

ХРОНИКИ
IKI CHRONICLES

1965–2015



**«ТЕОРЕТИК
КОСМОНАВТИКИ»,
президент Академии
наук СССР, академик
Мстислав Всеволодович
Келдыш**

Academician
Mstislav V. Keldysh,
"Theoretician
of Cosmonautics",
President of the Academy
of Sciences of the USSR



**«ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР»
космической техники,
академик Сергей Павлович
Королёв**

Academician Sergey P. Korolev,
"Chief Designer" for rocket
technology



**Президент Академии
артиллерийских наук,
академик Анатолий
Аркадьевич Благоврагов**

Academician
Anatoly A. Blagonravov,
President of the Academy
of Artillery Sciences

**Заместитель
председателя
Специальной
комиссии при
Президиуме АН СССР
по «объекту Д» —
искусственному
спутнику Земли —
Михаил Клавдиевич
Тихонравов**

Mikhail K. Tikhonravov,
Deputy Chairman
of the special Commis-
sion for Artificial Earth
Satellites ("D" Object) of
the Academy of Sciences
of the USSR — the first
artificial satellite



**Учёный секретарь
Специальной
комиссии при
Президиуме АН СССР
по «объекту Д» —
искусственному
спутнику
Земли — Геннадий
Александрович
Скуридин**

Gennadiy A. Skuridin,
academic secretary
of the special Commis-
sion for Artificial Earth
Satellites ("D" Object) of
the Academy of Sciences
of the USSR — the first
artificial satellite



Академическая наука была тесно связа-
на с ракетостроением с самого начала работ
по созданию ракетно-космической техники.
Осенью 1948 года испытываются первые от-
ечественные комплексы с управляемыми
баллистическими ракетами, и уже в 1949 году
с их помощью учёные приступили к изуче-
нию верхних слоёв атмосферы. В 1951 году
начинаются систематические медико-био-
логические исследования на базе высотных
ракет. Руководит экспериментами вместе
с С. П. Королёвым крупнейший отече-
ственный специалист в области механики, прези-
дент Академии артиллерийских наук, в даль-
нейшем директор Института машиноведения
АН СССР академик А. А. Благоврагов.

27 августа 1957 года состоялся первый
успешный запуск межконтинентальной бал-
листической ракеты — знаменитой королёв-
ской «семёрки», открывшей возможность
реализации давней мечты учёных — достав-
ки научных приборов в космическое про-
странство. Начинается подготовка к запуску
искусственного спутника Земли, который
одновременно должен был стать первой на-
учной космической лабораторией. Для ко-
ординации работ по созданию научных при-
боров для спутника создаётся специальный
рабочий орган при Президиуме АН СССР —
Специальная комиссия по осуществлению
научного руководства при создании объекта
«Д» во главе с академиком М. В. Келдышем.
Его заместителями назначаются С. П. Ко-
ролёв и М. К. Тихонравов, учёным секрета-
рём — Г. А. Скуридин.

Academic science has been closely associ-
ated with space rocket technology from the first
day when rocket science was created. In the
autumn of 1948 the first Soviet controlled bal-
listic missile systems were tested, and in 1949
scientists began to use them to explore the upper
atmosphere. In 1951 systematic biomedical re-
search began that involved high-altitude rockets.
S. P. Korolev supervises the experiments back to
back with an outstanding Soviet expert in me-
chanics, president of the Academy of Artillery
Sciences, future director of the Institute of Me-
chanical Engineering (Academy of Sciences
of the USSR), academician A. A. Blagonravov.

On August 27, 1957, the first successful
launch of an intercontinental ballistic missile
was made. It was the famous Korolev's *Semer-
ka* (the Seven), which made the long-standing
dreams of scientists to put scientific instru-
ments in space come true. Preparation for the
launch of the first artificial satellite began, the
one which also was to become the first scientific
laboratory in space. A special working group, the
Commission for Artificial Earth Satellites ("D"
Object) of the Academy of Sciences, headed by
M. V. Keldysh, was established to coordinate
development of scientific instruments for the
spacecraft. S. P. Korolev, M. K. Tikhonravov
were appointed his deputies and G. A. Skuri-
din — the scientific secretary.



**Белка и Кусачка
перед стартом**

*Belka and Kusachka
before the launch*



**Мягкая посадка
головной научно-
исследовательской
части баллистической
ракеты Р-1 с собаками-
предшественниками
людей в полётах
на ракетах**

*Soft landing of the R 1 nose
cone with scientific equipment
and dogs — human
predecessors in space flights*



**27 августа 1957 года.
Первый успешный
старт тяжёлой ракеты
С.П. Королёва Р-7 (8К71)**

*August 27, 1957. The first
successful launch
of S. P. Korolev's R 7 (8K71)
heavy rocket*



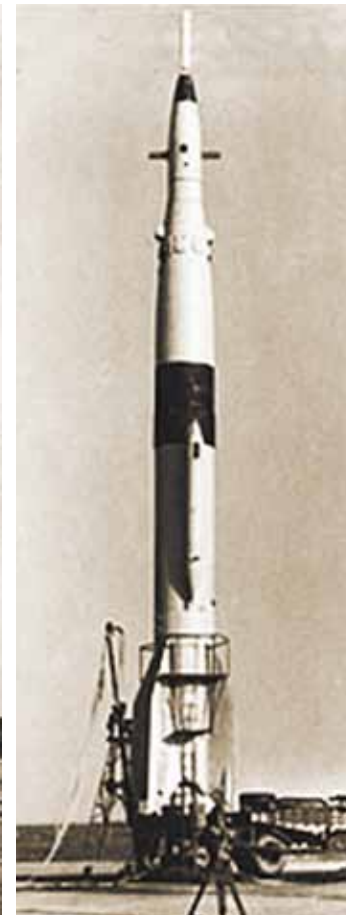
**Белка и Кусачка
после полёта**

*Belka and Kusachka
after the flight*



**Непутёвый и ЗИБ
после полёта**

*Neputevyy and ZIB
after the flight*



4 ОКТЯБРЯ
1957 ГОДА —
НАЧАЛО
НОВОЙ —
КОСМИЧЕСКОЙ
ЭРЫ В ИСТОРИИ
ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

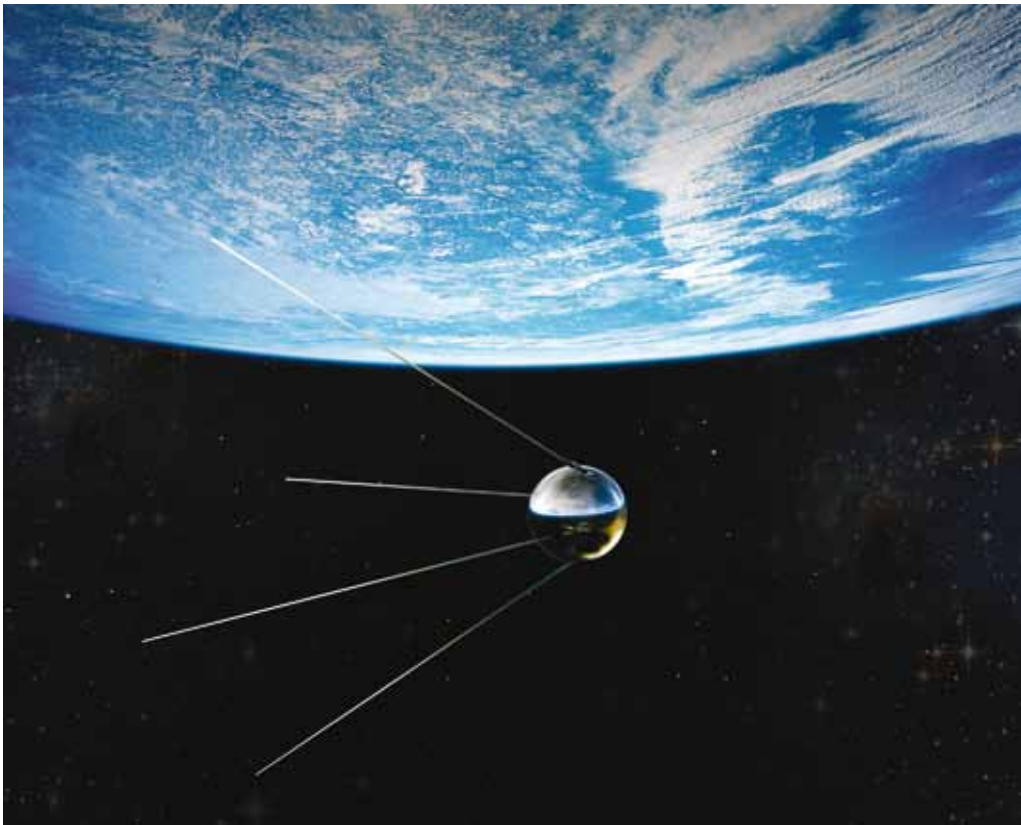
OCTOBER 4, 1957 —
THE BEGINNING
OF SPACE AGE
OF HUMAN HISTORY

Внизу: первая полоса
газеты «Правда»
от 6 октября 1957 года
с сообщением об успешном
запуске в СССР первого
искусственного спутника
Земли

Bottom. The first page of
“Pravda” daily from October 6,
1957, announcing the successful
launch of the first artificial
satellite of the Earth

Справа: Первый
искусственный спутник
Земли — первое
в истории Человечества
рукотворное космическое
тело

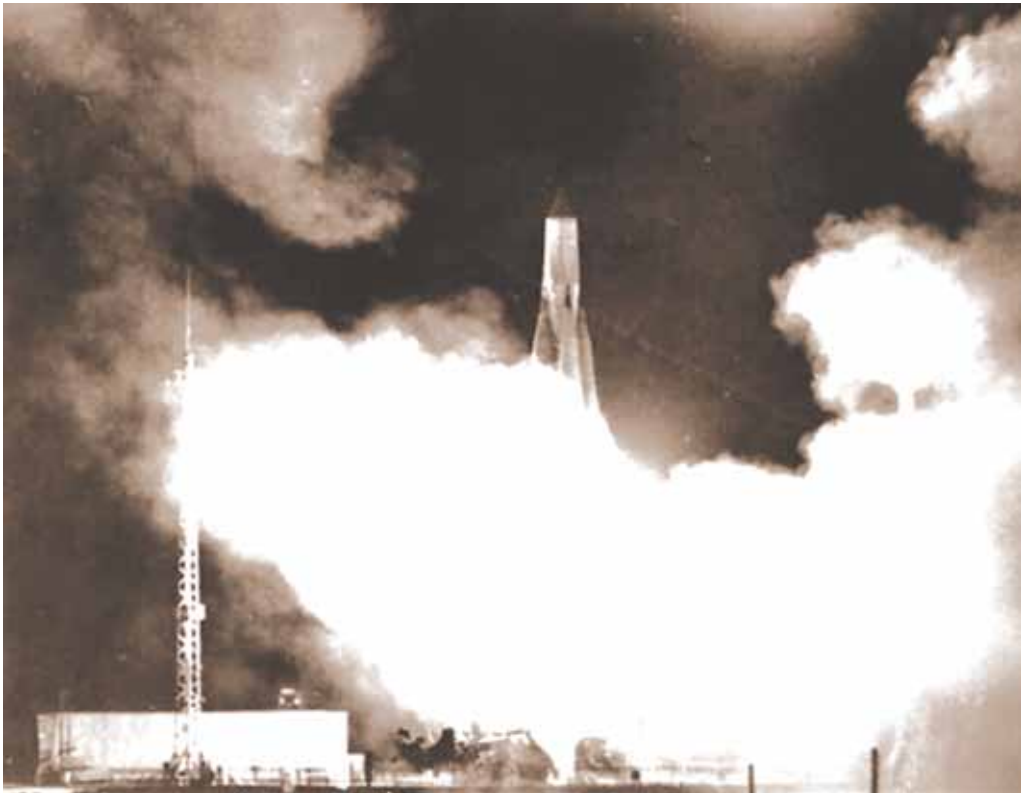
Right. Sputnik — the first
artificial satellite of the Earth
and the first man-made space
body



4 октября 1957 года. Старт ракеты-носителя Р-7
(8К71ПС) с первым искусственным спутником Земли
October 4, 1957. The launch of R 7 rocket launcher (8K71PS)
carrying the first Sputnik



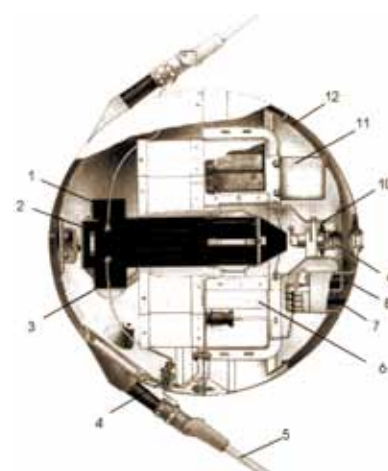
Мстислав Всеволодович
Келдыш и Сергей Павлович
Королев на космодроме
Байконур
Mstislav V. Keldysh and Sergey
P. Korolev at Baikonur cosmodrome





Компоновка Первого искусственного спутника Земли ПС-1

Inner configuration of the first artificial satellite of the Earth (PS 1)



Размещение аппаратуры в первом ИСЗ:
1 — двойное термореле системы терморегулирования ДТК-34; 2 — радиопередатчик Д-200; 3 — контрольные термореле и барореле; 4 — гермовывод; 5 — антенна; 6 — блок питания; 7 — штепсельный разъём; 8 — пятый контакт; 9 — вентилятор; 10 — диффузор; 11 — дистанционный переключатель; 12 — экран

Payload layout of the first artificial satellite of the Earth:
1 — dual thermal switch of the thermoregulation system DTK 34; 2 — radio transmitting unit D 200; 3 — control thermal switch and barometric switch; 4 — seal; 5 — antenna; 6 — power supply; 7 — plug-and-socket joint; 8 — heel connection; 9 — fan; 10 — diffuser; 11 — remote switch; 12 — shield



Все хотели сами увидеть рукотворное чудо-СПУТНИК — движущуюся звёздочку

Everyone wanted to marvel at the moving star — the man-made Sputnik



Снимок трека Спутника, сделанный в Австралии

The image of the Sputnik's track made in Australia

Проблем с созданием и самого спутника, и научной аппаратуры для него возникло достаточно много, и он был выведен в космос только 15 мая 1958 года. Тем не менее, наша страна первой доставила на околоземную орбиту рукотворное небесное тело. Им стал объект ПС — простейший спутник, запущенный 4 октября 1957 года. Следующим 3 ноября 1957 года стартует второй космический аппарат (КА), впервые доставивший в космос живое существо — собаку Лайку. (Официально оба аппарата были запущены в рамках Международного геофизического года — с 1 июля 1957 года по 31 декабря 1958 года.) И только после этого подошла очередь спутника, который первоначально должен был стать первым. Это был уже полноценный аппарат, обладающий всеми системами, присущими современным космическим разработкам. Впервые бортовые устройства принимали и исполняли команды, переданные с Земли. На спутнике работали научные приборы, разработанные семью группами советских учёных. Результаты исследований передавались на Землю по радиоканалам.

Many issues, which arose during construction of the satellite itself and its instruments, postponed the launch as late as May 15, 1958. Still, the USSR was the first to put a man-made celestial body into orbit. The so called “simplest satellite” (or PS object) was launched on October 4, 1957. It was followed by the second spacecraft that for the first time brought a living creature, Laika the dog, into space on November 3, 1957. (Officially both launches were dedicated to the International Geophysical Year: July 1 1957 — December 31, 1958). And only then it was the turn of the satellite, which had originally had to be the first. Dubbed “The Third Sputnik”, it was already a full-fledged spacecraft sporting all the systems inherent to modern ones. For the first time onboard devices received and executed commands sent from the ground. Instruments built by seven different groups of Soviet scientists operated onboard the satellite. Research results were downlinked to the Earth.

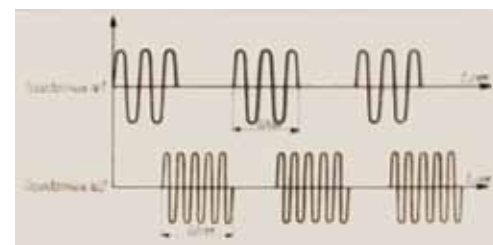


Схема генерации сигналов «бип-бип» передатчиками Первого спутника

Scheme depicting “beep-beep” generation by the Sputnik’s radio transmitters

Первые полосы зарубежных газет

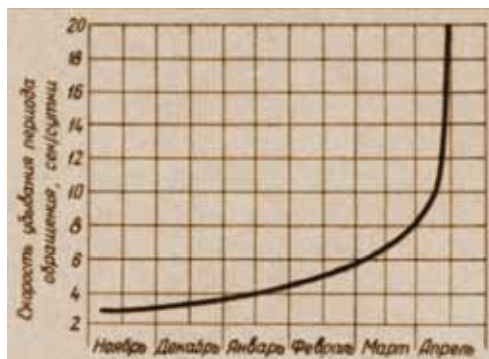
First pages of world newspapers





Пассажир второго искусственного спутника Земли — собака Лайка

Laika the dog — the passenger of the second artificial satellite of the Earth



Торможение спутника верхними слоями атмосферы по результатам полёта второго искусственного спутника Земли

Braking in the upper atmosphere by the results of the second Sputnik's flight

Третий спутник — объект Д — стал первой космической лабораторией, оснащённой обширным комплексом приборов:

- магнитометр;
- фотоумножители для регистрации корпускулярных потоков;
- солнечные батареи;
- прибор для регистрации фотонов в космических лучах;
- магнитный и ионизационный манометры;
- ионные ловушки;
- электростатические флюксометры;
- масс-спектрометрическая трубка;
- прибор для регистрации потоков геоактивных частиц;
- датчик для регистрации частиц космической пыли,

которые предназначались для исследований:

- ионосферы;
- концентрации заряженных частиц;
- электростатических полей;
- магнитного поля Земли;
- космических лучей;
- корпускулярного излучения Солнца;
- давления и плотности атмосферы;
- частиц космической пыли

The third Sputnik — Object 'D' was the first space laboratory, which carried a significant scientific payload:

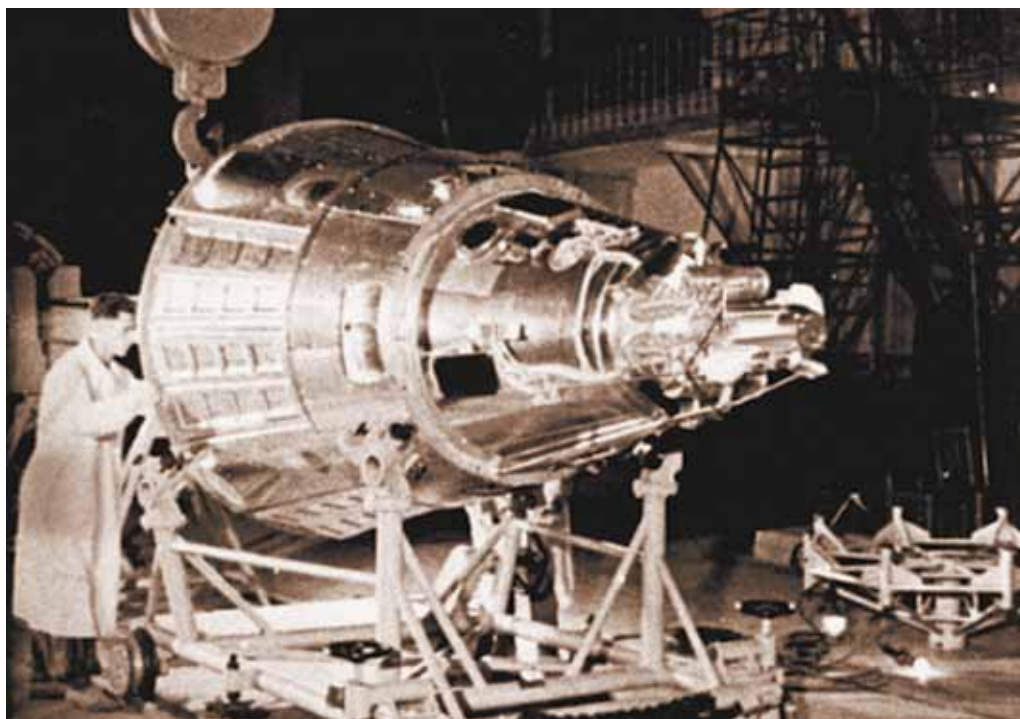
- magnetometre;
- photomultiplier detector for particle fluxes;
- solar batteries;
- cosmic rays photon detector;
- magnetic and ionization gages;
- ion traps;
- electrostatic flux metres;
- mass spectrometre tube;
- cosmic radiation intensity detectors;
- detectors for space dust particles,

which were used to study:

- ionosphere;
- concentration of charged particles;
- electrostatic fields;
- cosmic rays;
- Solar particle radiation;
- atmospheric pressure and density;
- space dust particles

Комплекс приборов и оборудования третьего спутника

Payload and service equipment of the third Sputnik



Третий искусственный спутник Земли — первая в истории заатмосферная орбитальная научная станция в цехе предприятия

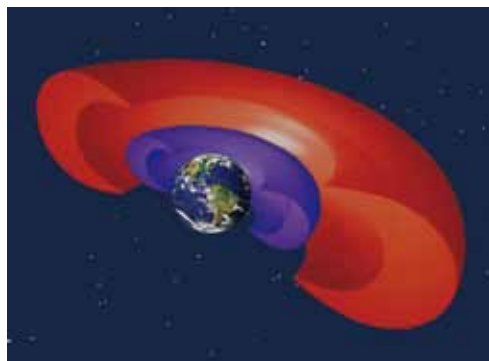
The third Sputnik — artificial satellite of the Earth — the first orbital scientific station in the workshop

Благодаря третьему спутнику впервые был открыт внешний радиационный пояс Земли С.Н. Верновым и А.Е. Чудаковым

The outer radiation belt was discovered by S. N. Vernov and A. E. Chudakov with the help of the third sputnik

Академик Сергей Николаевич Вернов — выдающийся советский учёный, стоявший у истоков новой науки — космической физики, появившейся благодаря прямым экспериментам в космосе в 50-60-х годах XX века

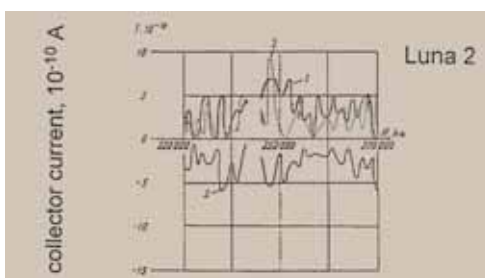
Academician Sergey N. Vernov — prominent Soviet physicist, one of the originators of a new science — space physics, which emerged thanks to the immediate space experiments in space in 1950–1960s





13.09.1959 года. «Луна-2» впервые в мире достигла поверхности Луны в районе Моря Ясности. Аппарат на разгонной ступени ракеты 8K72, место попадания в Луну и первые наблюдения потоков межпланетной плазмы. Научные результаты: впервые в мире установлено отсутствие у Луны глобального магнитного поля со значительной напряжённостью; впервые в мире прибором К.И. Грингауза выполнены прямые измерения потоков межпланетной плазмы

Sept. 13, 1959. Luna 2 was the first to reach the surface of the Moon in the region of Mare Serenitatis (the Sea of Serenity). The spacecraft attached to the booster of the 8K72 rocket launcher, the place of touchdown, and the first results of the interplanetary plasma studies. Scientific results: no significant lunar global magnetic field was found; the instrument developed by K. I. Gringauz measured interplanetary plasma fluxes for the first time ever



07.10.1959 года. АМС «Луна-3» (вверху) впервые передала на Землю изображения обратной стороны Луны и осуществила гравитационный манёвр вблизи другого космического тела. Масса аппарата: 278,5 кг

Top. Oct. 7, 1959. Luna 3 interplanetary station was the first to transmit the images of the lunar far side to the Earth and to make a gravitational manoeuvre near another space body. The mass of the spacecraft — 278.5 kg

В это же время решением ЦК КПСС и Совета Министров СССР Комиссия Академии наук по искусственным спутникам Земли преобразуется в Межведомственный научно-технический совет по космическим исследованиям (МНТС по КИ). Её председателем назначается М. В. Келдыш. Совет работает как орган, который разрабатывал рекомендации для Президиума АН СССР и Комиссии Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам. Деятельность Совета существенно способствовала активизации космических исследований в стране.

Достижение второй космической скорости позволило начать исследования Луны и планет Солнечной системы. Полёты пилотируемых кораблей знаменовали начало непосредственного проникновения человека в космос. Основным принципом программы дальнейшего освоения и использования космического пространства стало решение всё более сложных задач в интересах не только науки и техники, но и для хозяйственных целей. Одновременно развивается международное сотрудничество в подготовке и реализации космических проектов. Координацию и научно-техническое руководство этими работами осуществляет Академия наук СССР. Ракетная техника, космические исследования становятся одним из самых наукоёмких направлений человеческой деятельности.

At the same time, following the decision of the USSR Government, the Commission of Academy of Sciences for Artificial Earth Satellites was transformed into the Interdepartmental Scientific and Technical Council on Space Research (most commonly known as its Russian abbreviation MNTS po KI). M. V. Keldysh was appointed its chairman. The Council acted as an advisory body for the Presidium of the USSR and the Commission of the Presidium of the Council of Ministers for military and industrial Issues.

Exploration of the Moon and the Solar system started as soon as the escape velocity was achieved. Human space flights marked the advent of direct space exploration. Outer space exploration program was based on gradual solutions of more and more complex tasks not only for the sake of science and technology, but also for economic purposes. International cooperation in space projects was emerging at the same time. The Academy of Sciences coordinated and supervised these activities as scientific and technological manager. Rocketry, space exploration became one of the most science-intensive areas of human activity.

Развитие ракеты Р-7 — носитель 8K72. «Луна-1, -2, -3»

Progress of R 7 — 8K72 rocket launcher. Luna 1, Luna 2, Luna 3





Успешный полёт первого в истории космического корабля-спутника «Восток-1» с собаками Белкой и Стрелкой и возвращение их на Землю — важнейший этап подготовки полёта человека в космос

Successful flight of the first spaceship Vostok 1, which carried the dogs Belka and Strelka and returned them to the Earth, was an important stage on the way to the human spaceflight



19.08.1960 года с космодрома Байконур осуществлён пуск ракеты-носителя «Восток-8К72», которая вывела на околоземную орбиту второй корабль-спутник с собаками Белкой и Стрелкой. «Восток-1», сер. № 2 выведен на орбиту с параметрами: наклонение орбиты — 64,95°; период обращения — 90,7 мин; минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 306 км; максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) — 339 км

August 19, 1960. Vostok 8K72 launcher lofted from the Baikonur cosmodrome the Second spaceship with the dogs Belka and Strelka to the near-Earth orbit. Vostok 1, No. 2 series was put into the orbit with the following parameters: inclination 64,95 deg; period — 90,7 min; minimal distance from the Earth (in the perigee) — 306 km; maximal distance to the Earth (in the apogee) — 339 km



20.08.1960 год. На территории СССР совершил мягкую посадку спускаемый аппарат второго корабля-спутника. Впервые на Землю из космоса благополучно вернулись живые существа — собаки Белка и Стрелка. На пресс-конференции в Академии наук СССР героев представил академик Олег Газенко

Aug. 20, 1960. Soft landing of the Spaceship 2 lander on the territory of the USSR. For the first time ever living beings — dogs Belka and Strelka — successfully returned to the Earth after having been in space. Academician Oleg Gazenko presented the heroes at the press conference in the Academy of Sciences of the USSR



АМС «Венера-1». 12.02.1961 года с космодрома Байконур осуществлён пуск ракеты-носителя «Молния-8К78», которая вывела на траекторию полёта к Венере советскую автоматическую межпланетную станцию «Венера-1». Аппарат был оборудован приборами для измерения интенсивности космических лучей, напряжённости межпланетных магнитных полей, регистрации микрометеоритов и т.п. С аппарата «Венера-1» были получены данные о параметрах солнечных космических лучей в окрестностях Земли, а также до расстояния почти в 2 миллиона километров от Земли. Данные аппарата «Венера-1» подтвердили наличие межпланетной плазмы в космическом пространстве

Venera-1 interplanetary station. Feb. 12, 1961. Molniya 8K78 rocket launcher started from Baikonur cosmodrome and put Venera-1 — the first Soviet automatic interplanetary station — into the cruise trajectory to Venus. The spacecraft carried instruments for measuring cosmic rays intensity, strength of interplanetary magnetic fields, micrometeorite registration, etc. Venera-1 provided data on solar cosmic rays parameters in the vicinity of the Earth and up to the distances of approximately 2 million kilometers from it. Venera-1 data proved the existence of interplanetary plasma in space

Исследования в космосе существенно дополнили традиционные методы физических измерений, открыли совершенно новые горизонты в научном поиске. Одним из первых результатов этих работ стало обнаружение динамического характера атмосферы выше 100...150 километров, исследование её состава на больших высотах.

Был выполнен широкий комплекс ионосферных экспериментов до высот в несколько тысяч километров. Прямыми измерениями установлено распределение электронной концентрации по высоте, открыты радиационные пояса и обнаружено чрезвычайное многообразие процессов, протекающих в околоземном космическом пространстве в зависимости от электромагнитных и корпускулярных излучений Солнца. Стало ясно, что ионосфера — лишь нижняя часть обширной плазменной оболочки Земли. Выше неё находится магнитосфера — область, где поведение плазмы определяется, прежде всего, магнитным полем Земли и в значительной степени так называемым солнечным ветром — потоком заряженных частиц, постоянно испускаемых Солнцем.

Первые прямые измерения потоков солнечного ветра были выполнены в 1959 году на советской автоматической станции «Луна-2». Затем его параметры исследовались на других межпланетных станциях и искусственных спутниках Земли.

Space research expanded traditional physical methods and opened new horizons in science. One of the first results of this work was the discovery of the dynamic nature of the atmosphere above 100...150 km and study of its structure at high altitudes.

There was a wide range of ionosphere experiments up to altitudes of several thousand kilometers. Direct measurements have shown the distribution of electron concentration across altitudes. Radiation belts were discovered, and an extraordinary diversity of processes occurring in near-Earth space, depending on electromagnetic and particle radiation of the Sun. It became clear that ionosphere is only a lower part of the extensive plasma shell of the Earth. Above it resides the magnetosphere — the region where plasma behavior is determined primarily by the magnetic field of the Earth and largely by so-called solar wind, a stream of charged particles continuously emitted by the Sun.

The first direct measurements of solar wind streams were performed in 1959 on the Soviet automatic station Luna-2. Then other interplanetary stations and artificial satellites measured its parameters.



12 АПРЕЛЯ 1961 ГОДА. ПЕРВЫЙ В ИСТОРИИ ПОЛЁТ ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС

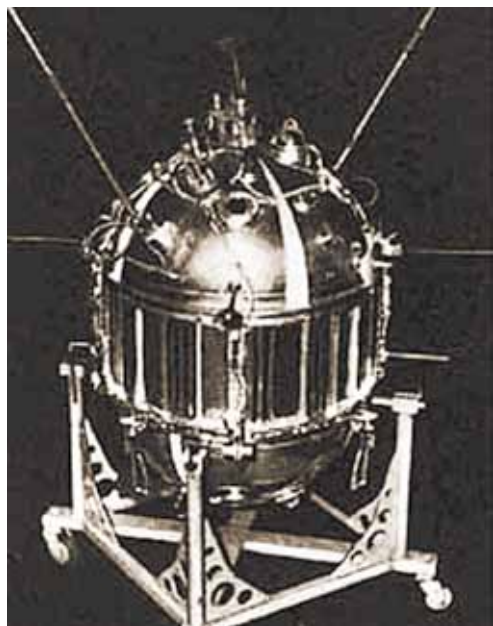
APRIL 12, 1961.
THE FIRST
HUMAN
SPACEFLIGHT



12.04.1961 год. Со стартового комплекса № 1 космодрома Байконур осуществлён пуск ракеты-носителя «Восток-8К72К», которая вывела на околоземную орбиту советский космический корабль «Восток». Корабль пилотировал космонавт Юрий ГАГАРИН. Дублёр: Герман ТИТОВ. Запасной космонавт: Григорий НЕЛЮБОВ. «Восток-3А», сер. № 3 был выведен на орбиту с параметрами: наклонение орбиты — 64,95°; период обращения — 89,34 мин; минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 181 км; максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) — 327 км. Полёт продолжался 1 час 48 минут. После совершения одного оборота вокруг Земли спускаемый аппарат корабля совершил посадку на территории СССР

April 12, 1961. Vostok 8K72K rocket launcher started from the No. 1 launch pad at Baikonur cosmodrome, lofting Vostok Soviet spaceship to the near-Earth orbit. Yuri GAGARIN piloted the spaceship. Second flight pilot — German TITOV. Backup pilot — Grigory NELYUBOV. Serial Vostok 3A No. 3 was launched to the orbit with the following parameters: inclination — 64,95 deg.; period — 89,34 min; inclination — 64,95 deg.; period — 90,7 min; 181 km; maximal distance to the Earth (in the apogee) — 327 km. The flight lasted 1 hour 48 min. After the first orbit the spaceship's lander descended to the Earth on the territory of the USSR





Аппарат «Космос-2» запущен 6 апреля 1962 года для изучения геоактивных потоков заряженных частиц у Земли. Масса аппарата — 285 кг; масса полезной нагрузки — 15 кг; высота в перигее — 211,6 км; высота в апогее — 1545,6 км; наклонение — 49°; период — 102,25'. Впервые в истории проведены прямые измерения ионной температуры земной ионосферы

Cosmos 2 spacecraft was launched on Apr. 6, 1962 to study the structure of the Earth's ionosphere. Mass of the spacecraft — 285 kg, payload mass — 15 kg; perigee — 211.6 km, apogee — 1545.6 km; inclination — 49 deg, period — 102.25 min. For the first the ion temperature of the Earth's ionosphere was measured



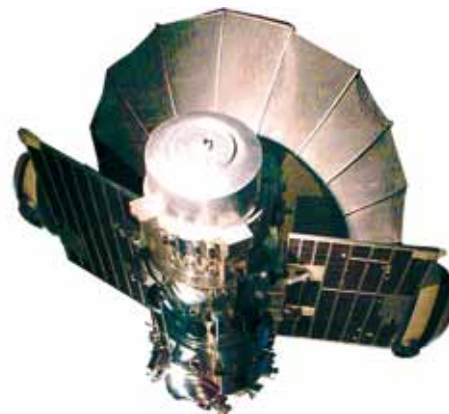
Скорость счёта экранированного счётчика Гейгера (импульсы в секунду) вспыхивы излучения от атмосферного взрыва американской термоядерной бомбы 9 июля 1962 года в 12:00:09, зарегистрированной спутником «Космос-5»

Count rate in pulses per second of the radiation burst after the explosion of the US thermonuclear bomb in the atmosphere on July 9, 1962 at 12:00:09, as registered by shielded Geiger count tube onboard Cosmos 5

Тщательная обработка экспериментального материала, полученного первыми разведчиками космоса, значительно расширила, а в ряде случаев существенно изменила имевшие место теории и представления о физико-химических характеристиках верхней атмосферы и околоземного космического пространства.

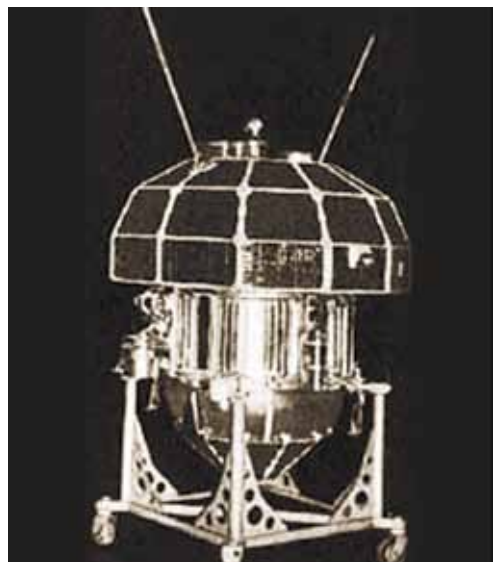
Советские учёные и конструкторы ракетно-космической техники получили целый ряд выдающихся результатов, определивших ведущее положение Советского Союза в этой отрасли науки и техники. Подтвердилась и правильность основных направлений начаты в стране космических исследований. Но это были только первые шаги на пути познания Вселенной.

Исследования проводились отдельными институтами Академии наук, конструкторскими и промышленными организациями разных министерств и ведомств. На первых этапах такая форма проведения космических экспериментов вполне оправдывала себя, поскольку они выполнялись на базе единичных, по сути, уникальных запусков космических аппаратов. Дальнейшие исследования, направленные на более детальное, углублённое изучение космического пространства, планомерное накопление и обобщение научных данных, необходимость в специализированных экспериментах, ориентированных на решение более сложных проблем и подготовку новых этапов проникновения человека в космос, требовали



«Марс-1». 1 ноября 1962 года с космодрома Байконур осуществлён пуск ракеты-носителя «Молния-8К78», которая вывела на траекторию полёта к Марсу советскую АМС «Марс-1». Связь с аппаратом прекратилась на расстоянии 50 млн км от Земли. Измерена интенсивность космических лучей, исследована напряжённость магнитного поля Земли и межпланетной среды, изучены потоки ионизированного газа, идущего от Солнца, исследовано распределение метеороидного вещества при пересечении двух метеороидных потоков на расстоянии от 1 до 1,24 а.е. от Солнца

Mars 1. On Nov. 1, 1962 Molniya 8K78 rocket launcher lifted from the Baikonur cosmodrome carrying Soviet Mars-1 interplanetary station to the cruise trajectory to Mars. Communication with the spacecraft stopped at the distance of 50 million km from the Earth. Instruments onboard the station measured the intensity of cosmic rays, studied the strength on the Earth's and interplanetary magnetic fields, fluxes of ionized gas flowing from the Sun, and the distribution of meteoroid matter during crossing of two meteoroid streams at the distances from 1 to 1.24 a.u. from the Sun



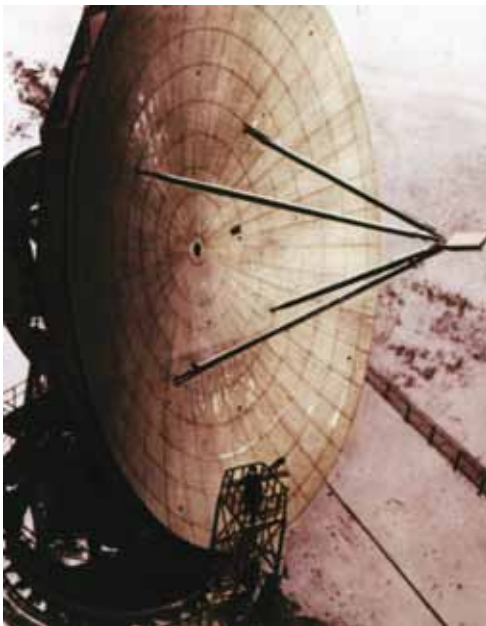
«Космос-3». Аппарат запущен 24 апреля 1962 года и предназначен для исследования полярных сияний. Высота в перигее — 229 км, в апогее — 720 км, период обращения вокруг Земли — 93,8', угол наклона плоскости орбиты к плоскости экватора Земли — 48°59'. Спутник имел аппаратуру для исследования частиц малых энергий

Cosmos 3, launched on April 24, 1962, aimed at auroral studies. Perigee — 229 km, apogee — 720 km, inclination — 48.59 deg, period — 93.8 min. The satellite payload included instruments to measure low-energy particles

Careful processing of experimental data of the first explorations of the outer space significantly expanded, and sometimes even changed our understanding of the physical and chemical characteristics of the upper atmosphere and near-Earth space.

Soviet scientists and rocket engineers obtained many outstanding results, which determined the leading position of the Soviet Union in this field of science and technology. But those were only the first steps on the path of exploration of the Universe.

At that time space research was made by separate institutes of the Academy of Sciences, as well as by engineering and industrial facilities of various ministries and departments. At the dawn of the space era this form of space experiments fully justified itself, because launches were singular and every space experiment was installed aboard, in fact, unique spacecraft. Further research aimed at a more detailed, in-depth study of outer space, systematic accumulation and compilation of data, specialized experiments demanded not just a broader field of research and new scientific and engineering organizations, but their effective cooperation as well.



