребты. Там же, где плиты сближаются, одна из них поддвигается под другую — возникают глубоководные желоба и связанные с ними вулканические дуги, подобные тем, которые образуют «огненное кольцо» по периферии Тихого океана. Когда в зону поддвига попадают континенты или их обломки (они сложены более легкими породами, чем океанический базальт), то происходит либо столкновение континентов с островными дугами, либо сталкиваются два континента, находившиеся прежде по разные стороны разделяющего их океана. В результате возникают складчатые пояса.

Таким образом, можно считать, что каждый складчатый пояс образовался на месте, где раньше был океанический бассейн. И действительно, внутри всех складчатых поясов всегда встречаются базальты и родственные им породы, составляющие **офиолитовую ассоциацию** (офиос в переводе с греческого — змея). Она получила свое название от змеевиков — пород, по расцветке напоминающих чешую змеи. Академик А. В. Пейве доказал, что офиолиты — это остатки океанической коры геологического прошлого Земли, то есть коры тех океанов, которые «закрылись» в процессе сближения и столкновения континентов.

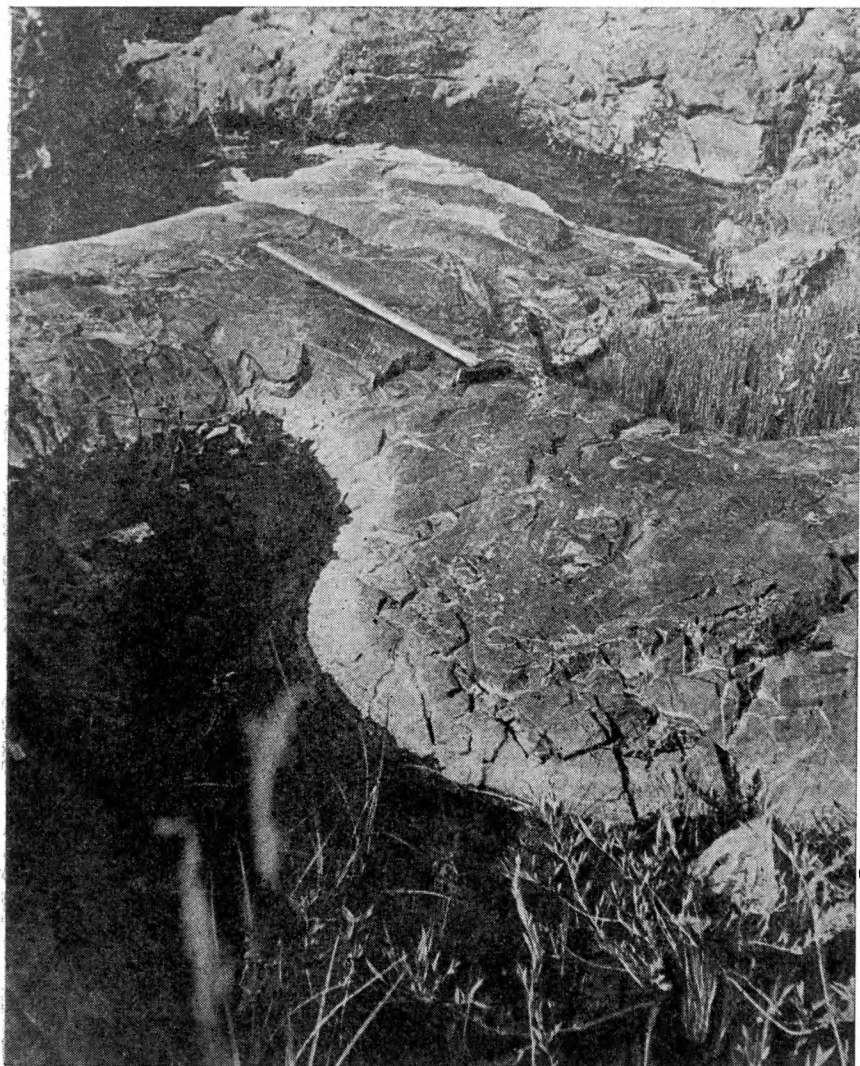
На Урале широко развиты породы офиолитовой ассоциации. Они давно там выявлены и во многих местах хорошо изучены. По возрасту они относятся к силурийскому периоду, то есть формировались около 450 млн. лет тому назад. В последние годы многие геологи пришли к выводу, что складчатые цепи Урала возникли на месте прежнего силурийского океана, или Уральского палеоокеана, некогда простиравшегося между древними Восточно-Европейским и Сибирским, или Казахстанским, континентами.

Задача палеоокеанологических исследований в Уральской экспедиции заключалась в том, чтобы глазами ученых, хорошо знающих океаническое дно, посмотреть на возникшие почти полмиллиарда лет назад океанические породы, постараться выяснить, было ли древнее океаническое ложе похоже на дно современных океанов. А если оно отличалось, то чем и как создавалась и преобразо-

вывалась океаническая кора. Важно было также попытаться восстановить географию Уральского палеоокеана, наметить взаимное расположение обрамлявших его континентов. В задачи экспедиции входило и изучение палеотемператур, палеотечений, палеохимизма вод. В конечном счете предполагалось произвести реконструкцию Уральского палеоокеана от его раскрытия до закрытия и образования на его месте горно-складчатого сооружения.

Летом 1980 года полевые исследования были сконцентрированы вблизи южного окончания Уральских гор, в невысоком Мугоджарском хребте, занимающем пустынные и полупустынные районы Актюбинской области Казахстана. Склоны хребта прорезаны долинами пересыхающих рек, впадающих на западе в Эмбу, а на востоке в Иртыш и Тургай. 20 лет назад один из участников нашей экспедиции — уральский геолог В. Г. Кориневский описал здесь прекрасные обнажения подушечных базальтовых лав и связанных с ними роев параллельных даек (вертикальных тел) тех же базальтов, то есть прежней океанической коры. В силу счастливого стечения обстоятельств почти не изменилось их первичное залегание — они не деформировались, а минеральный состав пород остался близким к исходному.

В исследовании разреза силурийской океанической коры участвовали сотрудники Института океанологии О. Г. Сорохтин, Г. Б. Рудник, Г. Л. Кашицев, И. О. Мурдмаа, сотрудники Ильменского заповедника В. Г. Кориневский, В. В. Зайков, Е. В. Зайкова, высококвалифицированные па-



*Поток лавовых труб,
вытекающий в основании
вулканической постройки на реке
Шулдак.
Некогда они слагали дно
Уральского палеоокеана*

Фото Р. Сегедина

леомагнитологи Д. М. Печерский и А. И. Диденко из Института физики Земли АН СССР и Б. В. Буров из Казанского университета. Результаты их исследований могут дать ответ на природу намагниченности базальтов — океаническая она или нет, а также определяют палеоширотное

положение древнего океанического ложа.

Разрез силурийской океанической коры лучше всего вскрыт в скалистых обрывах реки Шулдак, текущей на восток, в Тургай. Если идти вдоль обрывов вниз по ее течению, можно отчетливо увидеть, как горизонтально напластованные потоки базальтовых лав сменяются полями распространения вертикальных базальтовых даек и что ширина следующих друг за другом полос 2—3 км. Базальты здесь удивительно похожи на лавы современных океанов, в особенности на те, которые изливаются

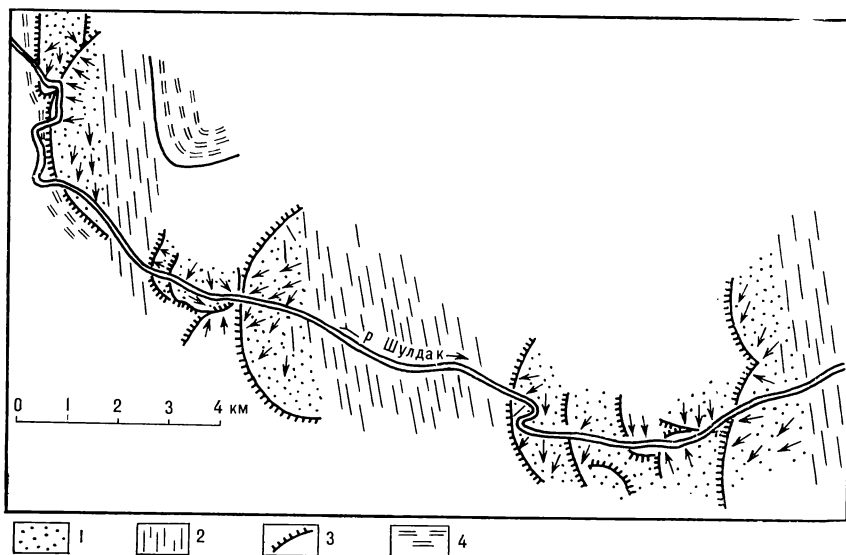
в оси срединно-океанических хребтов. Химический состав базальтов был изучен раньше и оказался близким к океаническим толеитам, слагающим второй слой океанической коры. Отличительная особенность таких базальтов — очень низкое, не более нескольких десятых процента, содержание окиси калия.

В разрезе по реке Шулдак базальты образуют нагромождения трубообразных лавовых потоков, наложенных друг на друга. Океанологи доказали, что подобные лавовые трубы возникают только при подводных излияниях базальтов. Расплав, соприкасаясь с холодной водой, быстро покрывается закаленной коркой вулканического стекла, под которой продолжает течь лава. Лавовые трубы в обнажениях на реке Шулдак то утолщаются, то становятся тоньше, соединяясь перемычками или разветвляясь на серию вторичных потоков. По ориентировке лавовых труб легко определяется направление потоков на прежнем океаническом дне, поэтому можно установить наклон поверхности и наметить положение центров излияний. Картина удивительно напоминает ту, которая наблюдается в океанических рифтах, например в оси рифта Красного моря, который многие участники работ собственными глазами видели, погружаясь на его дно на «Пайсисе» в начале 1980 года (Земля и Вселенная, 1980, № 5, с. 53—57.— Ред.).

На реке Шулдак сохранились пустотелые трубы: из канала лава вытекла, и осталась лишь стекловатая оболочка, а внутренность заполнилась крошевом из вулканического стекла и осадков — гиалокластитами. (Такие пустотелые трубы в изобилии встречаются в океанических рифтах вблизи центров извержений.) Местами хорошо видны, препарированные лавовые трубы с морщинистой оболочкой, изборожденной трещинами сжатия и растяжения. Поперечное сечение лавовых труб часто покрыто радиальными трещинами, столь примечательными для лав Красного моря. Все это говорит о полной аналогии мугуджарских лав базальтам, изливающимися в осях современных срединно-океанических хребтов.