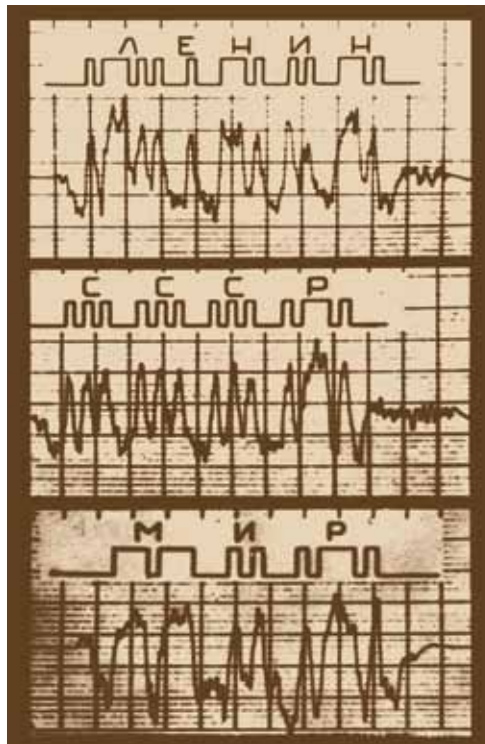
Крупнейший в СССР серпуховский параболический радиотелескоп и радиолокационные сигналы, переданные в ноябре 1962 года им на Венеру, отражённые от неё и принятые на Земле

The largest radio telescope in the USSR (Serpukhov) and radio location signals, which were transmitted in November 1962 to Venus, reflected from the planet, and were received on the Earth

не просто расширения фронта исследований, привлечения к ним новых научных и конструкторских организаций, но и обеспечения их эффективного взаимодействия.

Эта задача могла быть решена путём создания некоего научно-методического космического центра, что позволило бы существенно упорядочить ведущиеся работы, исключило бы параллелизм, сделало их более целеустремлёнными и планомерными, обеспечило необходимое развитие всех направлений научных знаний о космосе, наконец, дало бы возможность получить наибольшее количество новых данных при наименьших затратах.

В июле 1963 года Президент Академии наук СССР академик М.В. Келдыш обратился с письмом в директивные органы страны с предложением организовать в системе Академии наук Объединённый институт космических исследований. Основной его задачей должно было стать систематическое исследование космического пространства с помощью унифицированных малых, а затем и тяжёлых искусственных спутников Земли, создаваемых отечественной промышленностью. При этом Институт должен разрабатывать и изготавливать научную аппаратуру, монтировать её на серийно изготавливаемые космические аппараты, проводить их испытания, выполнять предстартовую подготовку и участвовать в запусках.



This problem could be solved by the establishment of a scientific and methodological space center, which would significantly streamline the work underway, eliminate overlaps, and make the activities more structured, so that all areas of scientific space knowledge would develop. Finally, such a center would make it possible to get as much new data as possible at the lowest cost.

In July 1963 the President of the Academy of Sciences of the USSR Academician Mstislav Keldysh proposed to organize a Joint Institute for Space Research within the Academy of Sciences. Its main goal was to start systematic exploration of outer space with standardized small and then heavy artificial satellites, made in the country. The Institute should develop and build scientific equipment, mount it on serially produced spacecraft, prepare them to launch, and participate in launch.



Спутник «Электрон»
Elektron spacecraft



Спутник «Стрела»
Strela spacecraft



Спутник «Космос-11»
Cosmos 11 spacecraft

Мстислав Всеволодович Келдыш. Мысли о перспективах космических исследований

Mstislav V. Keldysh. Thinking on the future of space research



15 МАЯ 1965 ГОДА СОЗДАН ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКАДЕМИИ НАУК СССР

MAY 15, 1965. SPACE
RESEARCH INSTITUTE
OF THE ACADEMY
OF SCIENCES
OF THE USSR —
IKI WAS FOUNDED



Здание Института космических исследований
Академии наук СССР
IKI's building

Самое же главное — Институт наделялся бы функциями заказчика по всем научным космическим аппаратам, что исключало диктат производителя: «Вот вам космический аппарат, не нравится — не берите, но другого не будет».

По мнению М. В. Келдыша, для выполнения задач, которые предлагалось поставить перед Объединённым институтом, он должен был иметь постоянный состав высококвалифицированных научных сотрудников, с опытом космических исследований, серьёзную опытно-конструкторскую и производственную базу, центр сбора и обработки научной информации, чтобы оперативно использовать результаты исследований, испытательный комплекс для полного объёма испытаний при подготовке спутников к запуску. Предполагалось, что Институт станет головной организацией по исследованию и использованию космического пространства в интересах фундаментальной науки.

Предложение М. В. Келдыша было принято и Институт создан, хотя и с существенно меньшими, чем первоначально планировалось, полномочиями.

Most importantly, the Institute would be the customer for all research satellites, thus avoiding their specifications to be imposed by manufacturer rather than scientists.

According to Keldysh, such Institute should have a regular staff of highly experienced scientists with background in space research; and a batch of well-equipped laboratories and production facilities, a data processing center for quick access to information, test facilities for pre-launch tests. The Institute was envisioned as the leading organization for basic science space research.

Keldysh's proposal was approved and the Institute was established, albeit with far less authority than had been planned initially.

Этапы строительства здания Института
космических исследований Академии наук СССР
IKI's building. Phases of construction



**Постановление Совета Министров СССР
«О создании Института космических исследований Академии наук СССР»**

№ 392-147 15 мая 1965 г.

СОВ. СЕКРЕТНО

В целях обеспечения дальнейшего развития в Советском Союзе исследований космического пространства, накопления и обобщения научных знаний о космосе Совет Министров Союза ССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Принять предложение Академии наук СССР о создании в 1965 году в г. Москве Института космических исследований Академии наук СССР.
2. Установить, что Институт космических исследований Академии наук СССР является головной организацией по научным исследованиям в области изучения космоса, разработке и изучению научных проблем по исследованию Луны и планет солнечной системы, связанных с космическими полётами, и является научно-методической базой Межведомственного научно-технического совета по космическим исследованиям при Академии наук СССР.
3. Возложить на Институт космических исследований Академии наук СССР:
 - научно-методическое руководство и обобщение результатов работ, проводимых организациями Академии наук СССР, государственных комитетов, министерств и ведомств СССР по исследованию верхних слоёв атмосферы, космического пространства, Луны и планет солнечной системы;
 - разработку перспективных комплексных планов исследований космического пространства, Луны и планет солнечной системы, изыскание путей и методов их выполнения в короткие сроки и с наименьшими затратами средств.
4. Академии наук СССР в двухмесячный срок разработать и представить согласованное с Министерством общего машиностроения и Министерством обороны СССР Положение об Институте космических исследований Академии наук СССР, а Комиссии Высшего совета народного хозяйства СССР по военно-промышленным вопросам рассмотреть и утвердить это Положение.
5. Разрешить Академии наук СССР построить в 1965-1967 годах, в виде исключения, в г. Москве для размещения Института космических исследований лабораторные корпуса общей рабочей площадью основного назначения до 30 тыс. кв. метров.
6. Разрешить Академии наук СССР и Госплану СССР, в виде исключения, включить в план капитальных работ на 1965-1966 годы строительство лабораторно-производственных корпусов Института космических исследований без наличия утверждённой в установленном порядке проектно-сметной документации.

Мосгорисполкому отвести Академии наук СССР для строительства указанных корпусов земельный участок. Строительство корпусов Института космических исследований возложить на Главспецстрой при Государственном производственном комитете по монтажным и специальным строительным работам СССР.

Председатель Совета Министров Союза ССР

А. Косыгин

Управляющий Делами Совета Министров СССР

М. Смиртюков

АП РФ. Ф.93. Коллекция постановлений и распоряжений СМ СССР за 1965 г. Заверенная копия на бланке.

Советская космическая инициатива в государственных документах. 1946–1964 гг. / Под ред. Ю. М. Батурина. М.: Изд-во «РТСофт», 2008.



Институт космических исследований (ИКИ) был создан как головной институт Академии наук СССР по исследованию космического пространства в интересах фундаментальных наук на основании постановления Совета Министров СССР от 15 мая 1965 года № 392-147 и структурно сформирован согласно Постановлениям Президиума Академии наук СССР от 9 июля 1965 года № 403-006 и от 5 августа 1966 года № 588-014.

В 1986 году Институт награждён Орденом Ленина за значительный вклад в развитие отечественной космической науки и техники.

В 1992 году ИКИ АН СССР преобразован в Институт космических исследований Российской академии наук.

В настоящее время полное наименование института Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук. Устав ИКИ РАН соответствует действующему законодательству и утверждён приказом ФАНО РФ от 05.11.2014 года № 884.

ИКИ РАН получил Свидетельство Московской регистрационной палаты от 6 января 1995 года серия МРП, регистрационный номер 001.386-У, реестр № ОКП-02698692.

ИКИ РАН получена Лицензия Российского космического агентства № 910К от 31.03.2008 года на осуществление космической деятельности с бессрочным сроком действия.

Институт имеет Аттестат аккредитации испытательного центра № ФСС. КТ.134.01.6.4.761600.01.07. от 16 июля 2007 г. на право проведения сертификационных испытаний научной и другой целевой аппаратуры космических аппаратов и испытаний на электромагнитную совместимость.

Space Research Institute (IKI) was founded as principal organisation of the Academy of Sciences of the USSR for space research and exploration for fundamental science under the Government Resolution from May 15, 1965 No. 392-147 and was formed under the Resolutions of the Presidium of the Academy of Sciences of the USSR from July 9, 1965 No. 403-006 and August 5, 1966 No. 588-014.

In 1986 IKI was awarded with the Order of Lenin for significant contribution to national science and technology development.

In 1992 IKI of the Academy of Sciences of the USSR was transformed into the Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences. Now its full name Federal State Budgetary Scientific Institution Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences. The organization charter complies with the Russian legislation in force and was approved by the Order of Federal Agency of Scientific Organizations from November 5, 2014, No. 884.

IKI RAN got a Certificate of Moscow Registration Chamber from January 6, 1995, MRP series, reg. No. 001.386-Y. List No. ОКПО — 02698692. IKI also got a Licence of Russian Space Agency No. 910 K from March 31, 2008, which permits it to run space activities with no fixed term.

Institute has Test Centre Accreditation Certificate No. FSS. КТ.134.01.6.4.761600.01.07 from July 16, 2007, granting a right to run certificate tests of scientific and other special-purpose equipment of spacecraft, and tests for electromagnetic compatibility.



1728

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
АРХИВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

117218, Москва, ул. Новочеремушкинская, 34
тел. 129-19-10, факс 129-19-66
e-mail: archive_ran@mail.ru, academ_archive@mail.ru

Заместителю директора
Института космических
исследований РАН
Назирову Р.Р.

09.10.06 № 14114/5471/355

На №

АРХИВНАЯ ВЫПИСКА

из Постановления Президиума АН СССР №403-006 «О создании
Института космических исследований АН СССР» от 09 июля 1965 г.

Архив РАН сообщает, что в Постановлении Президиума АН СССР №403-006 «О создании Института космических исследований АН СССР» от 09 июля 1965 г. значится:

«Совет Министров СССР постановлением №392-147 от 15 мая 1965 г.:

1. Принял предложение о создании в 1965 г. в г. Москве Института космических исследований Академии наук СССР.
2. Установил, что Институт космических исследований Академии наук является головной организацией по научным исследованиям в области изучения космоса, разработке и изучению научных проблем, связанных с космическими полетами, и является научно-методической базой Межведомственного научно-технического совета по космическим исследованиям.

Президиум Академии наук СССР постановляет:

1. Создать в системе Академии наук СССР Институт космических исследований АН СССР.

Президент Академии наук СССР
академик

М.В. Келдыш

Главный Ученый секретарь
Президиума АН СССР
академик

Н.М. Сисакян.

Основание: Архив РАН. Ф.530с. оп.26. д.70, лл.47-50.

Директор Архива РАН

В.Ю. Афиани

Зав.отделом

Т.Г. Краснова

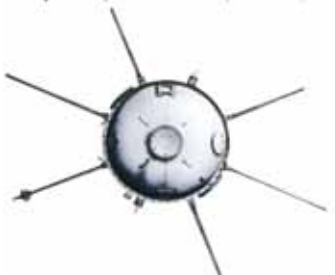


Архивная выписка
из Постановления Президиума
АН СССР №403-006 «О создании
Института космических
исследований АН СССР»
от 9 июля 1965 года

Excerpt from an Archive. Resolution
of the Presidium of the Academy
of Sciences of the USSR No. 403-006
"On the foundation of the Space
Research Institute of the Academy
of Sciences of the USSR" from
July 9, 1965

Базовая платформа научно-исследовательского спутника с химическими источниками энергии ДС-У1

Base platform of the scientific satellite with chemical batteries DS-U1



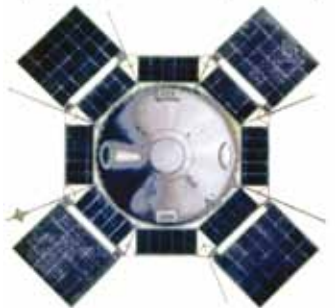
Базовая платформа научно-исследовательского спутника с солнечными батареями ДС-У2

Base platform of the scientific satellite with solar batteries DS-U2



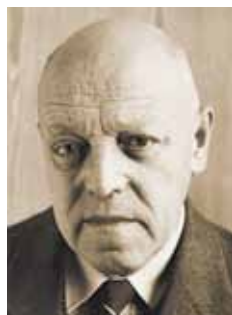
Внизу: базовая платформа научно-исследовательского спутника с солнечной ориентацией ДС-У3

Bottom. Base platform of the scientific satellite with orientation to the Sun DS-U3



В. М. Ковтуненко — главный конструктор спутников ОКБ-586

V. M. Kovtunenکو, chief designer of the OKB-586 satellites



К. И. Грингауз — выдающийся исследователь Космоса, разработчик передатчика первого спутника

K. I. Gringauz, prominent space scientist, designer of the transmitter for the first Sputnik



Платформа «Прогноз» НПО им. С. А. Лавочкина, на которой построено 12 спутников. Главный конструктор Г. Н. Бабакин

Prognoz platform, built by Lavochkin Association, which was a base for 12 spacecraft. Chief designer G. N. Babakin

В янгелевском ОКБ-586 (Днепропетровск) под руководством В. М. Ковтуненко был разработан малый унифицированный спутник серии ДС-У в трёх основных модификациях: с химическими источниками тока ДС-У1, с солнечными батареями ДС-У2 и с системой солнечной ориентации ДС-У3.

Защита эскизного проекта спутника состоялась летом 1964 года с участием главного конструктора ОКБ-586 М. К. Янгеля и Президента АН СССР М. В. Келдыша, представителей предприятий-смежников и институтов Академии наук. Докладывал проект В. М. Ковтуненко. В ходе обсуждения не обошлось и без ложки дёгтя. К. И. Грингауз из Радиотехнического института АН СССР, уже имевший опыт проведения исследований на борту космических аппаратов, заявил, что рассматриваемый проект — вчерашний день космонавтики: герметичный корпус и, как следствие, для размещаемой на борту спутника полезной нагрузки останется, в лучшем случае, не более трети от общей массы космического аппарата. Особой полемики это заявление не вызвало. Все отлично понимали, что в стране нет электроники для работы в открытом космосе. Но неприятный осадок остался. Тем не менее, проект был принят.

Ранее в королевском ОКБ-1 были созданы малые спутники (МС), запущенные под наименованием «Космос-2, -3 и -5». В ОКБ-586 посчитали, что аббревиатура МС расшифровывается как «московский спутник» и назвали свой ДС, что означало «днепропетровский спутник».

Универсальная платформа М-71 НПО им. С. А. Лавочкина, на которой были построены большие серии аппаратов для исследования Марса, Венеры, кометы Галлея, астрофизические обсерватории «Астрон» и «Гранат». Главный конструктор Г. Н. Бабакин

M 71 universal platform designed by Lavochkin Association was a base for large series of spacecraft for Mars, Venus, and Comet Halley exploration, as well as Astron and Granat astrophysical observatories. Chief designer G. N. Babakin



Soon, a group under the leadership of Prof V. M. Kovtunenکو (Design Bureau OKB-586, Dnepropetrovsk) developed a standardized series of DS-U small satellite, with three main versions: a) chemically powered DS-U1, b) with solar panels DS-U2, and c) DS-U3 with solar orientation system.

In summer of 1964 V. M. Kovtunenکو presented the satellite study design to the OKB-586 chief designer M. K. Yangel, representatives of industry, Academy of Science, and its President M. V. Keldysh. K. I. Gringauz of Radio-Technical Institute of the USSR who had been already experienced in space experiments, remarked that the project was already out of date, since it had a heavy pressurized body, which would leave to scientific payload one third of overall spacecraft mass at best. Even though everybody on the meeting understood that the nation at that time didn't have electronic components capable of working in the open space, this remark left an uneasy feeling. Still, the project was adopted.

S. A. Korolev's Design Bureau OKB-1 had earlier built small satellites (MS, 'Maly Sputnik' in Russian), launched under names *Cosmos 2, 3, 5*. OKB-586 experts assumed that MS stood for 'Moscow Sputnik' and called their orbiters DS, which meant 'Dnepropetrovsk Sputnik'.



Для Академии наук предусматривалось изготовление 18 малых спутников серии ДС-У. Они предназначались для продолжения исследований, начатых в 1962 году по программе «Космос» с целью накопления статистических данных, а также проведения ряда новых исследований, в том числе параметров верхней атмосферы, вариаций космического излучения, вспышек на Солнце в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, прохождения в ионосфере сверхдлинных волн, метеоритного вещества в окрестностях Земли, выполнения мировой магнитной съёмки и других целей.

В дальнейшем в ОКБ-586 были разработаны и запущены в производство более тяжёлые автоматические унифицированные орбитальные станции (АУОС) в двух модификациях. Они использовались в отечественной космической программе начиная со спутника «Космос-261», но особенно активно — в международной программе ИНТЕРКОСМОС.

Предложение М. В. Келдыша монтировать научную аппаратуру на серийно изготавливаемые летательные аппараты в тот период полностью оправдало себя. В ходе развития программы космических исследований унификация серийных спутников трансформировалась в создание базовых платформ для установки на них научной аппаратуры, в соответствии с задачами эксперимента (двенадцать спутников серии «Прогноз», нынешние платформы «Навигатор» и «Карат»).

Вместе с тем, права заказчика на научные космические аппараты Института космических исследований (ИКИ) так и не были даны. Министерство общего машиностроения — производитель и одновременно заказчик космической техники — здесь стояло насмерть. Возможно, это и стало одной из причин сегодняшнего ослабления научных космических позиций России.

Исчезло из предлагаемого М. В. Келдышем названия Института и слово «Объединённый», хотя формировался он, как и планировалось, на базе многих отделов и лабораторий, работавших ранее по космической тематике в различных институтах Академии наук и других ведомств, а также в конструкторских и промышленных организациях, в том числе королёвском ОКБ-1.

Институту вменялось выполнение экспериментальных работ по таким направлениям космической физики как астрофизика и физика планет и малых тел Солнечной системы, физика Солнца и солнечно-земных связей, космическая плазма и исследования в области нелинейной геофизики. Ему также поручались подготовка программ научных космических исследований; разработка и испытания комплексов научной аппаратуры по проектам, включённым в отечественную космическую программу.

18 small DS-U satellites were planned for the Academy of Science. They should have continued the *Cosmos* program, which began in 1962, as well as performed some new tasks, for example, study of upper atmosphere, cosmic radiation variation, solar bursts in UV and X-ray bands, propagation of very low-frequency waves in the ionosphere, meteorites in near-Earth space, global magnetic survey, etc.

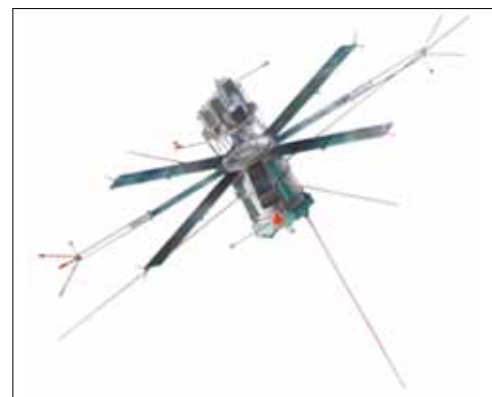
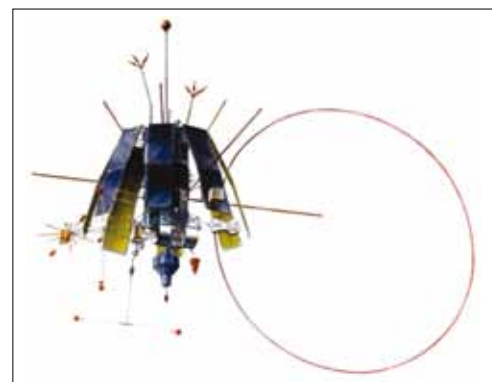
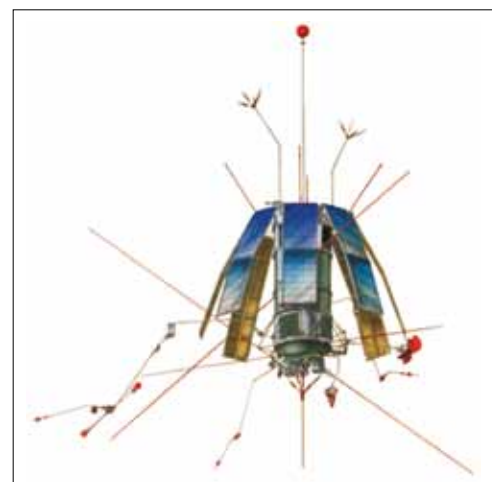
Later OKB-586 developed and built a series of standardized heavy automatic orbital stations (AUOS in Russian) in two versions. They were used for the national space program starting from the *Cosmos 261* satellite, but especially for the international program *Intercosmos*.

Prof. Keldysh's idea to install scientific instruments on serially built spacecraft has worked. As space research program evolved the concept of standardized satellites transformed into the concept of unified platforms, where scientific instruments could be mounted according to the needs of specific space mission (for example, 12 *Prognoz* satellites, current *Karat* and *Navigator* platforms).

At the same time, the Space Research Institute (or IKI, short for Institut Kosmicheskikh Issledovaniy in Russian) was not granted the customer's rights for scientific spacecraft. Ministry of General Machine Building Industry, then the producer and the customer of space technology at the same time, was uncompromising in this question. Perhaps, this was one of the reasons for today's weakening of Russia's positions in space research.

Neither was the Institute named "Joint" as had been initially proposed by M. Keldysh's, although it was formed from many divisions and departments of the institutes of Academy of Science and other bodies (including S. Korolev's OKB-1), that had dealt with space research.

The Institute was in charge for experimental activities in the following fields of space physics: astrophysics; physics of planets and small bodies of the solar system, solar physics and solar-terrestrial interactions, space plasma research and nonlinear geophysics. It also was commissioned with development of space research programs; development and testing of technologies for the projects included in the national space program.



Научно-исследовательские спутники ОКБ-586 различного назначения на унифицированной платформе АУОС (автоматическая универсальная орбитальная станция)

Scientific spacecraft of various purposes built by OKB-586 on the base of AUOS unified platform (short for Automatic Universal Orbital Station)



Президент Академии наук СССР Мстислав Всеволодович КЕЛДЫШ и проект памятника ему на площади, носящей его имя, в Москве

Mstislav V. KELDYSH, president of the Academy of Sciences of the USSR, and the project of a monument proposed to be placed at the square of his name in Moscow



Площадь Келдыша в Москве, на которой расположено здание ИКИ РАН. Стрелкой указано предлагаемое место для установки памятника великому учёному

Keldysh's Square in Moscow, where IKI's building is located. The arrow points at the suggested place for the monument

М. В. Келдыш не только непосредственное участвовал в организации ИКИ, но и был, по сути, основной движущей силой этого процесса, особенно в первые, самые трудные годы его становления.

Символично, что здание института находится на площади, носящей имя Келдыша. Когда-то здесь планировалось поставить памятник прославленному академику, но эти планы до сих пор не реализованы.

В разные годы Институт космических исследований (ИКИ) возглавляли академик Г. И. Петров (1965–1973), академик Р. З. Сагдеев (1973–1988), академик А. А. Галеев (1988–2001), академик Л. М. Зеленый (с 2001 года по настоящее время).

За прошедшие со дня образования Института 50 лет менялись и возлагаемые на него задачи, и его структура. Реорганизации носили радикальный характер.

Одним из первых научных подразделений, сформированных в ИКИ, стал отдел геофизики — физики космической плазмы. В него вошли группа теоретиков во главе с Г. А. Скуриным, ранее работавших в Отделении прикладной математики Математического института им. В. А. Стеклова (ОПМ МИ) Академии наук, лаборатория полярных сияний из Института физики атмосферы (ИФА) во главе с Ю. И. Гальпериным. В отделе был также образован сектор космической плазмы, который возглавил О. Л. Вайсберг.

В 1967 году организуется отдел космических лучей, который по своей тематике был наиболее близок к отделу геофизики. Ещё один отдел, в котором велись исследования космической плазмы, космической газовой динамики, возглавляет академик Г. И. Петров.

M. V. Keldysh did not only establish IKI, but was, in fact, the driving force of its forming, especially in the first and most difficult years.

Symbolically, the Institute's building is located on the square bearing Keldysh's name. There was a project of a monument of this famous academic, however it has not yet been built.

Over the years IKI was headed by Academician G. I. Petrov (1965–1973), Academician R. Z. Sagdeev (1973–1988), Academician A. A. Galeev (1988–2001), academician L. M. Zelenyi (2001 – present).

The structure of Institute changed throughout its history as did the scope of tasks it was engaged in, and the changes were sometimes truly radical.

One of the first scientific departments in the Institute was the Department of Geophysics and Space Plasma Physics. It was formed from a group of theoreticians headed by G. A. Skuridin (previously at the Department of Applied Mathematics of the Steklov Mathematical Institute of the Academy of Sciences) and Laboratory of Auroras (Institute of Atmospheric Physics) headed by Yu. I. Galperin. Within the Department there was space plasma working group headed by O. L. Vaisberg.

Cosmic Rays department was established in 1967, and its field of interest was quite close to that of the Department of Geophysics. Another department, which studied space plasma and space gas dynamics was headed by Academician G. I. Petrov.



Директоры Института космических исследований Российской академии наук — выдающиеся учёные-физики, академики — способствовали эффективному развитию отечественной космической науки и превращению ИКИ в признанный мировой центр советской, а затем и российской космической науки

Directors of Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences — prominent physicists, members of the Academy, contributed to a rapid development of national space science and turned IKI to a world-renown centre of Soviet, and later Russian, space science



ГЕОРГИЙ ИВАНОВИЧ ПЕТРОВ
GEORGIY I. PETROV

Первый директор Института, учёный-механик, с именем которого связаны многие выдающиеся достижения отечественной ракетно-космической техники второй половины двадцатого столетия.

В 1953 году он избирается членом-корреспондентом, в 1958 году, по представлению М. В. Келдыша и С. П. Королёва, — действительным членом Академии наук.

Г. И. Петров был неординарной личностью, совмещающей в себе широкий и одновременно глубокий взгляд на рассматриваемые процессы и явления, что позволяло ухватить их суть и создать математическую модель для качественного описания. В равной степени ему были присущи черты как теоретика, так и экспериментатора. Он один из первых оценил перспективы быстродействующих ЭВМ для решения задач механики, внёс огромный вклад в развитие аэромеханики больших скоростей, решение проблемы теплозащиты космических аппаратов, входящих в атмосферу со сверхзвуковыми скоростями, близкими к первой космической.

Георгия Ивановича не стало 13 мая 1987 года. Ему было 74 года.

The first director of the Institute, physicist with specialization in mechanics, whose name is closely connected to many outstanding achievements of national rocket technology in the second part of the XX century.

Elected corresponding member of the Academy of Sciences in 1953, and full member (upon submission by M. V. Keldysh and S. P. Korolev) in 1958.

An extraordinary scientist, Georgiy I. Petrov possessed both wide and deep insight of the physical phenomena, which allowed him to grasp their essence and to build an adequate mathematical model to describe them. A theoretician as much as an experimenter, he was among the first to justify the potential of high-speed computers for mechanics and made a large contribution to aeromechanics of high speeds and thermal insulation of spacecraft, entering the atmosphere with supersonic velocities close to orbital velocity.

He passed on May 13, 1987 in the age of 74.



РОАЛЬД ЗИННУРОВИЧ САГДЕЕВ
ROALD Z. SAGDEEV

Доктор физико-математических наук, профессор. В 1964 году избран член-корреспондентом, в 1968 году — действительным членом Академии наук. Работал в Курчатовском институте и Институте ядерной физики Сибирского отделения, где стал одним из создателей современной физики плазмы. С 1973 по 1988 год Р. З. Сагдеев — директор ИКИ. Затем руководил научно-методическим центром аналитических исследований института.

Ему принадлежат многочисленные труды по физике плазмы (ударные волны, процессы переноса, неустойчивости), космической физике. Особенно известна его теория бесстолкновительных ударных волн, без которой немыслимы ни современная космическая физика, ни решение проблемы термоядерного синтеза, ни многое другое. За создание неоклассической теории процессов переноса в тороидальной плазме ему присуждается Ленинская премия. Он основал физическую школу, которая насчитывает десятки докторов наук и пользуется международным признанием.

Р. З. Сагдеев — иностранный член Национальной академии наук США и Королевской академии наук Швеции.

PhD., Professor. Elected corresponding member of the Academy of Sciences in 1964, and full member in 1968. He worked at Kurchatov Institute and Institute of Nuclear Physics (Siberian Branch of the RAS), where he became one of the founders of the modern plasma physics. In 1973–1988 R. Z. Sagdeev was a director of IKI. Later, he headed analytic research department of the Institute.

He authored numerous works on plasma (shock waves, transfer processes, instabilities) and space physics. Among the most renown is his theory of collisionless shock waves, which is one of the keystones of modern space physics, thermonuclear fusion, and many other fields. He was awarded with Lenin prize for development of neoclassical theory of transfer processes in toroidal plasma. R. Z. Sagdeev founded a school in physics, which counts tens of PhD's and is acknowledged worldwide.

Foreign member of the U.S. National Academy of Sciences and Royal Swedish Academy of Sciences.



АЛЬБЕРТ АБУБАКИРОВИЧ ГАЛЕЕВ
ALBERT A. GALEEV

Доктор физико-математических наук, профессор. В 1987 году избран член-корреспондентом, в 1992 году — действительным членом Академии наук. Специалист в области физики плазмы. Окончил Новосибирский государственный университет, параллельно с учёбой работал в Институте ядерной физики СО АН СССР.

В 1973 году перешёл на работу в ИКИ, где возглавил отдел космической плазмы. С 1988 года — директор Института.

Яркий талант и творческая энергия позволили ему добиться уникальных результатов в области космической физики. Разработал теорию взрывного пересоединения силовых линий в магнитосферном хвосте, а также теорию слабого взаимодействия волн в плазме и совместно с Сагдеевым неоклассическую теорию переноса в токамаках. Предложил теорию, объясняющую ускорение солнечного ветра из корональных дыр при помощи альфвеновских волн.

А. А. Галеев — лауреат премий: Ленинской, Ленинского комсомола, Президента РФ, нескольких международных.

В настоящее время почётный директор ИКИ РАН

PhD, Professor. Elected corresponding member of the Academy of Sciences in 1987, and full member in 1992. Specialized in plasma physics. He graduated from Novosibirsk State University; while studying, he also worked at Institute of Nuclear Physics (Siberian Branch of the RAS). In 1973 he started working at IKI, where he headed Space Plasma Department. Director of the Institute since 1988.

His bright talent and energy were the keys to his unique results in space physics. He elaborated a theory of explosive reconnection of force lines in the tail of the magnetosphere, the theory of weak wave interactions in plasma, and, together with Sagdeev, neoclassical theory of transfer in tokamaks. He suggested a theory, explaining solar wind acceleration from coronal holes by Alfvén waves.

He was awarded with Lenin Prize, Prize of Lenin Komsomol, Prize of the President of the Russian Federation, several international awards.

Now A. A. Galeev is Director Emeritus of IKI.



ЛЕВ МАТВЕЕВИЧ ЗЕЛЁНЫЙ
LEV M. ZELENYI

Доктор физико-математических наук, профессор МФТИ. В 2003 году избран член-корреспондентом, в 2008 году — действительным членом Академии наук. С 2013 года — вице-президент РАН, председатель Совета по космосу РАН. В 1972 году окончил факультет аэрофизики и космических исследований Московского физико-технического института и стал работать в ИКИ, где прошёл путь от инженера, младшего научного сотрудника до директора института (с 2002 года).

Основное направление научной деятельности — физика космической плазмы. Известный специалист в области теории бесстолкновительной плазмы, пересоединения магнитных полей, динамики заряженных частиц, физики магнитосферы. Был научным руководителем одного из самых успешных международных космических проектов ИНТЕРБОЛ.

В настоящее время научный руководитель с российской стороны международного проекта ЭКЗОМАРС и отечественной лунной программы, одна из задач которой использование Луны в качестве естественного исследовательского полигона.

Лауреат премии Президента РФ.

PhD, Professor. Elected corresponding member of the Academy of Sciences in 2003, and full member in 2008. Vice president of the Russian Academy of Sciences since 2013, the chairman of the Space Council of the RAS. In 1972 he graduated from the Moscow Institute of Physics and Technology (Department of Aerophysics and Space Research) and began working at IKI, starting as an engineer and, since 2002, — director of the Institute.

Main area of research — space plasma physics. Well-known expert in the theory of collisionless plasma, magnetic fields reconnection, charged particle dynamics, magnetosphere physics. Principal Investigator of one of the most successful international space missions Interball.

Today — Principal Investigator (Russian part) of ExoMars international project and national lunar program. Awarded with the Prize of the President of the Russian Federation.

**Геннадий Александрович
СКУРИДИН**
Gennady A. SKURIDIN



**Юрий Ильич
ГАЛЬПЕРИН**
Yuri I. GAPLERIN



**Константин Иосифович
ГРИНГАУЗ**
Konstantin I. GRINGAUZ



**Олег Леонидович
ВАЙСБЕРГ**
Oleg L. VAISBERG



**Новомир Фёдорович
ПИСАРЕНКО**
Novomir F. PISARENKO



В него входили теоретическая (В.Б. Леонас) и экспериментальная (В.Б. Баранов) лаборатории. Позднее в состав отдела на правах лаборатории вошла переведённая в ИКИ из Курчатовского института группа сотрудников во главе с И.М. Подгорным. Они занимались лабораторным моделированием взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли и атмосферами планет.

В 1971 году в ИКИ переводится из Радиотехнического института Академии наук большая группа учёных, возглавляемая К.И. Грингаузом, которая на правах самостоятельного отдела также занимается экспериментальными исследованиями солнечной плазмы.

Отдел геофизики вскоре расформировывается, и на его базе создаётся отдел физики космической плазмы во главе с Л.Л. Ваньяном, ранее работавшим в Институте физики Земли Академии наук.

В результате очередной реорганизации возникает штатное плазменное отделение. Его руководителем «на общественных началах» становится незадолго до этого пришедший в Институт Р.З. Сагдеев. После его назначения директором ИКИ он приглашает в Институт своего ученика А.А. Галеева, который возглавляет плазменное отделение. В 1973 году оно преобразуется в отдел физики плазмы. Помимо теоретической лаборатории А.А. Галеева в состав отдела вошли лаборатория полярных сияний (затем физики магнитосферных процессов) Ю.И. Гальперина, лаборатория околопланетной плазмы, образованная на базе отдела экспериментальных исследований солнечной плазмы К.И. Грингауза и лаборатория моделирования И.М. Подгорного, а также группы космической плазмы О.Л. Вайсберга и солнечных космических лучей Н.Ф. Писаренко, ставших позднее лабораториями.

Плазменное направление исследований продолжит и в дальнейшем, по выражению нового директора Института Р.З. Сагдеева, «совершенствоваться». Создаётся теоретический отдел во главе с А.А. Галеевым и отдел солнечно-земных связей во главе со Г.А. Скуридиным. После избрания А.А. Галеева директором ИКИ заведующим отделом физики космической плазмы становится Л.М. Зеленый.

Одним из главных научных направлений Института всегда считались исследования планет и малых тел Солнечной системы. Однако первоначально работы по этой тематике были рассредоточены по разным подразделениям. На последнем этапе своей деятельности на посту директора Института Г.И. Петров принял решение о реорганизации планетной тематики, объединив несколько научных групп в ранге лабораторий в единый лунно-планетный отдел под своим личным руководством. Однако это не нашло понимания у нового директора Р.З. Сагдеева. Ряд лабораторий лунно-планетного профиля

It included theoretical (V.B. Leonas) and experimental (V.B. Baranov) laboratories. Later they were joined by a group headed by I. M. Podgorny (from the Kurchatov Institute), who formed a separate laboratory. They modeled in a lab interaction of solar wind with the Earth's magnetic field and atmosphere of planets.

In 1971 a large group of scientists, led by K. I. Gringauz (from the Radio-Technical Institute of the Academy of Sciences), formed an independent department for experimental studies of solar plasma.

Shortly afterwards the Department of Geophysics was transformed into Space Plasma Physics Department headed by L. L. Vanyan (previously at the Institute of Physics of the Earth of the Academy of Sciences).

As a result of yet another reorganization a new Plasma Department was organized. A newcomer to the Institute R. Z. Sagdeev volunteered to head it. After he had been appointed the Director of the Space Research Institute, he invited one of his students A. A. Galeev to head the plasma department, transformed into Plasma Physics Department in 1973. Besides A. A. Galeev's theoretical laboratory, this new department consisted of Yu. I. Galperin's Laboratory of Auroral Studies (later renamed to Laboratory for Magnetosphere Physics), Laboratory for Circumplanetary Plasma based on K. I. Gringauz's Department for experimental solar plasma studies, I. M. Podgorny's Modeling Laboratory and O. L. Vaisberg's Space Plasma Group and N. F. Pisarenko's Solar Cosmic Rays Group, which later were transformed into labs.

Later plasma studies in the institute continued to "improve", according to the new Institute director R. Z. Sagdeev. A. A. Galeev headed a new Theoretical Department and G. A. Skuridin — the Department of Solar-Terrestrial Relations. After A. A. Galeev was elected the director of IKI, L. M. Zeleny became head of the Space Plasma Physics Department.

Study of planets and small bodies of the Solar system has always been one of the main areas of Institute's research. However, initially these activities were distributed among multiple departments. Not long before his retirement from the office of director G. I. Petrov decided to reorganize the planetary realm, combining several research laboratories into a single Department of Moon and Planets, under his personal leadership. However, it did not find understanding of the new director R. Z. Sagdeev. A number of laboratories engaged in lunar and planetary studies was soon closed, and the Department of Moon and Planets (after being renamed to Comparative Planetology Laboratory) was transferred to Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Academy of Sciences.

Soon both manned and unmanned moon programs start being scrapped across the USSR. By the early eighties this subject was virtually eliminated in IKI and was revived only recently.

вскоре ликвидируется, а отдел Луны и планет, первоначально переименованный в лабораторию сравнительной планетологии, со всей тематикой и оборудованием переводится в Институт геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) Академии наук.

Вскоре в стране происходит резкое сворачивание лунных программ, как пилотируемых, так и с помощью автоматических средств, и к началу восьмидесятых годов прошлого столетия эта тематика в ИКИ практически ликвидируется и начинает возрождаться только в последние годы.

Единый отдел планетных исследований в ИКИ был сформирован в 1974 году. Его возглавил В. И. Мороз. В отдел вошли четыре лаборатории: спектроскопии (В. И. Мороз), фотометрии и инфракрасной (ИК) радиометрии (Л. В. Ксанфомалити), масс-спектрометрии (В. Г. Истомин), физико-химических исследований планет (Л. М. Мухин). Первые результаты были получены сотрудниками отдела на автоматических межпланетных станциях (АМС) «Марс-3 и -5» по ИК-радиометрии. Проводились также эксперименты по дистанционному измерению содержания водяного пара в атмосфере Марса. Приоритетные результаты были получены в экспериментах, проведённых в атмосфере Венеры. Разрабатывались инженерные модели планетных атмосфер. Сначала это были справочные материалы небольшого объёма, но постепенно требования к их детальности со стороны конструкторов планетных космических аппаратов возрастали, и к их подготовке подключалось всё большее число учёных отдела.

Тем не менее, тематика работ отдела первоначально была ограничена лишь физическими исследованиями атмосфер и поверхностей планетных тел. Предполагалось, что геологи и специалисты по ТВ-съёмке будут выделены в самостоятельные структурные подразделения, одним из которых, в частности, стал отдел оптико-физических измерений.

Костяк этого отдела составил перешедший в 1967 году в ИКИ из Московского института геофизики, аэрофотосъёмки и картографии коллектив учёных и инженеров, возглавляемый Б. Н. Родионовым. К моменту перехода этот коллектив уже более десяти лет проводил исследования в области фотографических и космических съёмок и обработки видеоинформации. К первым работам, проведённым отделом в ИКИ, можно отнести изучение топографии участков лунной поверхности по их изображениям, переданным на Землю с первого и второго луноходов.