На Урале мы сейчас можем увидеть строение более низких горизонтов океанической коры, что пока не удается в океане. Речь идет о рядах параллельных даек, которые служили подводными каналами, питающими базальтовые излияния на поверхности дна. В обнажениях множество параллельных пластин, напоминающих раскрытые жалюзи. Каждая пластина — это самостоятельное внедрение базальтов. По составу они ничем не отличаются от лавовых базальтов. В середине дайковых полей вмещающие породы отсутствуют, и каждая молодая дайка внедряется в более древнюю или между двумя более древними. Лишь на краях полей тела даек внедрены в лавы, и видно, как лавовые трубы разрываются пополам, а освободившееся пространство заполняется массивным базальтом дайки.

В верхних участках полей дайки теряют строгую параллельность и вертикальное расположение, переходя в пластовые залежи — силлы. Они образуют разветвленные системы питающих каналов. Там, где силловая залежь (подслоевой поток) выходит на поверхность, начинается лавовый поток. Мы смогли наблюдать разрезанные прежние вулканические постройки (в океане это невозможно). Одна из них, например, состоит из наслоения стекловатых базальтовых корок, перекрытых обломками вулканического стекла — **гиалокластитами брекчиями**. У основания этого 20-метрового нагромождения тянутся извилистые потоки лавовых труб, вытекавших из постройки. Это остатки подводного лавового мини-озера. Каждый слой отмечает уровень лавового озера, который постепенно понижался, озеро опустошалось, а лавовые трубы в основании — это следы истечения лавы из его резервуара. По-видимому, иногда порции лавы прорывались сквозь верхнюю корку в воду и сразу же закаливались, накапливаясь в виде обломков на поверхности озера. Аналогичные поверхностные образования наблюдались на вершине одной из вулканических построек в Красном море. Есть и другие формы вулканических построек, напоминающие «стога се-



Реконструкция вулканических гор на дне Уральского палеоокеана. Условные обозначения: 1 — поля базальтовых лав (стрелки указывают направление лавовых потоков); 2 — рои базальтовых даек; 3 — контур подножья вулканических гор; 4 — океанические осадки

на». Они известны в Срединно-Атлантическом рифте. Склоны их образованы наслоением потоков лавовых труб с сердечником из массивных базальтов — питающих каналов.

В некоторых местах базальты перекрыты осадками, а на самих базальтах часто залегают красные, обогащенные окислами железа кремнистые породы — аналог известных металлоносных осадков океана. Они состоят из тонкого материала кремнистых пород, образовавшихся при осаждении на дно кремниевых скелетов радиолярий и мелкозернистых песчаников, принесенных мутьевыми потоками с берега. Глубина, на которой образовались осадки, была не меньше 3000 м — еще одно подтверждение того, что раньше здесь плескались воды океана. Осадки насыщены слоями излившихся базальтов, значит, накапливались они довольно быстро. А поскольку скорость движения плит сравнительно мала,

то осадки успевали накопиться до очередного импульса извержений. Это хорошо видно сейчас в устье Калифорнийского залива. Чтобы поступаящий с берега обломочный материал мог достигнуть океанического ложа, ширина океана в тот период не должна была превышать 1000—2000 км.

Участники экспедиции произвели систематические замеры ориентировки лавовых труб — по существу направления лавовых потоков. Это позволило оконтурить вулканические горы, формировавшиеся в рифтовой долине Уральского палеоокеана. Ширина их оказалась от нескольких сот метров до 1 км, а высота — не более 300 м, то есть такой же, как и в океанических рифтах. В большинстве случаев сохранились лишь западные половины построек — их восточные края обрезаны дайковыми рядами. К востоку также появляются все более молодые лавы и дайки. Эту поразительную картину — сохранность только западных половин прежних вулканических гор и закономерное омоложение базальтов к востоку — можно объяснить лишь тем, что океаническое дно раздвигается в разные стороны от оси рифтовой зоны. В данном случае нам посчастливилось увидеть следы про-

исходившего в древности раздвижения дна, но по существу лишь половину океанического ложа, находящуюся по одну сторону от бывшего океанического рифта. Другая половина была отодвинута в противоположном направлении, и вряд ли можно будет найти ее остатки. Прежняя рифтовая зона Уральского палеоокеана находилась к востоку от места работы экспедиции (в современных, конечно, координатах). Судя по аналогии силурийского океанического ложа с Красным морем и со Срединно-Атлантическим хребтом, кото-

рые обладают невысокими (несколько сантиметров в год) скоростями раздвижения океанического дна, можно предположить, что такая же скорость раздвижения была характерна и для Уральского палеоокеана.

Все проведенные наблюдения с несомненностью убеждают в том, что в Мугуджарах мы имеем дело с подвижной древней океанической корой, возникшей в результате тех же процессов раздвижения океанического дна, которые устанавливаются в современных срединно-океанических хребтах. Следовательно, силу-

рийский Уральский палеоокеан, существовавший 450 млн. лет назад, принципиально ничем не отличался от современных океанов, а значит, и в те отдаленные времена происходили те же перемещения литосферных плит, которые, как теперь доказано, были характерны для последних 200 млн. лет истории Земли.

В последующие годы палеоокеанологические исследования будут продолжены в первую очередь на Урале, а затем и в других складчатых поясах.

НОВОЕ НА УЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ СУДНО

Научно-исследовательский флот АН СССР получил новое судно «Академик Мстислав Келдыш». Построено оно в Финляндии, на верфи «Холминг». Оснащено судно по самому последнему слову техники — первоклассным оборудованием, автоматизированными устройствами для сбора, накопления и обработки научной информации. На судне установлен мощный вычислительный комплекс, а в отдельных лабораториях, занимающихся различными вопросами океанологии, — еще семь малых вычислительных машин. Измерительно-регистрирующая аппаратура и датчики в каждой лаборатории можно



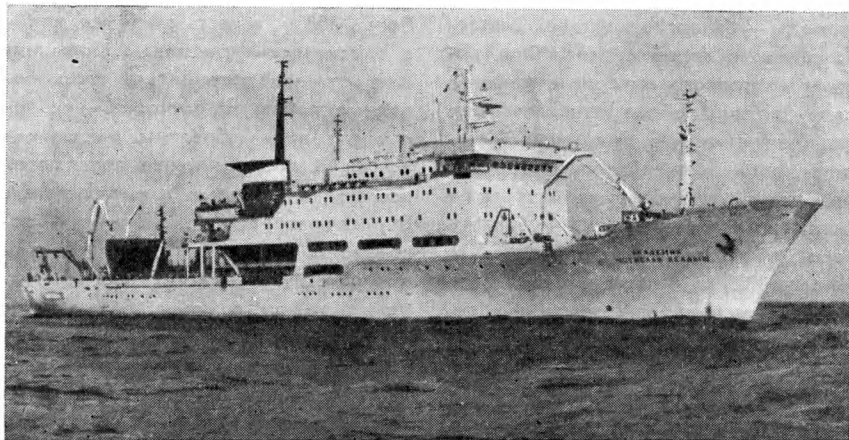
будет подключить к входу вычислительного комплекса, а поступающую информацию по заданному алгоритму обрабатывать, хранить, выводить на графопостроители или дисплей. Словом, ученые получат возможность «интеллектуального» общения с вычислительными машинами судна.

«Академик Мстислав Келдыш» предназначен для океанологических исследований в любом районе Мирового океана. Современная навигационная аппаратура позволяет определить местоположение судна с высокой точностью — до десятков метров. Судно оборудовано тремя эхолотами, в том числе узколучевым, действующим до 6000 м, и глубоководным, с помощью которого можно проникать на предельные глубины Мирового океана.

Необычна внешняя архитектура судна. Надстройка несимметрична относительно продольной оси: правый борт судна имеет широкую палубу, левый, более узкий, занят каютами и лабораториями. На большой кормовой палубе установлен гидравлический кран грузоподъемностью 5 т, мощные океанологические лебедки. Такие же лебедки имеются и на бортовой палубе (все-го на судне 9 лебедок).

27 февраля 1981 года «Академик Мстислав Келдыш» вышел в свой первый рейс в Западную Атлантику. До середины июня научный экипаж работал по гидрофизической программе — исследовал океанические течения.

Доктор технических наук
В. С. ЯСТРЕБОВ



ЦУНАМИ ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТКРЫТОМ ОКЕАНЕ

Предупреждение жителей Тихоокеанского побережья СССР об угрозе цунами, осуществляемое специальной службой, основывается обычно на данных о положении и магпи-

туде подводного землетрясения. По существу прогноз делается по косвенным признакам, и поэтому эффективность службы невысока (Земля и Вселенная, 1980, № 3, с. 12—16. — *Ред.*).

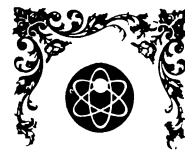
Член-корреспондент АН СССР С. Л. Соловьев (Институт океанологии АН СССР) предложил сочетать сейсмический прогноз с прямой регистрацией цунами в океане донными мареографами (датчиками гидростатического давления). На острове Шикотан создана обсерватория, где с 1965 года установлено 19 экспериментальных донных гидрофизических измерительных систем. Но работали они ограниченное время — от нескольких недель до года. Поэтому долго не удавалось зарегистрировать беспорочное цунами, фиксировались лишь слабые волны предположительно сейсмического происхождения.

Летом 1979 года у острова Шикотан снова поставили серию донных измерительных систем, одна из которых работает и до настоящего времени. Состоит она из датчика давления, помещенного на дне на глубине 113 м в 8 км от берега и связанного с обсерваторией 20-километровым кабелем. Вариации давления (уровня океана) преобразуются в частотно-модулированные электрические сигналы, которые регистрируются в трех частотных диапазонах: ветровых волн, цунами, приливов, 23 февраля 1980 года в 8 ч 50 мин московского времени к юго-востоку от Малых Курильских островов произошло землетрясение с магнитудой $M = 7.0$. Вызванное им цунами было зарегистрировано не только береговыми мареографами от острова Итуруп до острова Хонсю, но и донным мареографом вблизи острова Шикотан. Регистрацию произвели за час до подхода цунами к населенным пунктам. Сотрудники гидрофизической обсерватории имели возможность наблюдать весь процесс прохождения цунами над датчиком. Это был первый в мировой практике случай регистрации цунами вдали от берега.

Волна на записи донного мареографа представляет собой вначале наложенные друг на друга колебания различных периодов. Дальше следуют более мелкие колебания в виде пакетов волн с максимумами амплитуды, повторяющимися примерно через 6 часов. Если исходить из средней глубины шельфа около 100 м, то волнами цунами здесь была охвачена зона, тянущаяся вдоль берега на 1200 км.

Доклады АН СССР, 1981, 257, 5.

Член-корреспондент АН СССР
Б. В. РАУШЕНБАХ
И. А. МЕРКУЛОВ



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Золотой юбилей ГИРДа

Одна из самых ярких страниц истории советского ракетостроения — деятельность ГИРДа (Группы изучения реактивного движения), созданной при Бюро воздушной техники Центрального совета Осоавиахима СССР осенью 1931 года. Пятьдесят лет прошло со дня организации ГИРДа, и сейчас — в годы расцвета ракетно-космической техники — хорошо видна значимость трудовых свершений небольшого коллектива ракетостроителей.