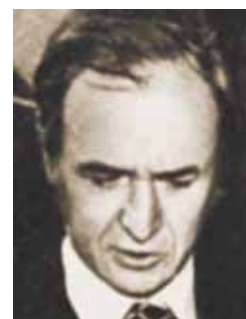
В основном же работы отдела были сосредоточены на съёмках земной поверхности, имевших целью, с одной стороны, разработку фотографических методов и средств дистанционного зондирования, с другой — выявление круга задач, которые можно решать по материалам космической съёмки.

The integrated Planetary Research Department was formed in IKI in 1974. It was headed by V. I. Moroz and included four laboratories: Spectroscopy (V. I. Moroz), Infrared Photometry and Radiometry (L. V. Ksanfomaliti), Mass Spectrometry (V. G. Istomin), Physical and Chemical Planetary Exploration (L. M. Muhin). Its first results the department obtained from *Mars-3* and *Mars-5* stations (they concerned IR radiometry). There were also experiments on remote measurement of water vapour in the Martian atmosphere. The results of experiments in Venus atmosphere were the first of the kind. A set of planetary atmospheres engineering models was developed. In the beginning it was a small reference library, but gradually more and more specialists of the department began to work on it, as spacecraft designers demanded for data of higher and higher precision.

However, the department was initially limited in its subject by physical studies of atmospheres and surfaces of planetary bodies. It was assumed that geologists and television survey experts would be gathered in separate divisions. One of them was, in particular, the Department of Optical and Physical Measurements.

The team of scientists and engineers from the Moscow Institute of Geophysics, Aerial Photography and Mapping led by B. N. Rodionov, joined IKI in 1967 and made the backbone of this department. By the time of their transition the team have been researching satellite imagery and video processing for already 10 years. One of the department's first results in IKI was topographical analysis of the lunar surface by the images transmitted by *Lunokhod 1* and 2.

For the most part the department was focused on orbital observations of the Earth, on one hand refining photographic techniques and remote sensing methods, on the other — selecting tasks that could be solved by satellite imagery.



**Игорь Максимович
ПОДГОРНЫЙ**
Igor M. PODGORNYY



**Василий Иванович
МОРОЗ**
Vasily I. MOROZ



**Леонид Васильевич
КСАНФОМАЛИТИ**
Leonid V. KSANFOMALITI



**Вадим Глебович
ИСТОМИН**
Vadim G. ISTOMIN



**Лев Михайлович
МУХИН**
Lev M. MUHIN

**Борис Николаевич
РОДИОНОВ**
Boris N. RODIONOV



Ян Львович ЗИМАН
Ian L. ZIMAN



**Валентин Семёнович
ЭТКИН**
Valentin S. ETKIN



**Павел Ефимович
ЭЛЬЯСБЕРГ**
Pavel E. ELYASBERG



**Семён Самойлович
МОИСЕЕВ**
Semen S. MOISEEV



После ряда реорганизаций, тематического перенацеливания, изменений названия отдел в итоге сохранил свой профиль оптико-физических измерений.

В 1967 году на базе части сотрудников, работавших ранее в Проблемной радиофизической лаборатории Московского государственного педагогического института (МГПИ) им. В. И. Ленина, в ИКИ формируется научное подразделение радиофизических приборов. По мере совершенствования созданных в отделе микроволновых приёмников они начинают использоваться для исследования радиофизическими методами поверхности суши и океана из космоса, и в 1974 году принимается решение о создании самостоятельного отдела прикладной космической физики под руководством В. С. Эткина.

Приоритетной задачей отдела стало выявление внутриокеанических глубинных процессов по их поверхностным «отголоскам». Однако к началу 1990-х годов в связи с резким сокращением финансирования «океанического» направления центр тяжести деятельности отдела переместился на исследование окружающей среды. В связи с этим В. С. Эткин предложил иное название для своего отдела — «Космические исследования Земли как экологической системы».

Большие усилия были направлены на становление новых приложений научно-технического потенциала отдела в сложившихся условиях. Одним из направлений работ стали масштабные проекты по дистанционному зондированию окружающей среды. Другое направление работ было связано с переносом усилий отдела с океана на сушу, в частности применительно к дистанционному анализу почв и снежных покровов.

Выделилась из отдела В. С. Эткина и стала самостоятельным подразделением лаборатория космофизики. На базе лаборатории создаётся отдел прикладных космических исследований, в дальнейшем переименованный в отдел космофизики. Первоначально его возглавил С. С. Моисеев, а после его ухода из жизни — А. С. Ерохин.

Кроме отдела Луны и планет самую серьёзную реорганизацию претерпел отдел астрофизики (руководитель И. С. Шкловский), созданный на базе отдела радиоастрономии Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга МГУ. До перехода в ИКИ сотрудники этого подразделения уже имели достаточный опыт в области космической астрономии. С каждым годом тематика работ отдела становилась всё более широкой. И. С. Шкловский стремился сосредоточить усилия на «большой» астрономии, т.е. исследованиях Галактики, её населения и внегалактических объектов, вопросах космологии. Однако в 1985 году И. С. Шкловский скончался.

After a series of administrative reforms and other changes, including changes of the name, the department has retained its optical and physical specialization.

In 1967 a scientific division for radio instruments was established in IKI from the Radio Laboratory of the Lenin Moscow State Pedagogical Institute. As the microwave receivers developed by the group were getting more sophisticated, they started to be used to study the land and the ocean from space. In 1974 the group was reorganized in a separate Department for Applied Space Physics led by V. S. Etkin.

The first task of the department was to study processes in a deep ocean by their visible effects on its surface. But by the early 1990s due to cut in funding of the ocean research, the department's activities drifted towards environmental studies. Therefore V. S. Etkin suggested another name for his department, which sounded "Space Research of the Earth as an Ecological System".

The department struggled to apply its potential in the given circumstances. Among the new objectives were large projects in Earth remote sensing. Another idea was to move from ocean to land, in particular to remote analysis of soils and snow cover.

The Laboratory of Space Physics that once had been the part of the department (headed by V. S. Etkin), became a department of its own. The newly established entity named Applied Space Research Department (later Space Physics) was initially headed by S. S. Moiseev, and after his death by N. S. Erokhin.

The Department of Astrophysics (head I. S. Shklovsky) based at the Department of Radio Astronomy of the MSU Shternberg State Astronomical Institute has undergone a major reformation on par with the Moon and Planetary Department. Its scientists, before they joined IKI, had already had sufficient experience in space astronomy. Each year the department's scope of work was widening. Shklovsky sought to focus on the "big" astronomy, i.e. studies of the Galaxy, its star population, and extragalactic objects and cosmology. However, in 1985 he passed.

К этому времени в Институте уже более десяти лет существовал отдел теоретической астрофизики, руководство которым принял на себя академик Я. Б. Зельдович, с задачей теоретических исследований по космологии, наблюдаемым проявлениям горячего газа в скоплениях галактик и процессам формирования спектров излучения в аккрецирующих дисках вокруг чёрных дыр и нейтронных звёзд.

После разграничения тематики работ этих двух отделов, перевода к Я. Б. Зельдовичу лаборатории рентгеновской астрономии и ряда сотрудников из бывшего отдела И. С. Шкловского, отдел теоретической астрофизики преобразуется в отдел высоких энергий во главе с Р. А. Сюняевым. Отдел астрофизики во главе с его новым директором Н. С. Кардашевым переходит в 1990–1991 годах с оставшимися в его составе лабораториями в Физический институт Академии наук.

Как самостоятельные научные подразделения уже в первые годы существования ИКИ были также созданы: лаборатория, а затем и отдел, прикладной астрофизики и миллиметровой, субмиллиметровой и инфракрасной техники; специальные лаборатории для развития дистанционных методов зондирования Земли из космоса; спектрометрии космического гамма-излучения; активной диагностики; сверхдальней радиоинтерферометрии; спектрометрии космического гамма-излучения.

При запусках первых высотных ракет, искусственных спутников Земли, лунных и межпланетных станций получаемая с них телеметрическая информация обрабатывалась в Отделении прикладной математики (ОПМ) в рамках Информационно-расчётного бюро (ИРБ). В 1966 году коллектив бюро практически в полном составе переводится в ИКИ на правах отдела автоматизированной обработки телеметрической информации. В 1988 году он был объединён с отделом баллистики. С этого времени все работы по обработке телеметрии с борта космического аппарата проводятся ИКИ в рамках единого подразделения, одной из главных задач которого стало полное информационное обеспечение научных экспериментов в космосе. Широкое использование вычислительной техники, постоянное обновление её парка позволило существенно развить программное обеспечение задач, решаемых отделом.

Создаётся также лаборатория, ставшая в дальнейшем отделом, в задачу которой входила техническая реализация научных проектов на борту космических аппаратов, включая разработку полного комплекта эксплуатационно-технической документации на космическую научную аппаратуру, проведение всех видов её испытаний, а также участие в управлении работой научных приборов в полёте.

By that time the Institute had already for more than 10 years had the Department of Theoretical Astrophysics led by Academician Ya. B. Zeldovich. It focused at theoretical research in cosmology, study of hot gas in galactic clusters and spectrums of accreting disks around black holes and neutron stars.

After the objectives of these two departments were separated and Zeldovich's department was reinforced with an X-ray lab and several specialists from Shklovsky's former department, the Department of Theoretical Astrophysics was transformed into the Department of High Energy Astrophysics headed by R. A. Sunyaev. The Department of Astrophysics headed by its new Director N. S. Kardashev joined the Physics Institute of the Academy of Sciences in 1990–1991.

Several separate laboratories were established during the early years of IKI. Among them are the laboratory (later department) of astrophysics and applied millimeter, submillimeter and infrared technologies; special laboratories for the Earth remote sensing; laboratory for spectrometry of cosmic gamma radiation; laboratory for active diagnostics; laboratory for very long baseline radio interferometry.

Data from the first high-altitude rockets, artificial Earth satellites, lunar and interplanetary probes were processed at the Department of Applied Mathematics (namely in the Information and Calculation Bureau) within Mathematical Institute of the Academy of Sciences. In 1966 almost all Bureau staff joined IKI and formed the Department of the Automated Telemetry Processing. In 1988 it was merged with the Department of Ballistics. From that point on IKI had a full-fledged department for telemetry processing, whose main task was full information support of space experiments. The software developed by the Department was improving continuously, thanks to extensive use of computers and their constant upgrade.

Technical support of research aboard the spacecraft, including supply of full documentation for the instruments and their comprehensive testing, as well as participation in operation and control during the flight were given to another newly created lab that later evolved in a department.



**Иосиф Самуилович
ШКЛОВСКИЙ**
Iosif S. SHKLOVSKY



**Яков Борисович
ЗЕЛЬДОВИЧ**
Yakov B. ZELDOVICH



**Рашид Алиевич
СЮНЯЕВ**
Rashid A. SUNYAEV



**Николай Семёнович
КАРДАШЕВ**
Nikolai S. KARDASHEV



**Леонид Иванович
МАТВЕЕНКО**
Leonid I. MATVEENKO

**Евгений Михайлович
ВАСИЛЬЕВ**
Evgeniy M. VASILYEV



Борис Сергеевич НОВИКОВ
Boris S. NOVIKOV



**Владимир Михайлович
РАТНЕР**
Vladimir M. RATNER



Лабораторию и отдел с момента их образования возглавлял Е. М. Васильев.

Решение задач проектирования и реализации научных комплексов межпланетных аппаратов, следящих платформ, бортовых систем, логики управления, сбора и передачи информации и т.п. возлагается на отдел программно-управляемых систем (руководитель — Б. Н. Новиков).

Для проведения испытаний научных приборов, предназначенных для установки на космический аппарат, исследования их работоспособности в составе бортового комплекса и в условиях космического пространства в Институте были созданы контрольно-испытательная (КИС) и лётно-испытательная станции (ЛИС), которые стали основной испытательной базой космического приборостроения в системе Академии наук. Они оснащены оборудованием, позволяющим проводить испытания на механические (вибрация, удар, линейные перегрузки), термовакуумные и климатические воздействия, а также на электрическую совместимость систем и приборов и электрическую прочность изоляции. В ходе отработки на испытательной базе КИС и ЛИС научная аппаратура доводится до заданных технической документацией характеристик.

Техническое задание на строительство КИС и ЛИС, их структуру и состав испытательного оборудования было разработано под руководством заместителя директора ИКИ В. М. Ратнера.

Наземный испытательный комплекс ИКИ аккредитован в качестве испытательного центра Академии наук и входит в Федеральную систему сертификации космической техники (ФССКТ) с правами проведения сертификационных испытаний научной целевой аппаратуры космических аппаратов.

В 1967 году Институту было подчинено Особое конструкторское бюро (ОКБ ИКИ) во Фрунзе (ныне Бишкек) — конструкторская организация со своим опытным производством. После распада СССР ОКБ оказалось за границей и взаимодействие с ним стало осуществляться на договорной основе.

При Центре дальней космической связи в Евпатории (Крым) создана терминальная станция с автоматизированным комплексом обработки и передачи научной информации.

В Тарусе Калужской области организуется опытное производство по созданию научной аппаратуры (СКБ КП ИКИ). Последние годы оно функционирует на правах приборостроительного отделения ИКИ.

Сегодняшняя структура Института представлена 15 основными научными, 16 обслуживающими и 2 производственными подразделениями.

Е. М. Васильев был главой обоих с момента их inception.

Design and construction of scientific complexes onboard interplanetary spacecraft, tracking platforms, onboard systems, control logic, data acquisition and transmission, etc. was assigned to the Department of Software-Controlled Systems (head B. N. Novikov).

Testing and Control Station and Laboratory Testing Station (KIS and LIS respectively, according to Russian abbreviation) were created to test the instruments before they were mounted on spacecraft, and to study their performance within onboard systems and under the space conditions. They have become the main testing facilities for space instrumentations at the Academy of Sciences. They are equipped for mechanical (vibration, shock, linear overload), thermal vacuum, and climatic tests as well as tests for electrical compatibility and insulation. During fine-tuning at these facilities the instruments are gradually adjusted according to their specs.

V. M. Ratner, former IKI deputy director, supervised these two testing facilities as they were being built.

IKI test facilities are certified as the test center for the Academy of Sciences and are part of a Federal System of Certification of Space Equipment, which is entitled to test scientific space instruments according to certificate testing.

In 1967 IKI was reinforced with the Design Bureau (OKB IKI), an engineering organization with a pilot production facility, in Frunze (now Bishkek, the capital of Kyrgyzstan). After the collapse of the Soviet Union this OKB became a foreign organization and now is a contractor of IKI.

A terminal station with automated scientific data processing and transmission system was built at Deep Space Communication Center in Eupatoria (Crimea).

A pilot production facility for scientific instruments was established in Tarusa (Kaluga region) — Special Design Bureau for Space Instruments Engineering (SKB KP IKI). In recent years it works on as the instrument-making department of IKI.

The current Institute structure includes 15 main departments, 16 service departments (including 2 construction departments).



КИС (Контрольно-испытательная станция ИКИ РАН). Термовакuumная установка ТБУ-100Г/3,8-07

IKI Testing and Control Station Thermal vacuum facility TBU-100Г/3,8-07



Таруса. Опытное производство и Специальное конструкторское бюро космического приборостроения

Tarusa. Pilot production and Special Design Bureau of Space Instrument Engineering



Евпатория. 70-метровая антенна П-2500 (РТ-70)

Eupatoria. CA-2500 (RT-70) 70 m antenna



Фрунзе (ныне Бишкек). Особое конструкторское бюро (ОКБ ИКИ) — конструкторская организация со своим опытным производством

Frunze (now Bishkek). Design Bureau (OKB IKI) — engineering organization with its own pilot production

Николай Сергеевич ЕРОХИН
Nikolai S. EROKHIN



Михаил Николаевич ПАВЛИНСКИЙ
Mikhail N. PAVLINSKYI



Олег Игоревич КОРАБЛЁВ
Oleg I. KORABLEV



Анатолий Алексеевич ПЕТРУКОВИЧ
Anatolyi A. PETRUKOVICH



Евгений Александрович ШАРКОВ
Evgeny A. SHARKOV



Евгений Аркадьевич ЛУПЯН
Evgeny A. LUPIAN



К числу научных подразделений относятся:

- **отдел космофизики**
руководитель — доктор физико-математических наук *Н. С. Ерохин*;
- **отдел астрофизики высоких энергий**
руководитель — доктор физико-математических наук *М. Н. Павлинский*;
- **отдел физики планет**
руководитель — доктор физико-математических наук *О. И. Корablёв*;
- **отдел физики космической плазмы**
руководитель — член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук *А. А. Петрукович*;
- **отдел исследования Земли из космоса**
руководитель — доктор физико-математических наук *Е. А. Шарков*;
- **отдел технологий спутникового мониторинга**
руководитель — доктор технических наук *Е. А. Лупян*;
- **отдел оптико-физических исследований**
руководитель — кандидат технических наук *Р. В. Бессонов*;
- **отдел космической динамики и математической обработки информации**
руководитель — доктор технических наук *Р. Р. Назиров*;
- **отдел ядерной планетологии**
руководитель — доктор физико-математических наук *И. Г. Митрофанов*;
- **отдел наблюдательной и теоретической астрономии и радиоинтерферометрии**
руководитель — доктор физико-математических наук *С. С. Моисеенко*.

К основным отделам относятся также комплексные подразделения, патентования и инновационной деятельности, обработки информации, наземных научных комплексов:

- **отдел проектирования и экспериментальной отработки бортовой и специализированной аппаратуры и комплексов**
руководитель — доктор технических наук *И. В. Чулков*;
- **отдел патентования и инновационной деятельности**
руководитель — *Г. С. Устинова*;
- **отдел телекоммуникационных сетей и высокопроизводительных вычислительных комплексов**
руководитель — *А. Б. Александров*;
- **отдел наземных научных комплексов**
руководитель — *В. Н. Назаров*.

Для взаимодействия фундаментальной науки и образования создан

- **Научно-образовательный центр (НОЦ ИКИ РАН)**
руководитель — кандидат физико-математических наук *А. М. Садовский*.

В 2014 году его структура была обновлена. В настоящее время он состоит из трёх отделов: научно-исследовательских проектов; учебный, частью которого стала аспирантура, и отдел популяризации космических исследований.

The scientific departments are:

- **Space Geophysics** (Prof. N. Erokhin);
- **High Energy Astrophysics** (Dr. M. Pavlinsky);
- **Planetary Physics** (Dr. O. Korablev);
- **Space Plasma Physics** (Dr. A. Petrukovich);
- **Earth Exploration from Space** (Prof. Dr. E. Sharkov);
- **Earth Remote Sensing Technologies** (Dr. E. Lupyan);
- **Optical-Physical Research** (Dr. R. Bessonov);
- **Space Dynamics and Mathematical Information Processing** (Dr. R. Nazirov);
- **Nuclear Planetology** (Prof. Dr. I. Mitrofanov);
- **Theoretical and Observational Astronomy and Radiointerferometry** (Dr. S. Moiseenko).

Following are 2 integrated departments, 2 information processing departments and Educational Outreach Center, which are also considered as main departments:

- **Onboard and Special Instruments R&D** (I. Chulkov);
- **Patenting and Innovation Management** (G. Ustinova);
- **Telecommunication Networks and High-Capacity Computer Clusters** (A. Alexandrov);
- **Ground Control and Operation Complexes** (V. Nazarov);
- **Educational Outreach Centre** (Dr. A. Sadovsky).

Educational Outreach Center was established to build a liaison between basic science and education and reorganized in 2014. It currently consists of 3 departments: Research and Development Projects; Education (including graduate school); Space Research Popularization.



Каждый год в День космонавтики — 12 апреля, и в День космической науки — 4 октября, ИКИ РАН проводит Дни открытых дверей для студентов и школьников и Конференции молодых учёных

Every year on April, 12 (Cosmonautics Day) and on October, 4 (Space Science Day) IKI hosts Doors Open Day for high-school students and undergrads, as well as conferences for young scientists

Остались в структуре ИКИ РАН, помимо административно-управленческих, технические и производственные подразделения, а также, на правах обособленного подразделения, Специальное конструкторское бюро космического приборостроения в городе Тарусе Калужской области и Представительство Института в Крыму в Центре дальней космической связи.

Technical and engineering departments remained within IKI in addition to administrative and management departments; Special Design Bureau for Space Instruments Engineering in Tarusa (Kaluga region) is a separate division (head V. Angarov). IKI also has an Office in Crimea at the Deep Space Communication Center (head — A. Scherbina).

Для пропаганды достижений космической науки и подготовки молодёжи к научной работе в ИКИ РАН создан НОЦ (Научно-образовательный центр) и музей-выставка, на которой представлены реальные приборы, макеты космических аппаратов и результаты исследований

To promote the achievements of space science and to inspire younger generation for scientific career, IKI has established EOC — Educational Outreach Centre and Exhibition, presenting real space instruments and spacecraft mock-ups, and the results of the real research



Роман Валерьевич БЕССОНОВ
Roman V. BESSONOV



Равиль Равильевич НАЗИРОВ
Ravil R. NAZIROV



Игорь Георгиевич МИТРОФАНОВ
Igor G. MITROFANOV



Сергей Григорьевич МОИСЕЕНКО
Sergey G. MOISEENKO

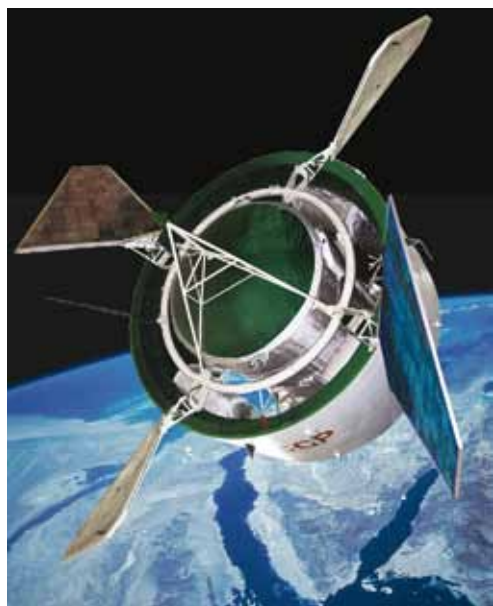


Илья Владиленович ЧУЛКОВ
Ilya V. CHULKOV



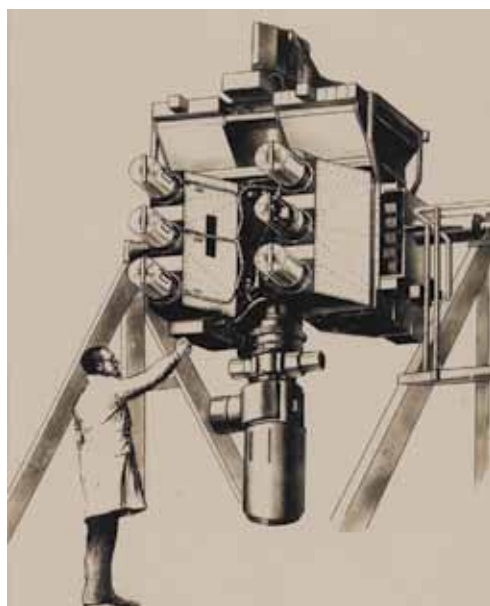
Андрей Михайлович САДОВСКИЙ
Andrey M. SADOVSKY

СПУТНИКИ
IKI SATELLITES



Тяжёлые научные спутники «Протон-1, -2, -3»

Proton 1, 2, and 3 — heavy scientific satellites



Комплекс научной аппаратуры, устанавливавшийся на спутниках «Протон-1, -2, -3»

Scientific payload aboard Proton 1, 2, and 3



Спутник «Протон-4» массой 17 тонн

Proton 4 satellite had a mass of 17 ton

16.07.1965 года. Космодром Байконур. Первый старт ракеты UR-500 («Протон»), которая вывела на околоземную орбиту советский спутник «Протон-1» для изучения космических лучей и взаимодействия с веществом сверхвысоких энергий. Космическая ракета-носитель «Протон» — «рабочая лошадка» космической науки — долгие годы обеспечивает запуски тяжёлых научно-исследовательских спутников и межпланетных станций

July 16, 1965. Baikonur cosmodrome. UR-500 (Proton) heavy launcher maiden flight, which brought to the orbit Soviet Proton 1 satellite dedicated to studies of cosmic rays and interaction with ultra high energy matter. Proton launcher became a workhorse for space science, for many years having been supplying the launches of heavy scientific satellites and interplanetary stations



Сотрудники Института непосредственно готовили и проводили научные исследования и эксперименты, получали и обрабатывали информацию с космических аппаратов, запускаемых как по национальной космической программе, начиная со спутника «Протон», так и в рамках международного сотрудничества. В последнее время особенно важным стало их активное участие в качестве соисполнителей в зарубежных космических проектах.

В одних проектах учёные и специалисты Института разрабатывали и испытывали бортовые комплексы научной аппаратуры, а затем проводили исследования с их помощью, в других — занимались получением и обработкой научной информации с космических аппаратов, её анализом и интерпретацией.

16 июля 1965 года была запущена самая тяжёлая на то время научная космическая станция «Протон» массой 12,2 тонн (масса научной аппаратуры — 3,5 тонн) для комплексного изучения космических лучей и взаимодействия с веществом частиц сверхвысоких энергий. Исследования были продолжены на станциях «Протон-2, -3, -4». На КА «Протон-4» массой около 17 тонн был установлен комплекс научной аппаратуры массой 12,5 тонны.

Полёты искусственного спутника (ИСЗ) «Протон» открыли новое направление в развитии экспериментальной и теоретической астрофизики, а также физики элементарных частиц. С помощью установленного на борту

The Institute specialists were involved in both national and international projects, preparing and performing space experiments, collecting and processing data from spacecraft, starting from the first *Proton* heavy satellite (1965). In recent years they were also very active in international projects as cooperators and co-investigators.

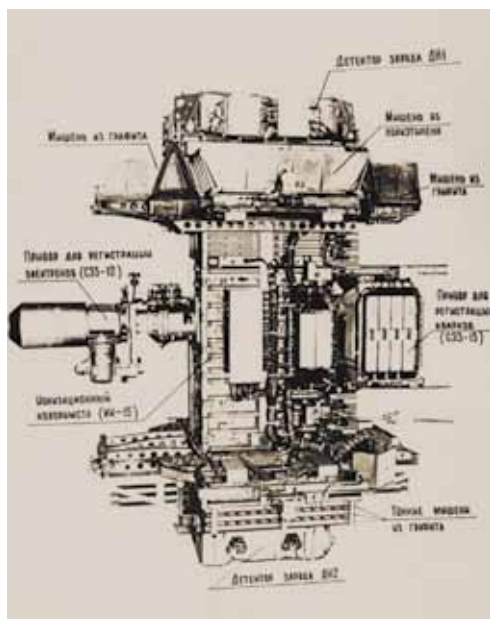
In some projects scientists and specialists of the Institute developed and tested onboard scientific equipment, and then did research with their help, in others they received and processed data from spacecraft, analyzed and interpreted it.

On July 16, 1965 the heaviest at that time scientific space station *Proton* was launched. Having mass of 12.2 tons (with 3.5 tons of scientific payload), it was aimed at in-depth study of cosmic rays and effects of ultrahigh-energy particles on matter. This research continued on *Proton 2, 3, 4*. *Proton 4* had a mass of 17 tons with scientific payload of 12.5 tons.



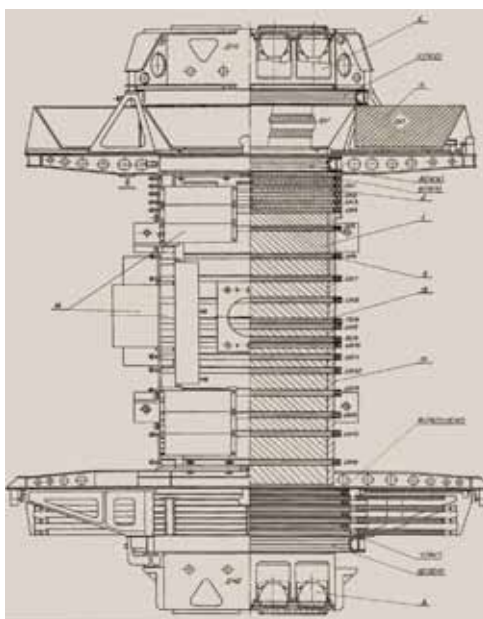
Сравнение размеров бортовой аппаратуры спутников «Протон-4» (слева) и «Протон-1, -2, -3» (справа)

Proton 1, 2, 3 (right) and Proton 4 (left) onboard equipment



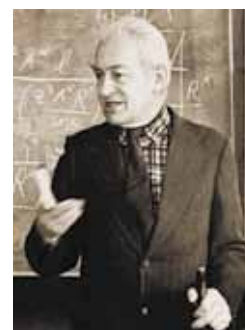
Комплекс научной аппаратуры спутника «Протон-4»

Scientific payload onboard Proton 4



Спектрометр энергий и зарядов ИК-15, предназначенный для регистрации ядер первичных космических лучей в диапазоне энергий $10^{10} \dots 10^{15}$ эВ

IK 15 — spectrometer for energies and charges, to register nuclei of energies $10^{10} \dots 10^{15}$ eV in primary cosmic rays



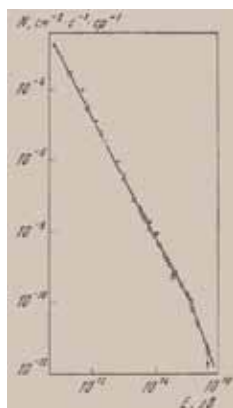
Григоров Наум Леонидович (1915–2005)
Naum L. Grigorov (1915–2005)

Н. Л. Григоров — выдающийся советский физик — идеолог проекта «Протон». Он разработал оригинальный метод определения степени неупругости взаимодействия протонов космических лучей с атомными ядрами атмосферы. Изобрёл новый метод измерения энергии высокоэнергичных адронов — ионизационный калориметр. Предложил метод измерения нижней границы эффективного сечения неупругого взаимодействия протонов космических лучей высокой энергии с ядрами атмосферы путём измерения потока адронов в нижней части атмосферы, идущих без сопровождения другими частицами

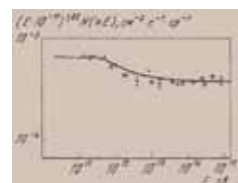
N. L. Grigorov — prominent Soviet physicist, who bore an idea of Proton series. He developed a genuine method to determine the range of interaction inelasticity between cosmic ray protons and atmospheric atom nuclei. He invented a new method to measure the energy of high energy hadrons, named ionization calorimeter. He proposed a method to determine the lower boundary of effective cross-section of inelastic interaction between cosmic rays protons and atmospheric nuclei by measuring hadron flux with no accompanying particles in the lower atmosphere

спутников ионизационного калориметра, гамма-телескопа и приборов для изучения космических лучей впервые в космосе исследовались солнечные космические лучи и их радиационная опасность, регистрировались энергетический спектр и химический состав космического излучения, изучалось ядерное взаимодействие частиц сверхвысоких энергий, фиксировалась абсолютная интенсивность и определялся энергетический спектр галактического гамма-излучения.

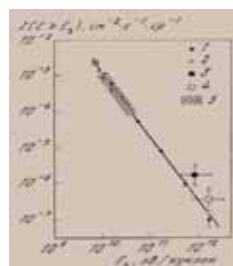
Flights of *Proton* spacecraft family marked a new trend in experimental and theoretical astrophysics as well as particle physics. For the first time space-born instruments examined solar radiation and its hazards, energy spectrum and chemical composition of cosmic rays, interactions of ultrahigh energy particles, absolute intensity and energy spectrum of galactic gamma rays.



Интегральный спектр всех частиц галактических космических лучей. Крестики — прибор СЗ-14, кружки — ИК-15
Integral spectrum of all galactic cosmic rays particles. Crosses — SEZ 14, circles — IK 15



Спектр всех частиц галактических космических лучей в координатах $E^{-1} N(E)$, E
Spectrum of all galactic cosmic rays particles in $E^{-1} N(E)$, E coordinates

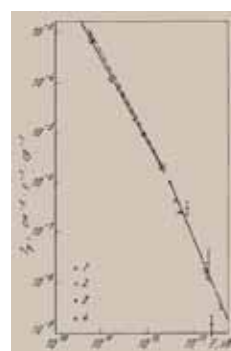


Интегральный спектр α -частиц в галактических лучах по данным разных авторов. 1 — «Протон-3»

Integral spectrum of galactic cosmic ray alpha particles, according to various authors. 1 — Proton 3

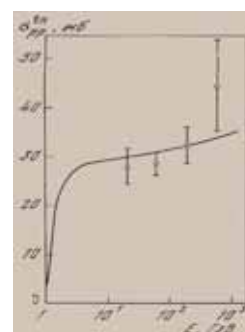
Интегральный спектр вторичных электронов вблизи геомагнитного экватора. 2 — «Протон-3», 4 — «Протон-4»

Integral spectrum of secondary electrons near geomagnetic equator. 2 — Proton 3, 4 — Proton 4



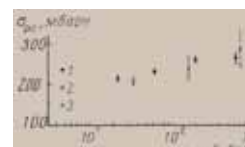
Интегральный спектр протонов космических лучей. 1–3 — «Протон-2, -3» без детектора направления; 4 — «Протон-3» с детектором направления

Integral spectrum of cosmic ray protons. 1–3 — Proton 2 and 3, without orientation detector; 4 — Proton 4 with orientation detector



Эффективное сечение неупругого р-р-взаимодействия. Точки — «Протон-1, -2, -3»; кривая — данные, полученные позднее на ускорителях

Effective cross-section of inelastic p-p interaction. Dots — Proton 1, 2, and 3; curve — later data obtained at accelerators

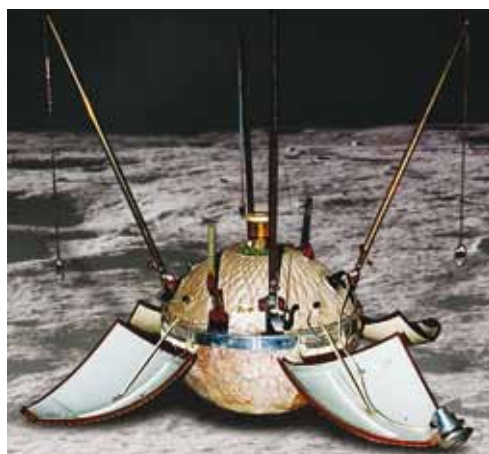


Внизу: эффективные сечения неупругого взаимодействия протонов с ядрами углерода. 1 — «Протон-1, -2, -3» без детектора направления; 2 — «Протон-3» с детектором; 3 — «Протон-4»

Effective cross-section of inelastic interaction between protons and carbon nuclei. 1 — Proton 1, 2, and 3 without orientation detector; 2 — Proton 3 with orientation detector; 4 — Proton 4

3 февраля 1966 года автоматическая лунная станция «Луна-9» впервые в мире совершила мягкую посадку на поверхности Луны на западном крае Океана Бурь, западнее кратеров Рейнер и Марий. На Землю была передана первая в мире круговая фотопанорама лунной поверхности в районе посадки станции. Проведён ряд научных исследований и измерений непосредственно на поверхности Луны

On February 3, 1966, Luna 9 automatic lunar station became the first spacecraft to achieve a soft landing on the Moon's surface, on western border of Oceanus Procellarum (Ocean of Storms), to the west of Reiner and Marius craters. It was also the first to transmit photographic panorama of the lunar surface near the landing site to Earth. Several scientific experiments were run in situ



Посадочный аппарат автоматической межпланетной станции «Луна-9», совершивший впервые в истории мягкую посадку на поверхность Луны

Luna 9 lander — the first to achieve a soft landing on the surface of the Moon



«Луна-9» в цехе завода им. С. А. Лавочкина и схема полёта станции
Luna 9 at the Lavochkin Association plant and its flight scheme



Панорама лунной поверхности, составленная из изображений, переданных на Землю АМС «Луна-9»

Lunar surface panorama, made from images, transmitted to the Earth by Luna 9

АМС «Луна-9» в перелётной конфигурации

Flight configuration of Luna 9 automatic lunar station



31 января 1966 года запущена автоматическая станция «Луна-9». 3 февраля 1966 года спускаемый аппарат станции впервые в мире совершил мягкую посадку на поверхность Луны и передал из района Океана Бурь панораму окружающего ландшафта. Длительность активного существования спускаемого аппарата на поверхности Луны составила 46 часов 30 минут 30 секунд.

Напомним, что ни одна из ранее предпринимавшихся попыток как отечественных, так и американских исследователей доставить на лунную поверхность научную аппаратуру в работоспособном состоянии не увенчалась успехом — с 1959 по 1965 год было совершено пять жёстких «посадок» на Луну американских «Рейнджеров» и четырёх советских «Лун».

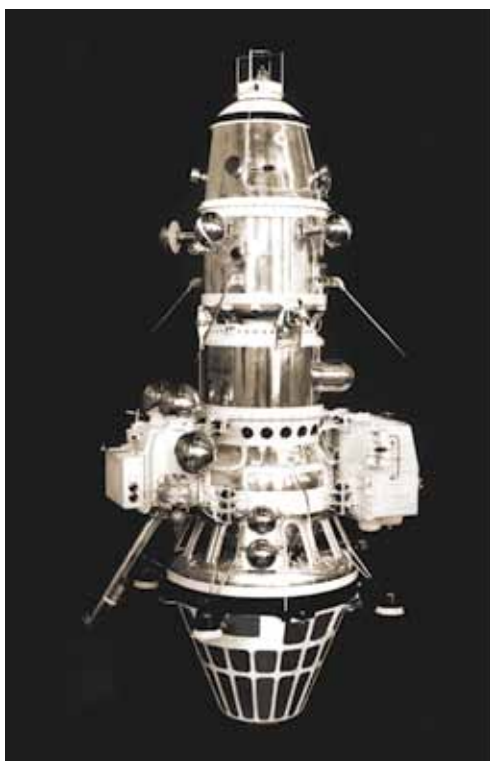
Выполненная при различных высотах Солнца над горизонтом съёмка дала возможность изучить микрорельеф лунного грунта, определить размеры и форму впадин и камней. Успешная посадка спускаемого аппарата «Луна-9» и изображения лунной поверхности, переданные на Землю, имели большое значение для дальнейших полётов к Луне, включая планируемую высадку на неё человека.

3 марта 1966 года запущена автоматическая станция «Луна-10». 3 апреля она стала первым искусственным спутником Луны (ИСЛ). В течение 56 суток измерялись гамма-излучение поверхности, магнитное и гравитационное поля. Получены косвенные данные о химическом составе

On January 31, 1966 Luna-9 unmanned station was launched. On February 3, 1966 for the first time ever its lander descended to the Moon and sent back panorama near Oceanus Procellarum. The lander's active lifetime on Moon surface totaled 46 hours, 30 minutes and 30 seconds. (It is worth to note that none of the previous USSR's or United States' endeavours to deliver operational scientific equipment to the surface of the Moon had been successful, with five US *Ranger*-family and four USSR's *Luna*-family landers crashing from 1959 to 1965).

Luna-9 sent back images of lunar surface at different sun's position above the horizon, which made it possible to study small features of the relief, sizes of rocks, and depressions. Successful Luna-9 landing and the images it retrieved were of high importance for further lunar flights including manned Moon exploration, which was then underway.

On March 3, 1966 Luna-10 unmanned spacecraft was launched. On April 3, it became the first artificial satellite of the Moon. Surface gamma emissions, magnetic and gravitation fields were being studied for 56 days. Chemical composition and radioactivity of rock were measured, albeit indirectly. 3 more orbiters followed the spacecraft: Luna-11, -12 and -14 (1966–1968). Each was unique, bearing its own features, sporting new designs and new instruments.