Так же как создание в 1921 году Газодинамической лаборатории (ГДЛ), постройка и успешные стендовые испытания первых советских жидкостных ракетных двигателей ознакомили рождение отечественного ракетного двигателестроения, так и создание ГИРДа, постройка и успешные запуски первых в СССР жидкостных ракет ознакомили рождение отечественного ракетостроения.

Вскоре после организации под руководством Ф. А. Цандера и С. П. Королева ГИРДа в Москве аналогичные группы стали возникать и в других городах. Наиболее успешно работала ленинградская — ЛенГИРД, организованная осенью 1931 года и возглавляемая В. В. Разумовым. Действовали коллективы ГИРДов в Баку, Горьком, Харькове и других городах. Первые месяцы они занимались главным образом пропагандой ракетной техники, сбором и объединением специалистов, интересующихся проблемами освоения космоса. Московская группа, как наиболее многочисленная и успешно работающая, стала иногда называться Центральной — ЦГИРД.

В апреле 1932 года ГИРДу было

предоставлено помещение для создания научно-производственной базы (в доме № 19 по Садово-Спаской улице в Москве). Постепенно он превращался из организации, работающей на общественных началах, в научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую, финансируемую как из средств Осоавиахима, так и из государственных фондов.

К июлю 1932 года определились главные направления работ ГИРДа и его структура. В приказе по Осоавиахиму, изданном в том же месяце, были указаны основные задачи ГИРДа:

1 — научно-исследовательская и опытно-экспериментальная работа по всестороннему применению реактивных двигателей в деле технической реконструкции воздушного флота;

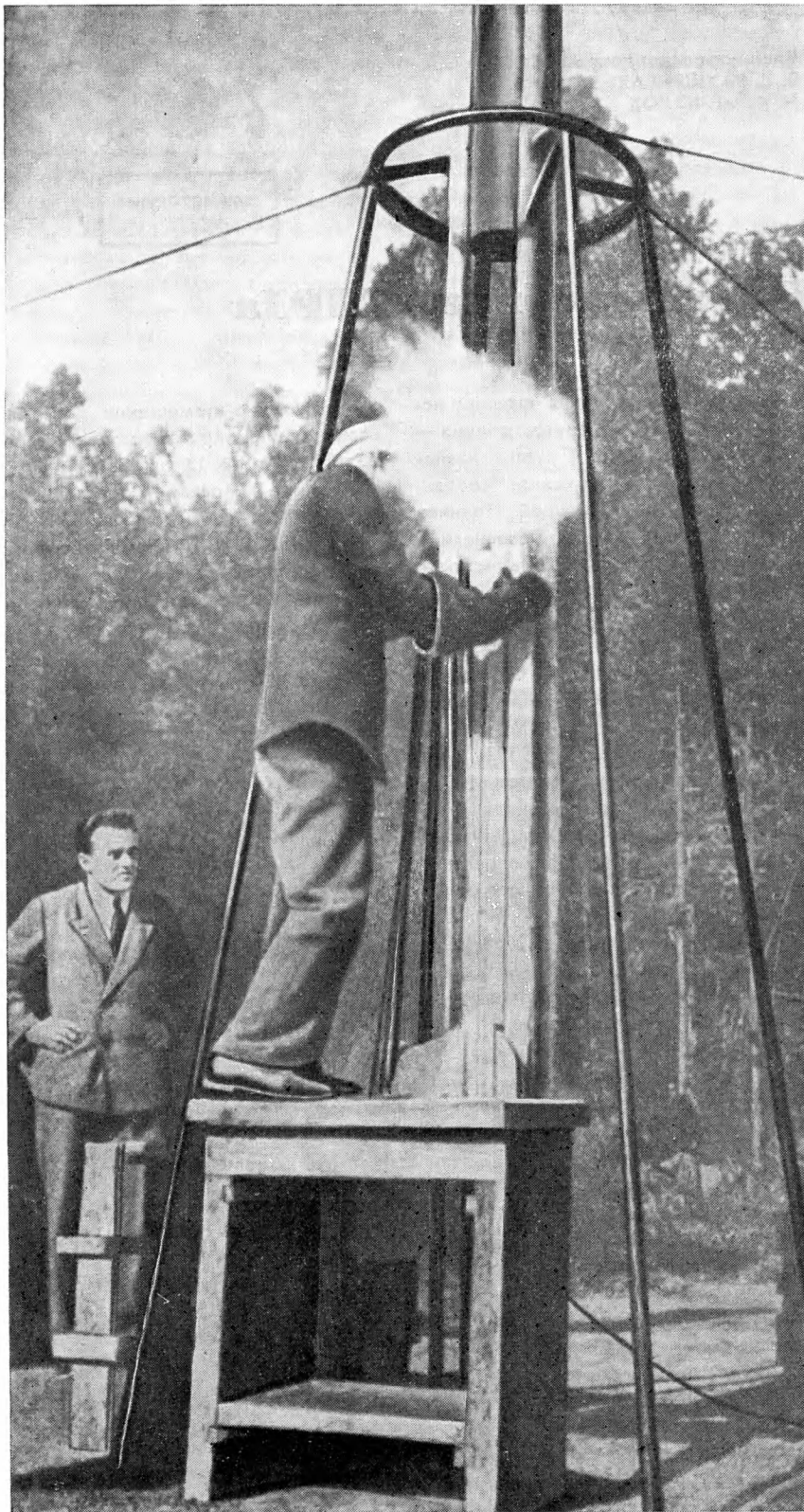
2 — широкая техническая пропаганда и популяризация идей применения реактивных двигателей и первоначальная подготовка кадров;

3 — вовлечение в работу по реактивному движению широкого рабочего изобретательства, развитие ракетного моделизма.

В шестом пункте приказа говорилось:

«Начальником ГИРДа (в общественном порядке) назначается тов. Королев С. П. с 1 мая с. г.».

Научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа проводилась в отделе, состоящем из четырех бригад. Первую из них возглавлял Ф. А. Цандер. В числе его помощников были А. И. Полярный, Л. С. Душкин, Е. К. Мошкин, ставшие впоследствии видными специалистами. Деятельность этой бригады заключалась в разработке жидкост-



ных ракетных двигателей и ракетных летательных аппаратов, изучении возможности использования металлического горючего. Бригада разработала несколько типов двигателей, использующих в качестве окислителя жидкий кислород, и спроектировала ракету «ГИРД-10», запуск которой состоялся 25 ноября 1933 года.

К этому времени уже был создан Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ), в который вошли МосГИРД и ГДЛ. Многие конструкторские разработки, начатые в ГИРДе, были продолжены в РНИИ.

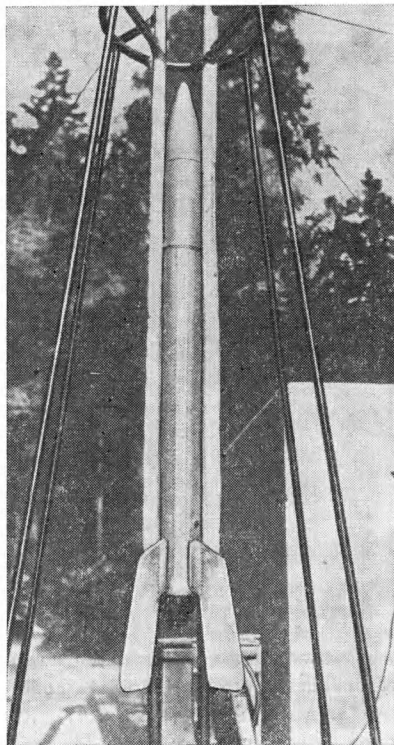
Второй бригадой руководил М. К. Тихонравов. В ней работали инженеры Н. И. Ефремов, Ф. Л. Якайтис, конструкторы Н. И. Шульгина, О. К. Паровина, В. А. Андреев и другие. В ее задачи входила разработка авиационного бензино-кислородного двигателя и проектирование ракет «05», «07», «09». По проекту М. К. Тихонравова была создана первая советская ракета на гибридном топливе «ГИРД-09» с двигателем, работающим на жидком кислороде и бензине. В бензин была добавлена канифоль, придавшая ему желеобразную консистенцию. Запуск этой ракеты состоялся 17 августа 1933 года. Оценивая значимость запуска ракеты, С. П. Королев писал в стенгазете ГИРДа: «Первая советская ракета на жидком топливе пущена! День 17 августа, несомненно, явится знаменательным днем в жизни ГИРДа, и, начиная с этого момента, советские ракеты должны летать над Союзом республик!... Необходимо также возможно скорее освоить и выпустить в воздух другие типы ракет для того, чтобы всесторонне изучить и в достаточной степени овладеть техникой реактивного дела. Советские ракеты должны победить пространство!».

С тех пор прошло почти полвека, но в памяти участников испытаний ракет отчетливо сохранились воспо-

Заполнение жидким кислородом ракеты «ГИРД-09». Слева направо: С. П. Королев и Н. И. Ефремов

минания о тех счастливых минутах, когда первые ракеты взлетали в воздух... Небольшая площадка, окруженная молодыми елями. Посреди нее стоит пусковой станок, в котором размещается ракета. После установки корпуса ракеты в станке (пока еще без верхнего отсека), в ее бак из специального сосуда подается жидкий кислород. Заполнение бака кислородом было, пожалуй, самой длительной операцией при подготовке ракеты к пуску. Затем на ракете укрепляется верхний отсек. Наступают предстартовые минуты. Инженер и механики, ведущие испытание, укрываются в блиндаже, расположенном рядом с пусковым станком, и оттуда производят запуск. А другие гирдовцы, присутствующие при испытании, отходят от станка поближе к деревьям. Никто не отрывает глаз от пускового станка, где виднеется серебристый корпус ракеты. Вдруг из сопла двигателя вырывается огненный язык, раздается сильный свистящий гул, и ракета, двигаясь вдоль направляющих полозьев, устремляется вверх...

Ракета «07» рассчитывалась на вертикальный старт и планирующий спуск и имела оригинальную конструкцию. Двигатель в ней был расположен выше центра тяжести. Для этого топливные баки поместили в стабилизаторы, сделанные в виде толстых плавников обтекаемой формы. В каждом из четырех стабилизаторов находилось по баку: в двух — с жидким кислородом, в двух — с горючим. Горючим служил бензин. После первых испытаний двигатель заменили на другой, в котором горючим был спирт. Ракета «07» — первая советская ракета с полностью жидкостным ракетным двигателем — совершила успешный полет 22 мая



Первая советская жидкостная ракета «ГИРД-09» в пусковом станке

1935 года. В этом полете она поднялась выше 5 км.