Аппарат «Луна-10» и выведенный ею на окололунную орбиту первый искусственный спутник Луны

Luna 10 and the first artificial satellite of the Moon it inserted into the orbit

3 апреля 1966 года впервые в мире автоматический аппарат «Луна-10» вывел на окололунную орбиту искусственный спутник Луны. Станция выполнила ряд научно-технических исследований и измерений. Общее время активного существования спутника Луны на селеноцентрической орбите составило 56 суток 6 часов 50 минут. Проведено 219 сеансов связи

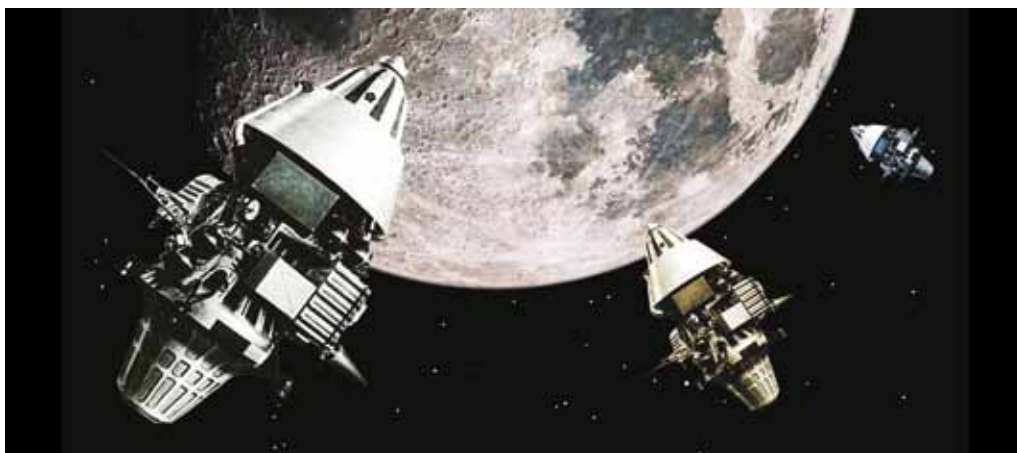
On April 3, 1966 Luna 10 automatic station put into the circumlunar orbit the first artificial satellite of the Moon. Several scientific and technological experiments were performed. Active lifetime of the spacecraft on the circumlunar orbit was 56 days 6 hours and 50 minutes with 219 communication sessions



и радиоактивности пород Луны. В дальнейшем были запущены ещё три ИСЛ: «Луна-11, -12, -14» (1966–1968). Ни одна из станций не повторяла предыдущую: в каждой была своя изюминка, реализованы новые конструкторские решения, использована дополнительная научная аппаратура.

Установленная на «Луне-12» фототелевизионная система передала крупномасштабные изображения участков лунной поверхности. Систематические длительные наблюдения за изменением параметров орбит ИСЛ позволили уточнить соотношение масс Земли и её естественного спутника и данные о гравитационном поле Луны, её форме. Изучались также космические лучи и потоки идущих от Солнца заряженных частиц.

Phototelevision system onboard *Luna-12* orbiter sent large-scale images of lunar surface. Regular and long observations of spacecraft orbital parameters resulted in more precise calculations of Earth-to-Moon mass ratio as well as Moon's shape and gravitational field. Cosmic rays and charged particles from the Sun were also being studied.



Мстислав Всеволодович Келдыш рассматривает снимки поверхности Луны, переданные посадочным аппаратом станции «Луна-9»

Mstislav V. Keldysh examines the images of the lunar surfaces, transmitted by the Luna 9 lander

Однотипные лунные орбитальные исследователи — «Луна-11, 12 и 14»

Luna-11, 12, and 14 orbital probes of one and the same series

18 октября 1967 года впервые в мире осуществлён спуск посадочного аппарата АМС «Венера-4» в атмосфере Венеры с передачей на Землю данных о температуре, давлении и химическом составе атмосферы планеты

On October 18, 1967, Venera-4 automatic spacecraft was the first to descend into the atmosphere of Venus and transmitted to the Earth data on the temperature, pressure, and chemical composition of the Venusian atmosphere



Схема точности наведения АМС «Венера-4»

Pointing accuracy scheme of Venera-4 automatic interplanetary station

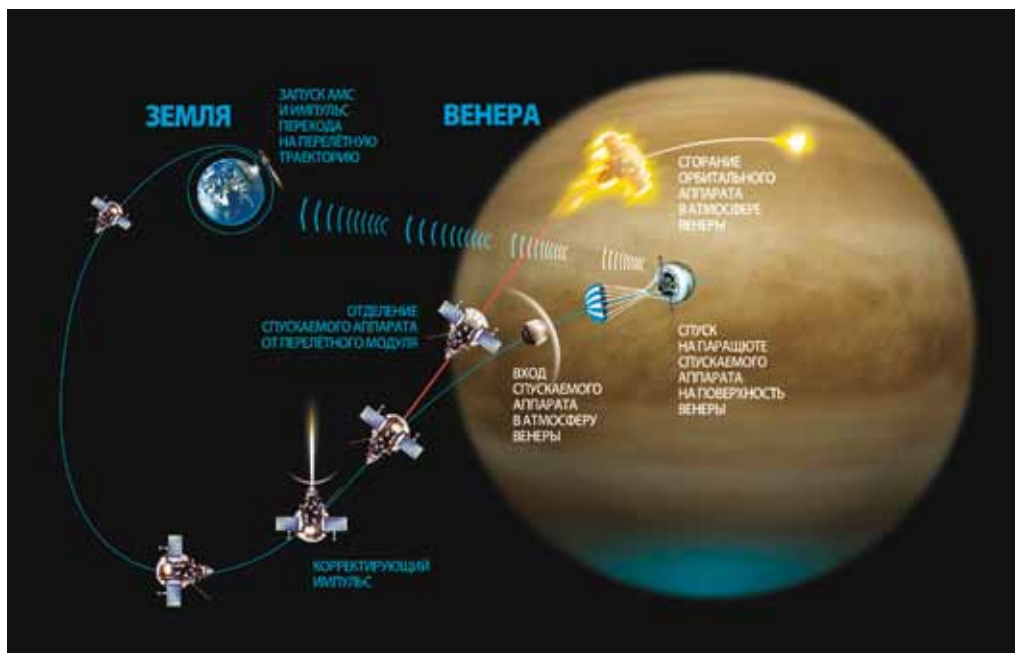
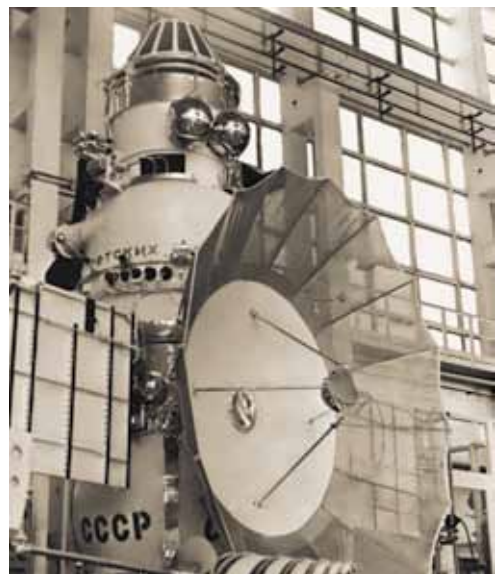


Схема полёта станции «Венера-4»
Venera-4 flight scheme



«Венера-4» в цехе завода им. С. А. Лавочкина

Left. Venera-4 at the Lavochkin Association plant



Посадочный аппарат АМС «Венера-4»

Lander of Venera 4 automatic interplanetary station

12 июня 1967 года запущена АМС «Венера-4» — первый космический аппарат, выполнивший прямые измерения в атмосфере другой планеты. Сложность реализации проекта заключалась в том, что к этому времени не было достоверной информации об условиях в атмосфере и на поверхности планеты, прежде всего, о температуре и давлении. Спускаемый аппарат изготовили в расчёте на давление в 10 атмосфер. В итоге станция прекратила работу на высоте 25 километров от поверхности, не выдержав реального давления в 18 атмосфер. Вместе с тем, удалось выполнить прямые измерения характеристик атмосферы в течение первых полутора часов спуска: температуры, давления, скорости ветра, содержания CO_2 , N_2 и H_2O на высотах 25...55 километров от поверхности планеты. Выяснилось, что атмосфера состоит на 90...95 % из CO_2 , азот не найден. В момент разрушения спускаемого аппарата была зафиксирована температура атмосферы 535 K.

На пролётном аппарате измерялись параметры космической плазмы и ультрафиолетовой радиации. Была открыта протяжённая водородная корона Венеры. В последующих запусках АМС «Венера-5 и -6» (1969) выполнялись аналогичные измерения с помощью приборов пролётных и спускаемых аппаратов, которые были рассчитаны на давление 25 атмосфер. При возрастании в ходе спуска давления до 27 атмосфер и температуры до 320 °C приём сигналов со станций прекратился.

On June 12, 1967 Venera 4 was launched — the first spacecraft to take measurements in the atmosphere of another planet. The project's difficulty was that by that time no reliable information about the atmosphere and the surface of the planet (mainly, their temperature and pressure) was available. The lander was made with assumption of 10 bar pressure. Hence the station stopped working at a height of 25 km above the surface, unable to bear the real pressure of 18 bar. However, the first hour and a half of descent brought back some results on temperature, pressure, wind speed, CO_2 , N_2 and H_2O concentrations on the heights of 25...55 km from the surface. Research yielded that the atmosphere consisted by 90...95 % of CO_2 , no nitrogen was found. Temperature recorded at the time of the lander's destruction was 535 K.

The flyby spacecraft measured space plasma properties and ultraviolet radiation. Venus's vast hydrogen corona was discovered. During subsequent missions of Venera-5 and 6 (1969) similar measurements were carried out with instruments located on flyby modules and landers designed for pressures of 25 bars. As the pressure reached 27 bar and temperature grew to 320 degrees Celsius, stations stopped sending data.



Датчики приборов на внешней поверхности верхнего научного модуля АМС «Марс-69»

Instrument detectors on the outer side of scientific module, Mars 69 automatic interplanetary station

Состав научной аппаратуры орбитального аппарата:

Основной научной задачей станции «Марс-69» было фотографирование поверхности Марса при помощи трёх фототелевизионных установок, которые обеспечивали максимальное разрешение на снимках местности 200...500 метров. Применение трёх светофильтров давало возможность получить снимки в различных диапазонах спектра. Объективы с фокусным расстоянием в 50 и 350 миллиметров захватывали площадь размером 1500×1500 и 100×100 километров соответственно.

На АМС «Марс-69» также была установлена научная аппаратура для проведения широкого комплекса исследований планеты и околопланетного пространства. Радиометр радиочастотный РА69 предназначался для определения температуры поверхности Марса. Измеритель влажности ИВ1 определял содержание водяного пара в атмосфере планеты. Ультрафиолетовый спектрометр УСЗ служил для регистрации спектров отражённого от планеты излучения. Инфракрасный фурье-спектрометр УТВ1 регистрировал излучение атмосферы и подстилающей поверхности планеты. Датчики прибора-регистратора космического излучения КМ69 предназначались для исследования состава и спектра солнечных космических лучей, электронов и протонов. Гамма-спектрометр ГСЗ предназначался для измерения амплитудных гамма-спектров. Масс-спектрометр водорода и гелия УМР2М служил для анализа ионного нейтрального состава атмосферы планеты. Энергоспектрометр заряженных частиц ПЛ18М планировалось использовать для измерения потоков солнечной плазмы. Спектрометр ионов малых энергий РИП-803 предназначался для раздельных измерений плотности потока протонов и альфа-частиц.



АМС «Марс-69» в НПО им. С. А. Лавочкина

AIS Mars 69 at the Lavochkin Association plant

Scientific payload of the orbiter:

Mars 69 main scientific goal was to make images of the Martian surface with three photo and TV cameras with maximal resolution of 200...500 m on the surface. Three light filters were used to obtain images in different spectral bands. Lenses with focal lengths of 50 and 350 mm made images of 1500×1500 and 100×100 km area respectively.

Besides, Mars 69 scientific instruments studied Mars and near-Mars space. RA68 radiofrequency radiometer was used to determine the temperature of Martian surface. IV1 moisture meter determined the content of water vapour in the atmosphere of the planet. USZ ultraviolet spectrometer registered the spectra of radiation reflected from the planetary surface. UTV1 infrared Fourier spectrometer studied the radiation of the atmosphere and planetary bedrock. KM69 was an instrument to register cosmic radiation and to study the composition and spectra of solar cosmic rays, electrons, and protons. GSZ gamma spectrometer measured amplitude gamma spectra. UMR2M hydrogen and helium mass spectrometer analysed ion neutral composition of the atmosphere. PL19M Energy and mass spectrometer measured the fluxes of solar plasma, RIP-803 spectrometer for low-energy ions was used to measure separately flux density of protons and alpha particles

МАРС-69. Проект комплексного исследования Марса состоял из двух тяжёлых АМС, которые предназначались для исследования планеты с орбиты искусственного спутника, и были первыми в СССР и мире многотонными межпланетными станциями, а также первыми космическими аппаратами, созданными совместно НПО им. С.А. Лавочкина и ИКИ АН СССР. Оснащены большим комплексом научной аппаратуры, разработанной в ИКИ и других институтах. Обе станции проекта МАРС-69 погибли из-за аварии ракеты-носителя «Протон»

Mars 69 mission was dedicated to comprehensive study of Mars and consisted of two heavy automatic interplanetary stations, which would study the planet from the orbit. They were the first interplanetary stations in the USSR as well as in the world to have a mass of several tons. Another point was that they were the first spacecraft built jointly by Lavochkin Association and IKI. They bore large scientific payload, whose instruments were developed in IKI and other institutes. Both stations of Mars 69 mission perished in Proton launcher failure

Некоторые приборы аппарата «Марс-69»

Some instruments of Mars 69 spacecraft



Энерго-масс-спектрометр РИП-803А
RIP-803A energy and mass spectrometer



Энерго-масс-спектрометр РИП-803А с установленными кожухами
RIP-803A energy and mass spectrometer with housing



Энерго-масс-спектрометр РИП-804АР
RIP-804AR energy and mass spectrometer



Спектрометр частиц
Particle spectrometer



Масс-спектрометр УМР2М на сборке аппарата
UMR2M mass spectrometer during spacecraft assembly



Масс-спектрометр УМР2М со снятыми защитными крышками перед полётом
UMR2M hydrogen and helium mass spectrometer. Protective coverages are taken off before the flight

Запуском в СССР спутника «Космос-261» началось сотрудничество социалистических стран в исследовании космического пространства и положено начало программе ИНТЕРКОСМОС, по которой запущено 23 спутника на эллиптические орбиты и 11 ракет «Вертикаль» на высоты от 500 до 1500 км

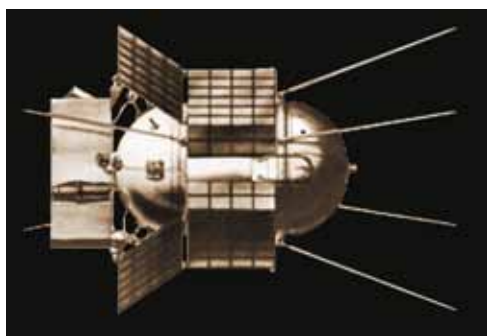
Cosmos 261 launch opened a collaboration of socialist countries in space studies and started the Intercosmos program. Under the aegis of this program, 23 satellites were put into elliptical orbits and 11 Vertikal rockets were launched to the heights 500...1500 km



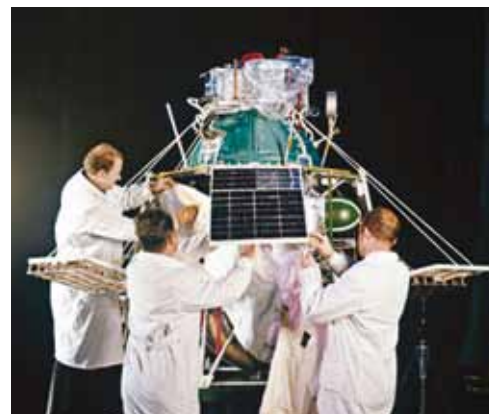
Эмблема программы ИНТЕРКОСМОС
Intercosmos program's insignia



Одна из ракет «Вертикаль»
One of the Vertikal geophysical rockets



«Космос-261» (ДС-У2-ГК) *Cosmos 261 (DS-U2-GK)*



Первый спутник программы ИНТЕРКОСМОС — «Интеркосмос-1»

Intercosmos 1 — the first satellite of the Intercosmos program

Головные части ракет «Вертикаль» с научной аппаратурой для космических исследований

Vertikal upper stage with scientific payload for space studies

19 декабря 1968 года был запущен спутник «Космос-261» для комплексных исследований верхних слоёв атмосферы Земли и природы полярных сияний, положивших начало программе сотрудничества социалистических стран.

14 октября 1969 года, в соответствии с межправительственными и межведомственными соглашениями о сотрудничестве в исследовании космического пространства в мирных целях стартовал ИСЗ «Интеркосмос-1». В рамках программы запущено 23 спутника и 11 высотных ракет «Вертикаль».

По назначению и направленности исследований спутники серии «Интеркосмос» можно условно разделить на следующие виды:

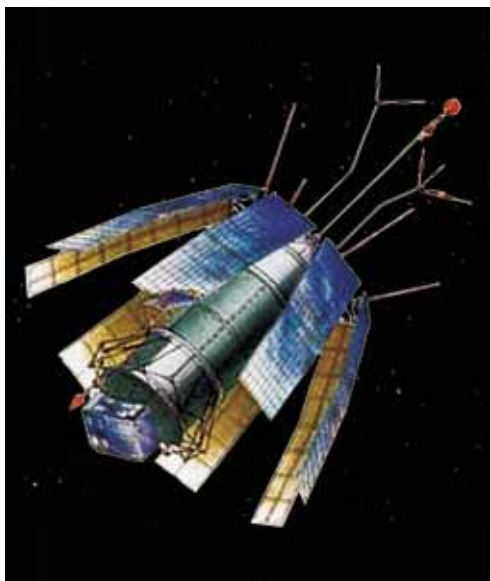
- солнечные — «Интеркосмос-1, -4, -7, -11, -16, — Коперник-500», для исследований ультрафиолетового и рентгеновского излучений Солнца, спорадического солнечного радиоизлучения;
- ионосферные — «Интеркосмос-2, -8, -12, -19, — Болгария-1300»;
- магнитосферные — «Интеркосмос-3, -5, -6, -10, -13, -14, -17, -18» — для изучения процессов, происходящих в верхней атмосфере Земли, низкочастотных электромагнитных излучений, динамики радиационного пояса Земли, космических лучей сверхвысоких энергий, а также электромагнитной связи магнитосферы с ионосферой (спутник «Интеркосмос-6» имел возвращаемый на Землю отсек с научной аппаратурой);

On December 19, 1968 *Cosmos 261* spacecraft was launched for comprehensive study of the upper Earth atmosphere and the nature of auroras. It ushered in the program of cooperation between socialist countries, which later was named *Intercosmos*.

On October 14, 1969 *Intercosmos-1* satellite was launched following intergovernmental and interdepartmental agreements on cooperation in the exploration of outer space for civil purposes. A total of 23 spacecraft, along with 11 high-altitude *Vertikal* rockets were launched within the program.

Intercosmos satellites may be divided into the following types by their scientific purposes:

- solar: *Intercosmos-1, 4, 7, 11, 16, Copernicus 500* to monitor ultraviolet and X-ray radiation from the Sun as well as sporadic solar radio emission;
- ionospheric: *Intercosmos-2, 8, 12, 19, Bulgaria 1300*;
- magnetospheric: *Intercosmos-3, 5, 6, 10, 13, 14, 17, 18* to study the Earth's upper atmosphere, low-frequency electromagnetic radiation, dynamics of the Earth's radiation belts, cosmic rays of ultrahigh energies, as well as the magnetosphere-ionosphere electromagnetic interaction (*Intercosmos-6* had a reentry module with scientific instruments);



«Интеркосмос-15» — аппарат нового типа на платформе АУОС: раскрытый в полёте; подготовленный к накатке головного обтекателя перед запуском

Intercosmos 15, the spacecraft of new series on the base of AUOS platform: deployed in the flight; before the encapsulation



Спутники «Космос» различного назначения на платформах ДС-У1 и ДС-У2

Cosmos satellites for various purposes built on the platform DS-U1 and DS-U2



- «Интеркосмос-20, -21» — для исследования Земли (суши, Мирового океана и атмосферы).

Искусственные спутники Земли «Интеркосмос» были созданы на базе унифицированного КА серии «Космос» и отличались друг от друга системами ориентации, источниками питания и радиотелеметрическими системами.

Космический аппарат состоял из герметичного цилиндрического корпуса, выполненного из алюминиевого сплава, и двух полусферических днищ. Научная аппаратура размещалась в верхней полусфере, в цилиндрическом отсеке — служебная аппаратура, в нижней полусфере располагались системы энергопитания.

На поверхности цилиндрической части крепились панели солнечных батарей, блоки солнечных датчиков, исполнительные органы системы ориентации и антенно-фидерные устройства. Датчики научной аппаратуры располагались на верхней полусфере спутника или снаружи цилиндрической части корпуса на специальных штангах. Масса спутников «Интеркосмос» составляла от 200 до 1300 килограммов.