Третьей ракетой конструкции М. К. Тихонравова была ракета «05». Ее спроектировали для двигателя ОРМ-50 конструкции В. П. Глушко. Двигатель работал на азотной кислоте и керосине. Корпус ракеты состоял из четырех, расположенных

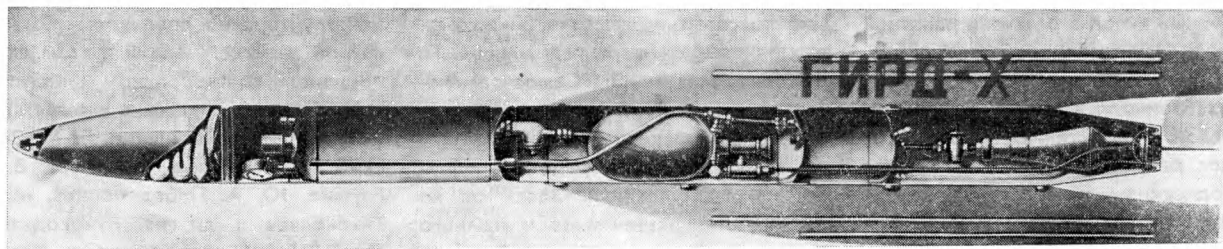
параллельно топливных баков, покрытых обтекаемой дюралюминиевой оболочкой. Над баками был установлен прибор для замера высоты. В головке помещался парашют. Изготовление двух ракет «05» закончилось в 1933 году. В 1934 году в РНИИ отработывался запуск ракеты в воздух. В 1936 году на базе «05» создали высотную ракету «Авиавнито». Ее конструкция имела ряд отличий от ракеты «05»: был установлен кислородно-спиртовый двигатель с тягой 300 кг; плоские стабилизаторы заменены профилированными пустотелыми. Успешный полет ракеты состоялся в 1936 году.

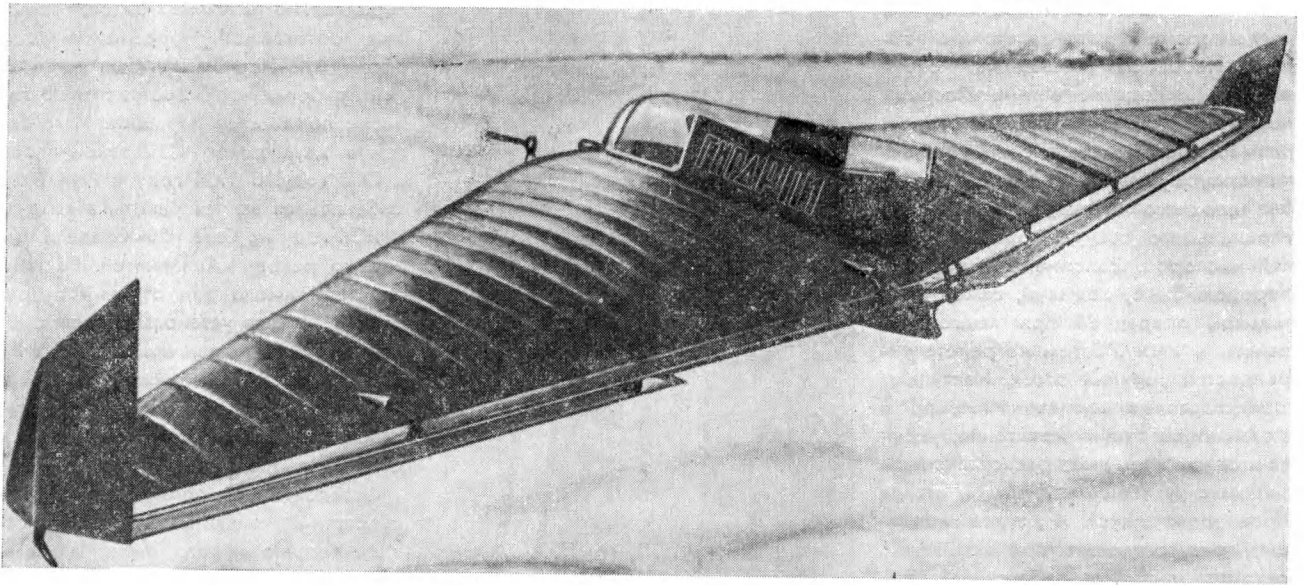
Незадолго до организации ГИРДа советский ученый Б. С. Стечкин создал теорию нового типа двигателей — воздушно-реактивных. И с первых дней работы ГИРДа в нем начались первые в мире экспериментальные исследования двигателей такого типа. Их проводила третья бригада, возглавляемая Ю. А. Победоносцевым. В ней работали М. С. Кисенко, О. С. Оганесов, Л. Э. Брюккер, И. А. Меркулов и еще несколько инженеров и конструкторов.

После исследований моделей на стендах Ю. А. Победоносцев спроектировал двигатель, размещенный в корпусе артиллерийского снаряда. В 1933 году состоялись первые летные испытания снарядов с воздушно-реактивным двигателем. Они были первыми реактивными аппаратами, вторгшимися в область сверхзвуковых скоростей. Впервые в истории человечества снаряд из средства разрушения превратили в средство созидания. Он стал научным аппаратом, прокладывающим дорогу к созданию двигателя нового типа.

В четвертой бригаде ГИРДа проводились интересные работы по крыла-

Устройство ракеты «ГИРД-10»





Ракетоплан ГИРДа РП-1

тым ракетным летательным аппаратам. Был разработан ракетоплан РП-1, составлены эскизные проекты ракетопланов РП-2 и РП-3, спроектирована и впоследствии испытана в полете первая в мире крылатая ракета с жидкостным ракетным двигателем, имевшая индекс «06». Работы по крылатым ракетным летательным аппаратам возглавлял С. П. Королев. Он сам испытывал ракетоплан РП-1, еще до установки на него жидкостного ракетного двигателя. Начальником бригады был сначала С. П. Королев, а затем Е. С. Щетинков. В ее состав входили С. А. Пивоваров, В. В. Горбунов, В. В. Александрова и другие.

Краткий перечень научных проблем, которые решались в ГИРДе, свидетельствует о том, что ученые, возглавлявшие этот коллектив, внесли ценный вклад в развитие ракетной техники. Это стало возможно и благодаря энтузиазму рабочих ГИРДа, самозабвенно трудившихся над постройкой и испытанием первых образцов ракетной техники. Вспоминая о творческих успехах ГИРДа, нельзя не отметить бесценной помощи тех, кто своими руками с исключитель-

ным мастерством, смекалкой и неутомимостью строил первые советские жидкостные ракеты. С. П. Королев сумел поднять весь коллектив на большую напряженную работу, поднять работу всех инженеров, конструкторов, механиков, рабочих до уровня вдохновенного творчества. В этом ему активно помогали руководители бригад, партийная, комсомольская и профсоюзная организации ГИРДа.

Особенно большой вклад в создание ракет ГИРДа внесли бригадир сборщиков ракет Е. М. Матысик, токарь А. И. Астахов, рабочие и механики В. П. Авдонин, В. М. Безлюдоз, М. Г. Воробьев, Н. Н. Краснухин, А. С. Раецкий, А. Б. Рязанкин, Б. В. Фролов. Трудно ограничить этот список. Весь коллектив ГИРДа трудился с большим энтузиазмом.

Анализируя творческий путь ГИРДа, прежде всего необходимо сказать о влиянии на его деятельность К. Э. Циолковского. Значение идей К. Э. Циолковского о создании жидкостных ракет ярко охарактеризовал С. П. Королев, сказавший: «Самое замечательное, смелое и оригинальное создание творческого ума Циолковского — это его идеи и работы в области ракетной техники. Здесь он не имеет предшественников и намного опережает ученых всех стран и со-

временную ему эпоху». Жидкостные ракеты ГИРДа стали предвестниками космических полетов.

Но гирдовцы не только строили ракеты. С первых дней своей работы члены ГИРДа (в противоположность абстрактным призывам совершать межпланетные полеты) вели научно-техническую пропаганду ракетной техники и убедительно доказывали правильность идей К. Э. Циолковского о том, что для осуществления космических полетов необходимо развивать ракетостроение, необходимо создавать мощные ракеты.

С. П. Королеву принадлежит большая заслуга в научной пропаганде космонавтики. Еще в июле 1932 года он писал: «Мы думаем, что вполне своевременно будет издать целую серию... небольших популярных книжечек... для кружковца-гирдовца, жаждущего поучиться, поработать». А в 1932 году в Москве по его инициативе были организованы инженерно-конструкторские спецкурсы по ракетной технике. Лекции в этом своеобразном краткосрочном институте читали видные советские ученые, профессор В. П. Ветчинкин, Б. М. Земский, Б. С. Стечкин, инженеры В. П. Глушко, Ю. А. Победоносцев, М. К. Тихонравов и другие. Руководители МосГИРДа уже в то время думали

о полетах человека в космос. Поэтому в программу был включен курс физиологии высотного полета, прочитанный Н. М. Добротворским. В 1935 году состоялся первый выпуск инженеров по ракетным двигателям.

В организации ГИРДа и в замечательных успехах его работы неразрывно слились преимущества социалистического государства, великие традиции отечественной науки и энтузиазм ученых, конструкторов и рабочих, собравшихся в ГИРДе для претворения в жизнь идей К. Э. Циолковского. В ряде книг и статей, посвященных развитию ракетной техники, давалось одностороннее освещение этого вопроса, и могло сложиться неправильное представление о том, что рождение советского ракетостроения является следствием энтузиазма, проявленного двумя-тремя учеными. Но при таком изложении истории ГИРДа замалчивалась роль советской научной общественности, выдающаяся роль нашего патриотического общества Осоавиахим, не указывался тот непреложный факт, что развитие ракетной техники в СССР, для осуществления которого создавались ГДЛ и ГИРД, было результатом политики Коммунистической партии, поднявшей все творческие силы народа на индустриализацию страны, на борьбу за научно-технический прогресс. Тогда еще ни в одной стране, кроме нашей, проблемы ракетостроения и космонавтики не вошли в сферу внимания государства.

Оценивая творчество коллектива МосГИРДа, можно с полным основанием сказать, что он решил поставленную перед ним задачу создания первых отечественных жидкостных ракет.

НОВЫЕ КНИГИ

КАРТА ВЧЕРА И СЕГОДНЯ

О том, как возникла картография и что она представляет собой сегодня, рассказывает научно-популярная книга Н. Ф. Леонтьева «Тематическая картография» (М.: Наука, 1981). Она состоит из введения, шести глав и заключения. Во введении автор дает понятие тематической карты природы и рассказывает о ее роли в современной жизни общества.

Из первой главы книги читатель узнает об истории создания тематических карт. На Руси такая карта, названная «Большой чертеж», впервые появилась в XVI веке и представляла собой не что иное, как маршрутную карту, то есть карту путей сообщения.

Вторая глава посвящена описанию и методам составления различных карт: геологических, климатических, почвенных, зоогеографических.

Третья и четвертая главы книги рассказывают о путях использования карты для изучения территории и о комплексных тематических атласах, начиная с «Опыта статистического атласа Российской империи» (1874 г.) А. Ильина и кончая современными картографическими произведениями.

Международному сотрудничеству в создании карт природы посвящена пятая глава книги. Здесь рассказывается о деятельности международных научных объединений, о межправительственных научно-технических соглашениях в области картографии, о роли ЮНЕСКО в создании тематических карт.

Применение тематических карт в практике строительства советского хозяйства — тема последней главы книги. В заключение автор делает вывод, что процесс картографии во многом зависит от того, насколько она будет успешно ассимилировать новые данные, факты и закономерности, получаемые или открываемые другими науками для разрешения своих задач.

УЧЕБНИК ПО АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

Такой учебник для студентов геодезических вузов выпустило издательство «Недра» в 1981 году. Авторы учебника «Аэросъемка. Аэрофотосъемочное оборудование» — профессор МИИГАиК Н. П. Лаврова и доцент этого же института А. Ф. Стеценко.

Основываясь на большом опыте подготовки высококвалифицированных кадров, авторы тщательно отобрали, систематизировали и кратко изложили необходимый студентам учебный материал, отражающий историю и современное состояние аэрофотосъемки, аэрофотосъемочного оборудования и аэрокосмической съемки.

Книга раскрывает роль аэрофотосъемки в народном хозяйстве, содержит обзор основных сведений из области авиационной и космической техники, авиационной метеорологии. Этому посвящены три первых раздела учебника. В его четвертом разделе рассматриваются аэрофотосъемочные системы (их оптические свойства, методы калибровки, особенности устройств затворов и касет аэрофотоаппаратов).

Заключительная глава книги посвящена специальным видам аэрокосмических съемок (инфракрасная, радиолокационная, многозональная, панорамная). Приведены наиболее важные результаты научных фотографических экспериментов, выполненных специалистами МИИГАиК (научный руководитель профессор В. Д. Большаков), летчиками-космонавтами и научно-производственными коллективами с советских автоматических станций, пилотируемых космических кораблей и орбитальных пилотируемых научных станций.

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЗАДАЧНИК

Около четырехсот задач включил доцент МГПИ имени В. И. Ленина М. М. Дагаев в свой «Сборник задач по астрономии» (Просвещение, 1980 год).

Задачник выпущен в качестве учебного пособия для студентов физико-математических факультетов педагогических институтов. Задачи охватывают важнейшие вопросы курса астрономии. В первом разделе сборника собраны задачи по основам сферической и практической астрономии. Второй раздел посвящен теоретической астрономии и небесной механике. Сюда же включены задачи по космонавтике. Третий раздел задачника поможет учащимся усвоить вопросы курса, связанные с телескопами. Наконец, четвертый раздел содержит задачи по основам астрофизики звездной астрономии.

В каждом разделе задачи расположены в порядке возрастающей трудности. Все разделы сборника открываются сводкой теоретических сведений и формул, необходимых для решения задач.

Задачи снабжены ответами. Даны примеры решения типичных задач, а в предисловии к сборнику — общие методические рекомендации.



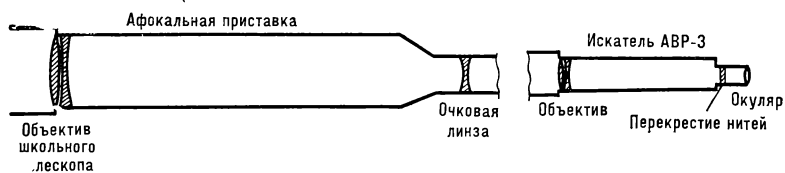
Кандидат педагогических наук
Е. И. КОВЯЗИН

Гид для рефрактора

Астрономические обсерватории некоторых педагогических институтов оснащены 127-миллиметровыми рефракторами (АВР-3). В главном фокусе этого инструмента можно фотографировать небесные тела. Однако качество снимков, полученных с длительными выдержками, недостаточно хорошее, так как ход часового механизма с гиревым приводом, которым оборудован рефрактор, не отличается постоянством. Искатель телескопа имеет малое фокусное расстояние, а значит, и малый масштаб изображения, поэтому с его помощью нельзя исправить ошибки гидирования.

Наиболее простое решение данной проблемы — создание афокальной приставки к искателю телескопа, которая, не нарушая целостности оптической системы, изменяет масштаб изображения. Простейшая схема афокальной приставки включает две линзы, фокусы которых совпадают. Изменение масштаба изображения равно отношению фокусных расстояний линз. Фокусное расстояние объектива АВР-3 около 2000 мм, искателя — 400 мм. Если сделать 6-кратную афокальную приставку к искателю, фокусное расстояние гида можно довести до 2400 мм.

В кабинете астрономии Кировского государственного педагогического института афокальная приставка к искателю изготовлена на базе школьного 80-миллиметрового рефрактора. Первой линзой приставки служит объектив школьного рефрактора, фокусное расстояние которого 800 мм, второй — очковая линза — 7,5 диоптрий. Ее фокусное расстояние около 133 мм. Чтобы фокус выходящих из



Оптическая схема афокальной приставки для рефрактора АВР-3

приставки лучей лежал в бесконечности, очковую линзу необходимо установить на расстоянии $800 - 133 = 667$ мм от объектива школьного рефрактора. Увеличение такой афокальной приставки будет несколько больше шести ($800 : 133 \approx 6$). Если приставку поместить перед искателем, фокусное расстояние его объектива увеличится с 400 до 2400 мм.

Из-за существенных aberrаций очковой линзы качество изображений звезд окажется несколько хуже, чем при наблюдении в искатель. Но для целей гидирования оно вполне удовлетворительно. Если вместо очковой линзы использовать оптическую систему из двух-трех линз, то качество изображений останется практически неизменным.

Предлагаемая схема афокальной приставки удобна еще и потому, что диаметр стандартной очковой линзы равен диаметру выдвижного тубуса окулярной части школьного рефрактора. Не требует конструктивной переделки ни искатель АВР-3, ни школьный рефрактор. Достаточно снять выдвижной тубус окуляра и на

его место, в 667 мм от объектива, поставить очковую линзу — 7,5 диоптрий, и афокальная приставка готова к работе. Юстировка положения очковой линзы осуществляется в процессе наблюдений за качеством изображений звезд.

Афокальная приставка крепится к трубе АВР-3 перед искателем. Строгого совпадения оптических осей приставки и искателя добиваться не обязательно. Афокальная приставка не изменяет диаметра выходного зрачка и не нарушает систему подсветки перекрестья нитей окуляра искателя.



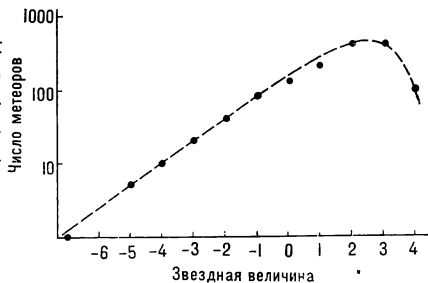
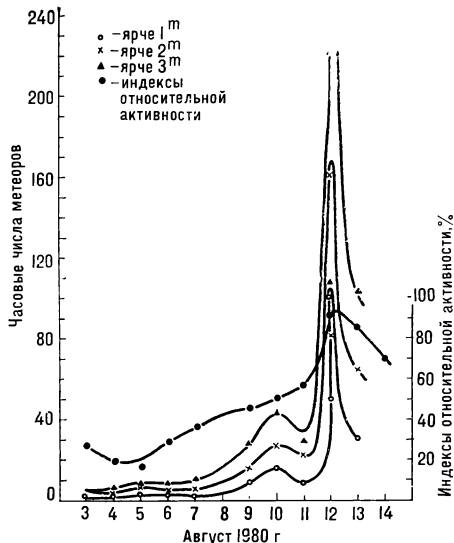
НАБЛЮДЕНИЯ ПЕРСЕИД

Крымская областная юношеская обсерватория и Крымское отделение ВАГО давно известны своими прекрасными визуальными наблюдениями метеоров, которые проводятся под руководством В. В. Мартыненко. (Земля и Вселенная, 1978, № 1, с. 78—84.—Ред.).

Летом 1980 года в Судак и Симферополе были получены интересные материалы о метеорном потоке Персеид. Группа наблюдателей из пяти человек с 3 по 14 августа патрулировала небосвод. Они определяли число метеоров в час («часовые числа») и процентное отношение

Изменение активности потока Персеид в августе 1980 года.

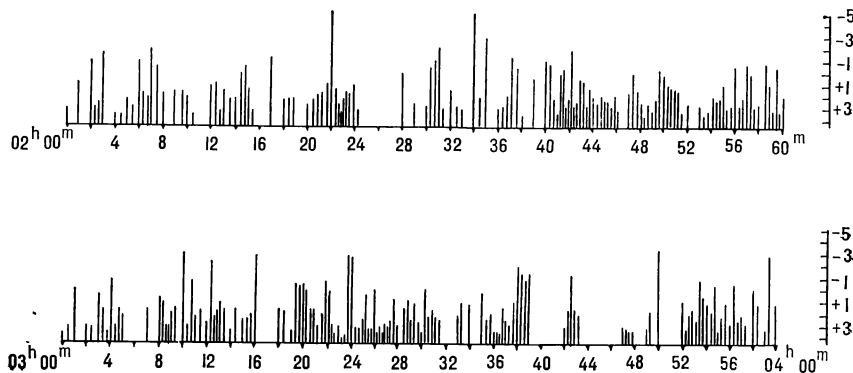
Максимум потока наблюдался 12 августа



Распределение метеоров по блеску со 2 по 14 августа 1980 года

ние метеоров потока к общему числу зарегистрированных метеоров («индекс относительной активности потока»). По мере приближения к максимуму потока Персеид число метеоров — и ярких, и слабых — возрастало. Максимум в 1980 году наблюдался 12 августа в 3—5 часов

Моменты появления метеоров в течение двух часов в ночь с 11 на 12 августа 1980 года

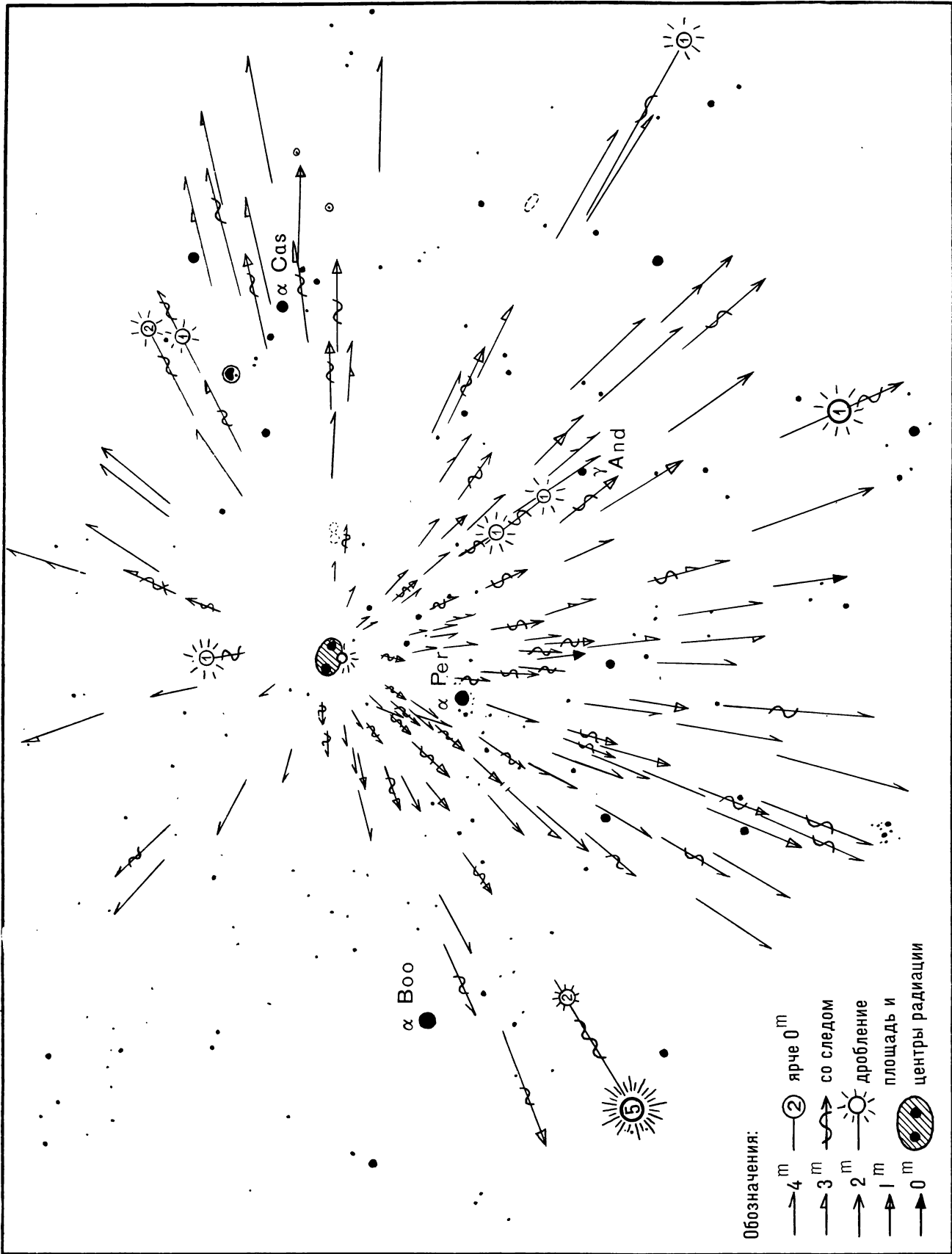


Всемирного времени, когда на долготе Крыма ночь уже кончилась. Наблюдатели метеоров в Западной Европе установили, что часовое число Персеид в максимуме превышало 1000.

На звездную карту в гномонической проекции были нанесены результаты наблюдений Персеид в ночь с 11 на 12 августа. Их проводили Ю. В. Лыжин, А. М. Козлов, А. Занадворов, А. Кичижиев, Н. И. Бондарь, Л. Я. Вагнер, С. А. Ощепков, С. Костров, К. В. Кабаков. Как известно, в гномонической проекции небесной сферы метеоры изображаются прямыми линиями, продолжения которых дают радиант потока. Его координаты: склонение $57,5^\circ$; прямое восхождение 48° . Положение радианта, полученное крымскими наблюдателями, соответствует классической эфемериде Персеид на 12 августа.

Анализируя самые близкие к радианту метеоры, можно заключить, что его площадь в поперечнике около 1° и внутри нее намечаются два центра радиации.

Со 2 по 14 августа крымские наблюдатели заметили 1528 метеоров, у которых были определены визуальные абсолютные звездные величины, то есть было учтено ослабление блеска метеоров за счет различного удаления от наблюдателей. Это можно сделать из простых геометрических соображений: все метеоры появляются над Землей приблизительно на одной высоте, значит, чем ближе метеор к горизонту, тем дальше он от наблюдателя.





◀ *Главный радиант Персеид, наблюдавшийся в ночь с 11 на 12 августа 1980 года*

Оказалось, что количество метеоров Персеид увеличивалось в геометрической прогрессии (показатель прогрессии равен примерно двум) в зависимости от звездной величины. Этот закон соблюдается почти точно для ярких объектов и хуже — для слабых. Вот почему важны телескопические наблюдения слабых метеоров, которые визуально регистрируются с трудом.

Наблюдатели метеоров уже давно отмечали, что во время действия метеорных потоков иногда в течение одной-двух минут небосвод прорезают несколько чем-то похожих метеоров. Обычно первый бывает самый яркий, а затем два-три более слабых. После этого наступает перерыв. Заманчиво думать, что метеорные частицы как-то связаны между собой, что они разделились недавно, непосредственно перед входом в земную атмосферу.

По результатам двухчасовых наблюдений метеоров в ночь с 11 на 12 августа 1980 года была сделана попытка обнаружить «пачки» метеоров. Всего за два часа появилось около 260 метеоров. Они, действительно, группировались в «пачки». Но пока не удалось определить, связаны ли между собой метеоры, образующие «пачку», или это обычные флуктуации, присущие любому случайному процессу.

М.Р.

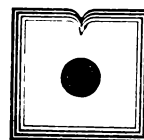
**Академик
А. Н. ТИХОНОВ**

Освоение космоса

В начале февраля 1981 года, накануне 70-летия со дня рождения выдающегося ученого нашего времени трижды Героя Социалистического Труда академика Мстислава Всеволодовича Келдыша, в издательстве «Наука» вышла книга «Космические исследования». Она написана М. В. Келдышем совместно с М. Я. Маровым, известным специалистом в области изучения космоса, долгие годы работавшим с Мстиславом Всеволодовичем.

Работа над книгой, в своей основе подготовленной при жизни М. В. Келдыша и в сокращенном варианте опубликованной в виде статьи в сборнике «Октябрь и наука», была завершена в 1979 году. Учтены все замечания и правки, сделанные Мстиславом Всеволодовичем в рукописи и бережно сохраненные его соавтором.

Эта книга стала крупным событием, своего рода подведением итогов крупнейших достижений приблизительно за два с половиной десятилетия на одном из важных направлений современного научно-технического прогресса. Особую значимость изданию придает тот факт, что вопросы становления и развития ракетно-космической техники, последовательность этапов изучения и освоения космического пространства и решения возникавших на этом пути сложных проблем излагаются с позиций человека, стоявшего у самых истоков нового направления, одним из создателей которого он был. На страницах книги — дела и мысли Главного теоретика космонавтики, его глубочайшая убежденность в необходимости освоения человечеством необо-



**КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ**



зримых пространств за пределами Земли, объективный анализ достигнутых результатов и открывающихся перспектив и неизменно присутствующее чувство высочайшей ответственности за то, чтобы передовые научно-технические достижения служили благородным целям мира и прогресса. В ней по существу впервые так полно освещается насыщенная замечательными свершениями исключительно плодотворная сторона многогранной деятельности М. В. Келдыша, составляющая столь весомую часть его творческого наследия.

Две вводные главы книги посвящены историческим предпосылкам, приведшим человечество XX столетия к освоению новой сферы обитания, и основным этапам проводившихся у нас в стране работ по изучению реактивного движения и созданию ракетных систем. Убедитель-

но показаны закономерность того исторического свершения, каким стал запуск в октябре 1957 года первого в мире искусственного спутника Земли, и последующие эпохальные достижения, в которых воплотились творческие усилия и трудовой энтузиазм всего нашего народа под руководством Коммунистической партии.

Далее последовательно рассказывается о разнообразных и многоплановых исследованиях в околоземном космическом пространстве, о структуре и динамике верхней атмосферы, ионосферы, магнитосферы, о тех сложных процессах и явлениях, которые объединяются понятием солнечно-земных связей. Сюда же примыкает глава, посвященная физике Солнца, механизму солнечных вспышек и изучению различных форм солнечной активности в целях прогнозирования радиационной опасности в космическом пространстве.

Много внимания в книге уделено исследованиям Луны и планет, и не случайно. С одной стороны, с этим важным направлением космических исследований в значительной степени связано развитие ракетно-космической техники, совершенствование средств управления полетом, навигации, автоматики, радиосвязи, наземных измерительных и вычислительных комплексов, средств математического обеспечения. С другой стороны, космические полеты открыли громадные возможности непосредственного изучения ближайших небесных тел, чем обеспечили небывалый прогресс астрономии, геофизики, космохимии, дали новый подход к решению фундаментальных проблем космогонии. Рассказ о последовательной реализации программ полетов к Луне и планетам логически завершается обобщающей главой, посвященной физике планет, в которой подводятся итоги исследований и излагается современное состояние этой области науки.

Космические исследования способствовали серьезным успехам астрофизики за два прошедших десятилетия. Астрономия стала всеобщей, благодаря чему теперь можно подробно изучать уникальные меха-

низмы генерации энергии во Вселенной, проследить эволюцию галактик, звезд, поставить на экспериментальную основу космологические проблемы. Все эти вопросы подробно рассматриваются в книге.

Специальные главы посвящены развитию пилотируемых полетов в космосе, прикладному использованию космоса, международному сотрудничеству. Прослеживается планомерная программа усложнения одиночных, а затем групповых полетов космонавтов, начиная от подготовки и осуществления исторического полета Юрия Гагарина, и четкая направленность экспериментов на создание длительно действующих многоцелевых орбитальных комплексов. С самых первых шагов большое внимание в нашей космической программе уделялось вопросам использования космоса для решения народнохозяйственных задач. Хорошо известно, каким эффективным оказалось осуществление через искусственные спутники Земли дальней радиотелефонной и телевизионной связи. Благодаря этим замечательным научно-техническим достижениям стала возможной и организация международной системы связи «Интервидение». Среди других областей практического применения космических средств следует в первую очередь назвать системы метеорологических спутников, служащих для уточнения прогнозов погоды и предсказания стихийных бедствий, спутники для построения опорной геодезической сети, картографии и навигации, для изучения природных ресурсов Земли и охраны окружающей среды.

Совершенно новое направление открылось с началом использования факторов космического пространства для получения материалов с необычными, чрезвычайно полезными свойствами, охватываемое общим понятием «космическая технология». Опираясь на уже достигнутые успехи в этих направлениях, авторы ясно показывают, сколь быстро и эффективно окупаются затраты на проведение космических исследований, внимательно прослеживают безграничные возможности, открываемые для че-

ловечества дальнейшим развитием этих работ. Последовательному достижению таких целей будет способствовать реализация величественной программы, предусмотренной решениями XXVI съезда КПСС и задачей 11-й пятилетки.

В книге совершенно обоснованно утверждается, что «освоение космоса явилось исторически предопределенным этапом на пути неуклонного прогресса человеческого общества. Оно имеет громадное значение не только для дальнейшего познания Вселенной... Подобно другим крупнейшим свершениям человечества, последствия выхода в космос многократно превзойдут в отдаленной перспективе сегодняшний непосредственный эффект и окажут глубочайшее воздействие на весь последующий ход эволюции нашей цивилизации».

Эти важнейшие прогностические концепции убедительно подкрепляются всем содержанием книги, в которой впервые столь многосторонне и ярко рассказано об успехах в изучении и освоении космоса, так обоснованно показаны высочайшая эффективность проводимых исследований и громадные перспективы, открываемые использованием космического пространства для всех людей нашей планеты.

НОВЫЕ КНИГИ

ПРОГРАММЫ-ЗАДАНИЯ

В 1981 году издательство «Промсвещение» выпустило в свет «Программированные задания по астрономии». Это пособие для учителей астрономии, подготовленное доцентом Владимирского педагогического института Е. П. Разбитной, содержит программы-задания по всем темам школьного курса астрономии. В сборник включены программы трех типов, позволяющие проверить конкретные знания учащихся по тому или иному вопросу, развивать логическое мышление учащихся, активизировать деятельность учащихся. Соответственно этим целям составлены «программы отбора», «программы построения или перестановки», «программы группировки».

Основное назначение всех заданий — обеспечить программированный контроль, дополняющий традиционные формы проверки и учета знаний. Но кроме того, по мнению

автора сборника, многие программированные задания могут быть использованы при объяснении нового материала.

Учителям, начинающим применять на уроках программированные задания, автор дает необходимые методические указания.

ЗАГАДКИ СЕДЬМОГО КОНТИНЕНТА

Пути расселения древних людей по нашей планете пролегли не только по суше, но и по шельфу. Шельф — настоящий седьмой континент, который в эпоху великого оледенения был сухопутной дорогой в Австралию, Америку, на Британские острова... Этой теме посвящена научно-популярная книга А. М. Кондратова «Следы на шельфе» (Л.: Гидрометеоиздат, 1981), состоящая из предисловия, девяти небольших глав и послесловия.

Первая глава знакомит читателя со строением шельфа, его основными характеристиками, здесь приводятся интересные археологические данные, полученные на шельфе в последние годы. Вторая глава посвящена методам поиска на шельфе исчезнувших городов и даже целых островов.

Следующие несколько глав книги рассказывают о древних участках суши — Берингии, Алеутии, Ниппониде, превратившихся ныне в шельф. Результаты раскопок свидетельствуют, что некогда там располагались поселения древних людей. На месте нынешнего шельфа Юго-Восточной Азии была в период последнего оледенения суша, названная Сундой — по ней-то и достигли островов Индонезии не только животные и растения, но и люди. А по древнему матерку Сахул они добрались затем и до Австралии.

Отдельная глава посвящена арктическому шельфу. В ней поднимается вопрос о гипотетической «Атлантиде» Арктики — Арктиде. Это часть подводного хребта Ломоносова, которая, как предполагают ученые, представляет собой остаток большой северной земли, ныне затонувшей.

В последней главе книги автор рассказывает о шельфе Северной Европы, Америки и Средиземноморья. Здесь много загадок. Например, некоторые исследователи считают, что на шельфе Балтики скрыт Янтарный остров, о котором говорят географы античности, и легендарный остров Виннету, затонувший, согласно преданию, более тысячи лет назад...

Член-корреспондент АН СССР
В. И. ФЕОДОСЬЕВ

Творческое наследие С. П. Королева

Человек счастлив, когда у него есть цель жизни, и счастлив вдвойне, если он сумеет этой цели достичь. Можно сказать, что Сергей Павлович Королев прожил счастливую жизнь. У него была цель. Одна-единственная и на всю жизнь. Он мечтал о космосе, знал, чего хочет, умел хотеть то, что было ему по силам. Сергей Павлович шел впереди века, но не отрывался от него, и потому за свою относительно недолгую жизнь сумел сделать столько, сколько другой не сделал бы, отведи ему хоть десять жизней.

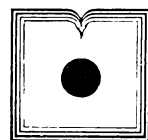
Его имя овеяно легендами. Когда в околоземное пространство был введен первый искусственный спутник Земли, когда появились первые космонавты, миллионы людей узнали, что живет на Земле человек, который сумел возглавить труд десятков тысяч людей и направить их к цели, ставшей знаменем технического прогресса XX века. Его называли Главным конструктором. И, увы, только когда он ушел из жизни, его имя было дано открытым текстом: Сергей Павлович Королев.

Сейчас о Королеве — творце отечественных ракетно-космических систем знает каждый школьник. Как и многих классиков научной и технической мысли, юное поколение воспринимает его уже только в бронзе и мраморе. Но он жил, трудился и мечтал — человек, которому было свойственно все земное, человеческое. Не сразу стал он великим, не всегда считался выдающимся. Он прошел длинный путь собственного роста, учебы, раздумий, черного труда, жизненных невзгод и самозабвенного творчества, и об этом



необходимо было рассказать людям. Этой цели и служит книга «Творческое наследие академика Сергея Павловича Королева» (М.: Наука, 1980).

Творческое наследие С. П. Королева многогранно. Во-первых, оно воплощено в металл созданных им конструкций и в их многотомные обоснования, часть из которых написана лично С. П. Королевым и несет отпечаток его яркой индивидуальности. Во-вторых, С. П. Королев оставил нам в наследство и принципиальные основы будущей ракетно-космической промышленности.



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

В-третьих, творческое наследие С. П. Королева просматривается в его методе конструкторского подхода, в специфическом характере его мышления. И наконец, есть еще одна сторона его творческого наследия, заслуживающая самого пристального внимания. Это — умение работать с людьми, умение включить их в ритм своей жизни, настойчивость, требовательность к себе и другим, способность молниеносно найти правильную ноту поведения и, соответственно, поставить и себя и свое дело — способность, которая всегда изумляла близко его знавших.

В одной книге все описать невозможно, да она на это и не претендует. По существу это сборник последовательно расположенных документов, характеризующих творческую жизнь С. П. Королева начиная с 1932 года, — хронологическая схема того, чем он жил, о чем думал, чем был занят...

Сергей Павлович не относился к числу тех, кто пишет много. Он брался за перо в тех редких случаях, когда это казалось ему действительно необходимым, когда надо было обратиться к чье-то внимание, будь то широкая общественность, круги технических специалистов или правительственные инстанции, на определенные, важные на данном этапе вопросы ракетной или ракетно-космической техники.

В начале 30-х годов — в период, когда развертывалась активная деятельность ГИРДа, целям пропаганды технических идей ракетного полета послужила книга С. П. Королева «Ракетный полет в стратосфере» (М.: Военгиз, 1934). В рецензируемый нами сборник творческого наследия С. П. Королева эта книга не вошла. Ставшая библиографической редкостью, она была уже ранее воспроизведена в сборнике «Пионеры ракетной техники» (М.: Наука, 1972). Но главное, и об этом необходимо здесь сказать, что для начального этапа создания ракетной техники книга С. П. Королева была самой яркой, самой содержательной и, пожалуй, единственной в то время книгой, написанной в духе трезвого инженерного подхода.



После Великой Отечественной войны (на первом этапе развития ракетной промышленности в Советском Союзе) С. П. Королев уделял внимание уже не пропаганде технических идей, а подготовке и переподготовке инженеров, которым предстояло проектировать и создавать ракеты. В стенах МВТУ имени Н. Э. Баумана на Высших инженерных курсах он начал читать лекции зрелой инженерной аудитории. Жаль, конечно, что многие подоспевшие к тому времени более важные дела заставили Сергея Павловича передать это дело молодым лекторам из числа учеников, но суть лекций, их содержание и методическая направленность сохранились. Лекции включены в рассматриваемый сборник творческого наследия С. П. Королева.

Наконец, в 60-х годах, в пору наиболее впечатляющих успехов отечественной науки в космосе, Сергей Павлович счел необходимым регулярно выступать с докладами, а также в периодической печати, рассказывая о планах исследования космоса и о задачах на ближайшее и более отдаленное будущее. Он с государственных позиций подчеркивал познавательную необходимость и практическую значимость планомерного изучения околоземного пространства. В сборник вошли некоторые из его выступлений, а также статьи, публиковавшиеся в то время в «Правде» под псевдонимом «Профессор К. Сергеев».

Важное место в сборнике составляют проспекты, составленные под руководством Сергея Павловича. Это — документальные вехи, ступени, по которым шагала наша ракет-

но-космическая техника: баллистические ракеты, межконтинентальная ракета, искусственный спутник Земли, полет человека в космос, выход человека из корабля в открытое космическое пространство. В сборник вошло много и других документов, но, к сожалению, не все из тех, которые достойно заняли бы место в таком сборнике и представляли бы несомненный интерес для читателя.

Сказанным мы не хотим, естественно, бросить тень на труд составителей. Ими проделана большая работа по систематике и отбору документов. Каждая статья, каждый проспект снабжены подстрочными примечаниями о времени, цели и обстоятельствах рождения того или иного документа. Хорошо написанная вводная статья академика В. П. Мишина и члена-корреспондента АН СССР Б. В. Раушенбаха отточена, достоверна в каждом слове и дает в конспективной форме перечень основных заслуг С. П. Королева перед отечественной наукой и техникой. Хочется также отметить роль издательства, преодолевшего массу полиграфических трудностей. Необходимость разместить чертежи ракетных систем, имеющих вытянутые по вертикали очертания, заставила издательство отойти от общепринятого формата. Но это несколько не испортило внешнего вида книги. Приятно, что книга издана на хорошей бумаге.

И составителей, и редакционную коллегию, и издательство хочется поздравить с успехом. Появилась книга, которая с интересом будет прочитана многими, а современники С. П. Королева, принимавшие участие в ее издании, выполнили в какой-то мере долг перед памятью своего друга и учителя. И вместе с тем, закрывая последнюю страницу прочитанного сборника, хочется высказать некоторые соображения не только по поводу того, что есть, а скорее, о том, чего в книге нет.

Книга подчеркнута фотографична. Это — и ее достоинство, и недостаток. Достоинство — потому, что строго зафиксированы «реперные точки» большой биографии, недостаток — потому, что хочется знать больше.

Мыслящему читателю нужны квалифицированные комментарии, относящиеся к реальным жизненным обстоятельствам. Все понимают, что главный конструктор шел к своим победам не напролом, а с умной предусмотрительностью, встречая порой и недоверие, и ведомственное противодействие. И ему приходилось быть осмотрительным, ибо каждый новый шаг в неизвестное связан с возможностью встречи с непредвиденным. Были поиски, были сомнения, бывали и ошибки. И технический анализ пройденного необходим. Но он очень труден, и он еще впереди.

В приложении к сборнику около тридцати иллюстраций. Это показанные в разрезе геофизические ракеты и автоматические станции. У С. П. Королева, как и у многих главных конструкторов, был культ плаката. Впрочем, это не культ, а глубоко уважительное отношение к аудитории. Когда Сергей Павлович готовился к ответственному докладу, то плакаты именно такого типа, как и в приложении, но только многокрасочные, вывешивались на стену, что создавало в аудитории атмосферу праздничности. При переиздании книги, а оно, несомненно, потребует, хорошо бы дать приложение в цвете, снабдив и более подробными комментариями.

О Сергее Павловиче Королеве как о творце и человеке можно и должно писать много. Его влияние на окружающих было очень велико. У него учились и работе, и манере поведения. А сам он людей ценил, в частности, и по тому, насколько точно человек излагает мысли, насколько он способен отвлечься от мелочей и сказать главное и существенное, насколько он масштабен... И даже сейчас, когда я пишу эти строки, память об этом человеке заставляет меня задуматься: главное ли мною сказано, не сбился ли я на мелочи и что бы сказал сам С. П., если бы увидел мною написанное.

Книги 1982 года

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

В 1982 году в разделе учебной литературы намечено переиздание книги **В. В. Подобеда и В. В. Нестерова «Общая астрометрия»**.

Из готовящихся к печати научных монографий несколько доступны квалифицированным любителям астрономии. В первую очередь обращаем внимание читателей на шестнадцатый выпуск **«Историко-астрономических исследований»**. Как и обычно, в выпуске публикуются статьи и материалы, освещающие историю отечественной и мировой астрономии, жизнь и деятельность известных астрономов прошлого и наших современников — Ас-Суфи, Н. И. Фусса, П. П. Паренаго, воспоминания академика А. А. Михайлова и профессора Д. Я. Мартынова. В ряде статей описаны различные приборы и инструменты. На студентов и аспирантов рассчитана небольшая книга **Е. Б. Костяковой «Физика планетарных туманностей»**, созданная на основе курса лекций, которые автор много лет читал в Московском университете. В книге **В. А. Краснопольского и В. А. Паршева «Фотохимия атмосфер Марса и Венеры»** изложены новые данные о химическом составе атмосфер ближайших к Земле планет, полученные космическими аппаратами. Первую в научной литературе достаточно полную сводку результатов исследований соседней спиральной галактики читатель найдет в монографии **А. С. Шарова «Туманность Андромеды»**.

В разделе справочной литературы предусматривается выпуск

традиционного ежегодника для любителей астрономии. **«Астрономический календарь»** на 1983 год, как всегда, содержит отдел эфемерид и отдел приложений — статьи о достижениях космонавтики и астрономии, инструкции для наблюдений, материалы, посвященные юбилейным астрономическим датам, библиографический указатель астрономической литературы.

Достаточно разнообразен и интересен раздел научно-популярной литературы. Намечается выпуск вторым переработанным и дополненным изданием книги **Е. А. Гребеникова «Николай Коперник»**.

Книга **В. В. Казютинского и В. Н. Комарова «Взрывающаяся Вселенная»** живо и популярно рассказывает об основных вехах революции в современной астрономической науке, о тех острых спорах и дискуссиях, которыми сопровождается рождение новых представлений о Вселенной, связанных с открытиями последних лет, — активностью ядер галактик, квазаров, пульсарами, черными дырами.

Естественным спутникам планет (кроме Луны) посвящена книга **Б. И. Силкина «В мире множества лун»**. За последние годы наши знания об этих телах Солнечной системы значительно обогатились, главным образом, в результате исследований, проводимых космическими аппаратами.

Особый интерес для широкого круга читателей представит сборник научно-популярных статей известного советского астрофизика члена-корреспондента АН СССР **И. С. Шкловского «Проблемы современной астрофизики»**. Эти статьи знакомят с актуальными проблемами астрономии,

в разработке которых активное участие принимает автор книги, и с проблемами философии естествознания. И. С. Шкловского интересуют исследования космоса с помощью ракет и спутников, взрывающиеся звезды, активность галактик, внеземные цивилизации.

Две книги готовятся к выпуску в уже завоевавшей популярность серии «Библиотека любителя астрономии». Книга И. Т. Зоткина «Метеоры и их наблюдение» написана в традиционном плане. Вначале рассказывается о метеорах и метеорных телах, затем — о визуальных и фотографических методах наблюдения метеоров и способах обработки наблюдений. Книга Л. Л. Сикорука «Телескопы для любителя астрономии» призвана помочь желающим самостоятельно построить достаточно мощный телескоп. Автор, который сам руководит работой любительского кружка телескопостроителей, подробно описывает все стадии изготовления инструментов и методы их испытаний.

Издательство обращает внимание читателей на целесообразность предварительных заказов книг в магазинах «Союзкнига» и «Академкнига». Это гарантирует получение читателем интересующего его издания и способствует правильному определению тиража.

Заведующий редакцией астрономической литературы
И. Е. РАХЛИН

Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2. Телефоны: 227-02-45, 227-07-45.

Художественный редактор: Шимкина Л. Я.

Корректоры: Ермолаева В. А., Морозова Т. Н.

Номер оформили: Калашникова А. Г., Ковалев А. Н., Тенчурина Е. К.

Сдано в набор 27.05.1981. Подписано в печать 17.08.1981.
Т — 09077. Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Высокая печать.
Усл.-печ. л. 8,4 + цветная вклейка. Усл. кр.-отт. 543,0 тыс. Уч.-изд. л. 11,03.
Бум. л. 2,5. Тираж 50 000 экз.
Заказ 494. Цена 50 коп.

Издательство «Наука», 117864, ГСП-7, Москва, В-485,
Профсоюзная ул., 90.

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

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

В 1982 году выйдут 12 брошюр серии «Космонавтика, астрономия», которые распространяются только по подписке.

О перспективах развития космического двигателестроения расскажут А. С. Дмитриев и В. А. Кошелев в брошюре «Космические двигатели будущего».

Брошюра академика В. Л. Гинзбурга и В. С. Птускина «Астрофизика высоких энергий» посвящена гамма-астрономии и космическим лучам.

Проблемы астрономии — тема брошюр В. Г. Тейфеля «Уран и Нептун — далекие планеты-гиганты», П. Н. Хлопова «Молодые звездные скопления», Б. М. Владимирского «Солнечная активность и биосфера», Д. Н. Пономарева «Астрономические обсерватории в СССР».

Различные вопросы космонавтики рассматриваются в брошюрах «25 лет космической эры», «Исследования природных ресурсов Земли из космоса», «Космические системы жизнеобеспечения».

Как обычно выйдут ежегодные сборники «Современные достижения космонавтики» и «Современные проблемы астрофизики».

Подписка на брошюры принимает-ся в течение года.

Редактор серии «Космонавтика, астрономия»
Е. Ю. ЕРМАКОВ

5 СЕНТЯБРЬ ОКТАБРЬ 1981 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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

Редакционная коллегия:

Главный редактор
доктор физико-математических наук
МАРТЫНОВ Д. Я.
Зам. главного редактора
член-корреспондент АН СССР
БУЛАНЖЕ Ю. Д.
Зам. главного редактора
кандидат педагогических наук
ЛЕВИТАН Е. П.
Член-корреспондент АН СССР
АВСЮК Г. А.
Доктор географических наук
АКСЕНОВ А. А.
Кандидат физико-математических наук
БРОНШТЭН В. А.
Доктор юридических наук
ВЕРЕЩЕТИН В. С.
Кандидат технических наук
ГЛАЗКОВ Ю. Н.
Доктор технических наук
ИЗОТОВ А. А.
Доктор физико-математических наук
КОВАЛЬ И. К.
Член-корреспондент АН СССР
КОРТ В. Г.
Доктор физико-математических наук
ЛЕВИН Б. Ю.
Кандидат физико-математических наук
ЛЕЙКИН Г. А.
Академик
МИХАЙЛОВ А. А.
Доктор физико-математических наук
НАРИМАНОВ Г. С.
Доктор физико-математических наук
НОВИКОВ И. Д.
Доктор физико-математических наук
ОГОРОДНИКОВ К. Ф.
Доктор физико-математических наук
ПЕТРОВА Г. Н.
Доктор географических наук
ПЕТРОСЯНЦ М. А.
Доктор геолого-минералогических наук
ПЕТРУШЕВСКИЙ Б. А.
Доктор физико-математических наук
РАДЗИЕВСКИЙ В. В.
Доктор физико-математических наук
РЯБОВ Ю. А.
Доктор физико-математических наук
ТОВМАСЯН Г. М.
Доктор технических наук
ФЕОКТИСТОВ К. П.

Наблюдения солнечного затмения 31 июля 1981 года

31 июля 1981 года в полосе протяженностью 7300 км и шириной 60—100 км, пересекавшей Советский Союз от Кавказа до острова Сахалин, можно было наблюдать полное солнечное затмение. Для этого в различные пункты полосы полной фазы выехало около 50 экспедиций научных учреждений АН СССР, вузов и отделений ВАГО.

На Кавказе Солнце в момент полной фазы стояло еще очень низко над горизонтом. Поэтому самым западным пунктом, где находились научные экспедиции, был выбран поселок Кульсары Гурьевской области. Там работали экспедиции Горьковского, Владимирского отделений ВАГО и другие. В Аркалыке Тургайской области успешно провела наблюдения экспедиция Кишиневского отделения ВАГО.

В поселке Шортанды под Целиноградом экспедиция Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР осуществила фотоэлектрическую поляриметрию солнечной короны. Аналогичную работу выполнила другая экспедиция этого института в Тарме под Братском, а также экспедиция Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГрузССР. Севернее Братска экспедиция Сибирского института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн сфотографировала хромосферные спикюлы.

В Павлодарской области экспедиция Московского отделения ВАГО получила снимки солнечной короны на 5-метровом короногра-

фе. Успешно проведены киносъемка затмения и его наблюдения с самолета. Другая экспедиция МО ВАГО занималась фото- и киносъемкой полной фазы на станции Беленькая Амурской области.

По приглашению Академии наук СССР и ВАГО солнечное затмение наблюдали на территории нашей страны несколько иностранных экспедиций: Франции (Национальный центр научных исследований), ЧССР (Словацкая академия наук), КНДР (Пхеньянская астрономическая обсерватория), а также астрономы из США, Великобритании, Испании, Индии, Японии.

В районах Целинограда, Ленинска-Кузнецкого Кемеровской области и Братска затмение наблюдали более 1000 любителей астрономии из Чехословакии, Польши, ФРГ, Франции, Бельгии, Швейцарии, Великобритании, Швеции, Норвегии, Дании, США, Канады, Японии и других стран. Их приезд организовали ВАГО, Интурист и объединение «Спутник» при ЦК ВЛКСМ. Все зарубежные гости остались довольны приемом и оказанной им на местах помощью. Погода благоприятствовала успешному проведению работ.

Впереди — обработка сделанных фотографий, спектрограмм, измерений, получение новых научных результатов. Подробнее о наблюдениях в СССР солнечного затмения 31 июля 1981 года мы расскажем в следующих номерах журнала.



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ИНДЕКС 70336

ЦЕНА 50 КОП