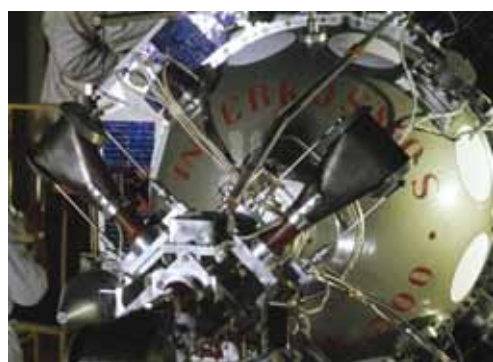
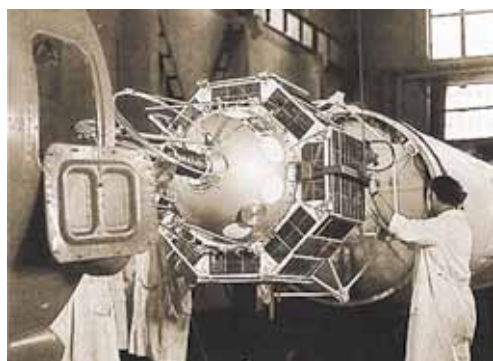
Искусственный спутник «Интеркосмос-15» (запущен 19.06.1976 года) представлял собой космический аппарат нового типа и был предназначен для осуществления более широкой программы научных исследований. Последующие спутники этой серии (за исключением «Интеркосмоса-16») создавались на базе уже этого космического аппарата.

- *Intercosmos-20, -21* for Earth's studies (land, oceans, and atmosphere).

Intercosmos family spacecraft were based on *Cosmos* standard spacecraft equipped with different orientation control systems, power units, and radio telemetry systems. Each spacecraft consisted of pressurized cylindrical aluminum-alloy body and two hemispherical ends. Scientific payload was housed in the upper hemisphere, the cylindrical compartment accommodated service equipment, power supply system was located in the lower hemisphere.

Solar arrays and solar sensors, orientation control system effectors as well as antennas and feeders were mounted on the outer side of the cylindrical compartment. Scientific sensors were mounted to the upper hemisphere of the satellite or to the bars on the outside of the cylindrical part. *Intercosmos* family satellite mass ranged from 200 to 1300 kg.

Intercosmos-15 (launched on June 19, 1976) was a new type of spacecraft designed for a broader research program. Subsequent satellites in the series (except for *Intercosmos-16*) all shared this design.



Сверху вниз: установка спутника «Интеркосмос-5» на ракету-носитель; научная аппаратура спутника «Интеркосмос-9 – Коперник-500»; спутник «Интеркосмос-20» на платформе АУОС пристыкован к ракете-носителю

Top to bottom. Interkosmos 5 mounting on the launcher; Interkosmos 9, aka Copernicus 500 scientific payload; Interkosmos 20 (AUOS platform) mounted on the launcher



«Интеркосмос-22 – Болгария-1300» на платформе «Метеор» и установленный на нём угловой отражатель для лазерной локации

Interkosmos 22, aka Bulgaria-1300 on the Meteor platform, and the corner reflector for laser location

Во время полёта аппарата «Интеркосмос-15» были испытаны его новые системы и агрегаты, в том числе созданная специалистами ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР единая телеметрическая система (ЕТМС), позволяющая принимать научную информацию с борта спутника на наземных пунктах, расположенных на территориях стран, участвующих в совместных экспериментах. Система ЕТМС устанавливалась также на КА «Интеркосмос-18 и -19».

От спутника «Интеркосмос-18» был отделён чехословацкий малый научный спутник «Магион». Цель совместного автономного полёта этих аппаратов — исследование пространственной структуры низкочастотных электромагнитных полей в околоземном космическом пространстве. Одновременно со спутниковыми экспериментами осуществлялись согласованные измерения на ионосферных и солнечных обсерваториях стран-участниц сотрудничества.

На искусственных спутниках Земли «Интеркосмос-20, -21» проводились испытания созданной специалистами ВНР, ГДР, СРР, СССР и ЧССР экспериментальной телеметрической системы, предназначенной для сбора информации с наземных и морских измерительных пунктов (бுவ) и передачи её потребителям.

Эксперименты, проведённые на спутниках серии «Интеркосмос», дали важные научные результаты в области физики Солнца, верхней атмосферы, ионосферы и магнитосферы Земли. Они позволили изучить внутреннюю

During *Interkosmos 15* flight some new systems and components were tested including the telemetry system created by engineers from Hungary, the German Democratic Republic (East Germany), Poland, the USSR, and Czechoslovakia, which downlinked scientific data to the ground stations located in the countries participating in joint experiments. *Interkosmos-18* and *19* satellites were also equipped with this telemetry system (ETMS for short).

Interkosmos 18 carried a small separate Czechoslovak scientific satellite *Magion*. The two orbiters were launched to study the spatial structure of low-frequency electromagnetic fields in the near-Earth space. Together with the satellite experiments concurrent measurements were carried out at ionospheric and solar observatories of the partner countries.

The experimental telemetry system for land and sea measurement stations (buoys) designed by specialists from Hungary, East Germany, Romania, the USSR, and Czechoslovakia was tested on *Interkosmos 20, 21*.

Experiments performed on *Interkosmos* family satellites gave important scientific results regarding solar physics, as well as upper atmosphere, ionosphere, and magnetosphere of the Earth. Moreover, they contributed to our understanding of shock front's internal structure and physical processes responsible for its formation, heating and acceleration of particles. Physics of collisionless shocks is very significant with regard to the physics of space and astrophysical plasma.



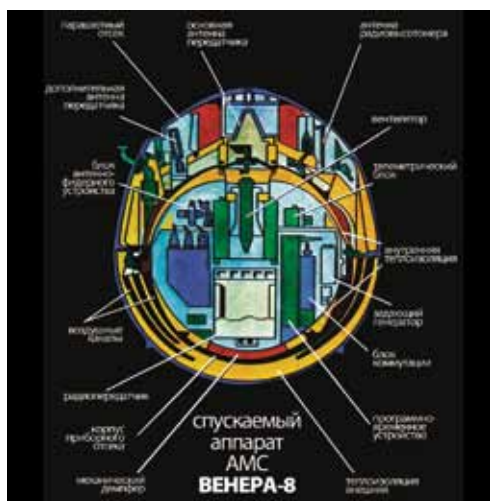


Схема устройства посадочного аппарата станций «Венера-7 и -8»
Venera-7 and -8 lander's diagram

Посадочный аппарат станций «Венера-7 и -8» на поверхности Венеры
Venera-7 and -8 landers on the surface of Venus



структуру фронта ударной волны и идентифицировать физические процессы, ответственные за формирование этой структуры, разогрев и ускорение частиц. Решение проблемы физики бесстолкновительных ударных волн имеет большое значение в физике космической и астрофизической плазмы.

17 августа 1970 года стартовала АМС «Венера-7». Спускаемый аппарат станции был рассчитан уже на давление 150 атмосфер и температуру 500 °C. 15 декабря 1970 года он опустился на Венеру и в течение 27 мин передавал информацию с поверхности другой планеты. По данным бортовых приборов состав атмосферы — в основном углекислый газ, температура на поверхности 475 °C, давление 96 атмосфер.

Исследования Венеры были продолжены на спускаемых аппаратах АМС «Венера-8...-14». Станции «Венера-15 и -16» исследовали планету с орбиты искусственных спутников Венеры.

КА «Венера-8» стартовала 27 марта 1972 года. Впервые спускаемый аппарат станции произвёл посадку на дневную сторону планеты. Важной вехой в венерианской программе исследований стала работа межпланетных станций «Венера-9 и -10» (1975), спускаемые аппараты которых впервые передали на Землю телевизионные изображения участков поверхности в месте посадки. Спускаемые аппараты станций «Венера-11 и -14» (1978–1982) выполнили тонкий химический анализ атмосферы и грунта планеты.

On August 17, 1970 *Venera-7* interplanetary station was launched. Its entry and landing probe was designed to withstand pressure of 150 bar and temperature of 500 °C. On December 15, 1970 it landed on the surface of Venus and sent back 27 minutes of data. The onboard instruments detected that the atmosphere mainly consisted of carbon dioxide, surface temperature was 475 °C, and pressure 96 bars.

Research continued with *Venera-8* to *Venera-14* landers. *Venera-15* and -16 explored the planet from the orbit.

Venera-8 was launched on March 27, 1972. For the first time its lander descended on the dayside of the planet. An important milestone in the Venusian research program were *Venera-9* and *Venera-10* missions (1975), whose landers were the first to send back to the Earth television imagery of the surface at the landing site. Landers of *Venera-11* to -14 (1978–1982) made precise chemical analysis of the atmosphere and soil of the planet.

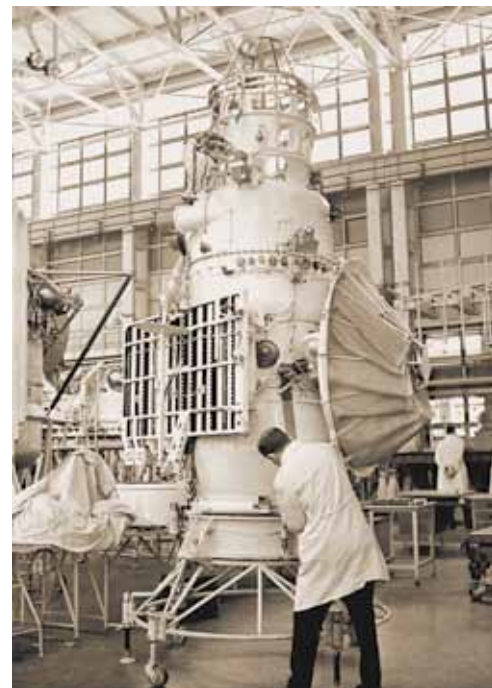
15 декабря 1970 года впервые в мире космический аппарат достиг иной планеты Солнечной системы и передавал информацию с её поверхности. Измерения показали, что температура у поверхности планеты близка к +475 °C, а давление почти в 100 раз выше земного

On December 15, 1970 the first spacecraft reached another planet in the Solar system and transmitted back data from its surface. The measurements revealed that the temperature at the planet's surface was close to +475 °Celsius and the pressure was almost 100 times higher than that of the Earth's atmosphere



Однотипные аппараты «Венера-7 и -8» на подлёте к Венере и в сборочном цехе НПО им. С.А. Лавочкина

Venera-7 and -8 twin spacecraft approaching Venus and at the Lavochkin Association plant

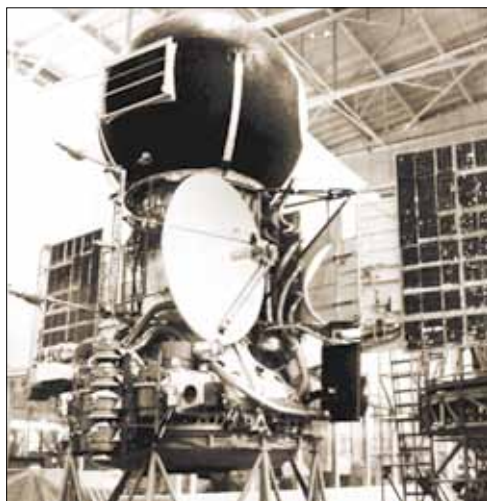


«...22 октября 1975 года межпланетная станция „Венера-9“ преодолела за 136 суток полёта расстояние более 300 миллионов километров, выведена на орбиту вокруг Венеры и стала первым в истории искусственным спутником Венеры. Спускаемый аппарат станции совершил мягкую посадку на поверхность Венеры. Впервые в условиях атмосферы планеты Венера при давлении, в 90 раз большем, чем на Земле, и температуре 485 градусов по Цельсию получено уникальное изображение поверхности Венеры на месте посадки...»

Из сообщения ТАСС

“...October 22, 1975. Venera-9 interplanetary station was put into the orbit around Venus, having travelled more than 300 million kilometers in 136 days. It became the first artificial satellite of Venus. The lander of the station performed soft landing to the planet's surface. For the first time ever unique image of the Venusian surface at the landing site was obtained in the Venusian environment, with the atmospheric pressure 90 times higher than that on the Earth, and the temperature 485 degrees Celsius...”

by TASS report



«Венера-9» в сборочном цехе НПО им. С. А. Лавочкина

Venera-9 at the Lavochkin Association plant

Панорамы, переданные спускаемыми аппаратами АМС «Венера-9 и -10»

Panoramas delivered by Venera-9 and Venera 10 landers

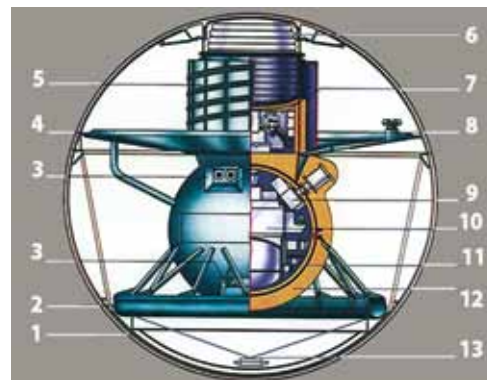


Схема устройства спускаемых аппаратов АМС «Венера-9, -10, -11, -12, -13, -14»

Diagram of Venera-9, 10, 11, 12, 13, 14 landers

- | | |
|---|---|
| 1 — теплозащитный корпус; | 1 — thermal shielding body; |
| 2 — посадочное устройство; | 2 — landing gear; |
| 3 — научная аппаратура; | 3 — scientific payload; |
| 4 — аэродинамическое тормозное устройство; | 4 — aerobraking gear; |
| 5 — антенна; | 5 — antenna; |
| 6 — отсек парашютной системы; | 6 — parachute system compartment; |
| 7 — отсек научной аппаратуры, работающей в облачном слое; | 7 — compartment for payload working in the cloud layer; |
| 8 — научная аппаратура; | 8 — scientific payload; |
| 9 — телефотометр; | 9 — telephotometer; |
| 10 — служебная аппаратура; | 10 — service payload; |
| 11 — прочный корпус; | 11 — strong casing; |
| 12 — теплоизоляция; | 12 — thermal insulation; |
| 13 — демпфер | 13 — damper |

Схема посадки спускаемых аппаратов АМС «Венера-9, -10, -11, -12, -13, -14» на поверхность Венеры

Scheme of Venera-9, 10, 11, 12, 13, 14 landing to the Venusian surface

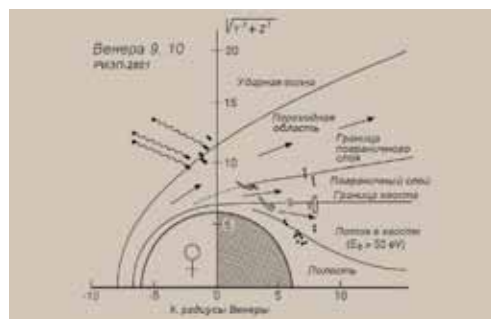


Посадочный аппарат станции «Венера-9» в монтажно-испытательном цехе НПО им. С. А. Лавочкина

Venera-9 lander at the Lavochkin Association integration and test plant

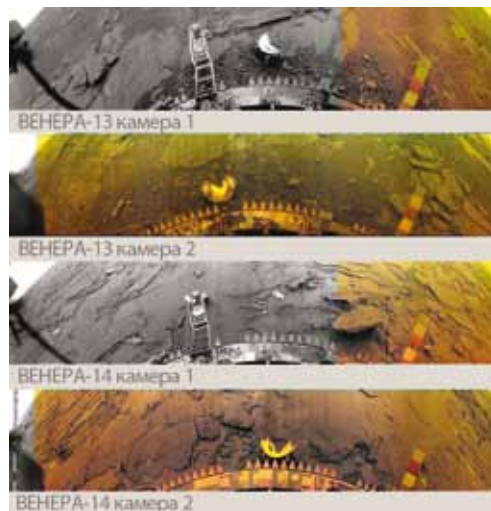
Панорамы, переданные посадочными аппаратами АМС «Венера-13 и -14». Эти уникальные высококачественные изображения по-прежнему актуальны и исследуются учёными

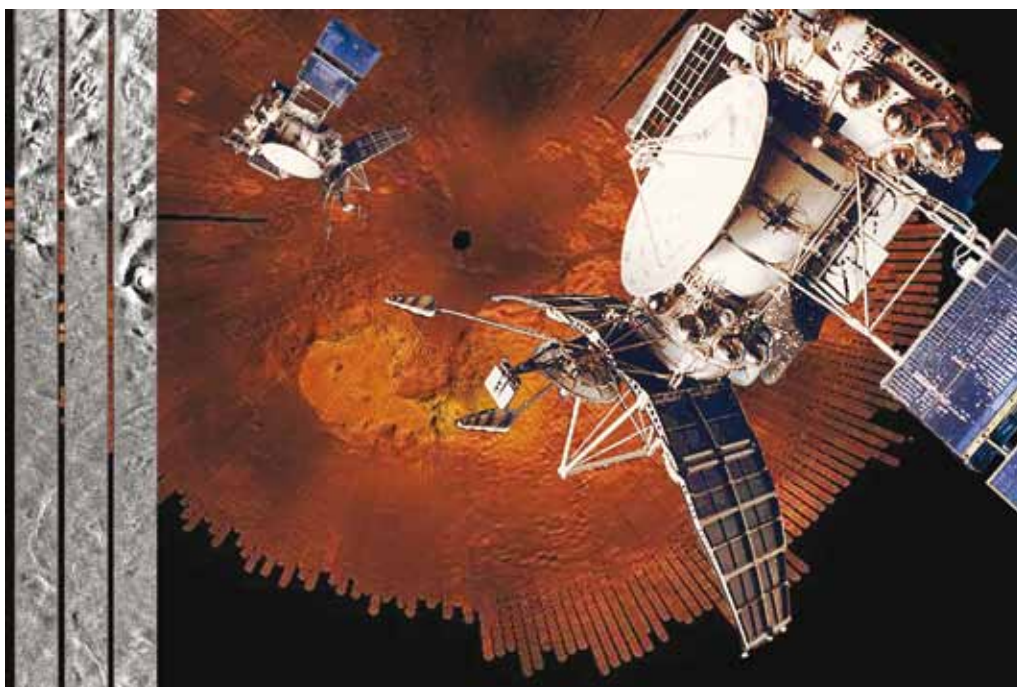
Panoramas made by Venera- 3 and 14 landers. These unique high-quality images are still the object of scientific studies



Магнитосфера Венеры по данным прибора РИЭП-2801 АМС «Венера-9 и -10»

Venusian magnetosphere according to RIEP-2801 instrument on Venera-9 and Venera 10





Вверху: АМС «Венера-15 и -16» на фоне изображения полярной области Венеры, синтезированной из полосок переданных изображений
Внизу: «Венера-15» в сборочном цехе НПО им. С.А. Лавочкина

С орбиты искусственных спутников Венеры станции «Венера-15» и «Венера-16» (1983) провели радиолокационную съёмку поверхности планеты. Это позволило составить рельефный глобус её северного полушария.

Top. Venera-15 and 16 automatic interplanetary stations. Background — images of polar regions, synthesized from the strips of transmitted images.
Bottom. Venera-15 at the Lavochkin Association integration and test plant

Venera-15 and 16 (1983) performed orbital radar mapping of the surface. A relief globe with altitude map of the northern hemisphere was created based on this data.



Владимир Александрович Котельников (1908–2005). Выдающийся учёный в области радиотехники, радиосвязи и радиолокации планет, академик Академии наук СССР и Российской академии наук, дважды Герой Социалистического Труда

Vladimir A. Kotelnikov (1908–2005). Prominent expert in the field of radio technology, radio communication, and planet radio location, full member of the Academy of Sciences of the USSR and Russian Academy of Sciences, twice the Hero of Socialist Labour

Основные труды В. А. Котельникова посвящены проблемам совершенствования методов радиоприёма, изучению радиопомех и разработке методов борьбы с ними. Его крупнейшие научные достижения — создание в 1933 году теоремы отсчётов, носящей его имя, создание теории потенциальной помехоустойчивости, а также разработка планетарных радиолокаторов и проведение пионерских исследований в области радиолокационной астрономии, в том числе радиолокационных исследований Венеры, Марса и Меркурия

Main works by V. A. Kotelnikov are dedicated to the development of radio receiving methods, radio interference, and the ways to avoid it. His most significant achievement was sampling theorem, named after him, development of potential immunity theorem, development of planetary radio locators, and pioneer studies in radio location astronomy, which included studies of Venus, Mars, and Mercury



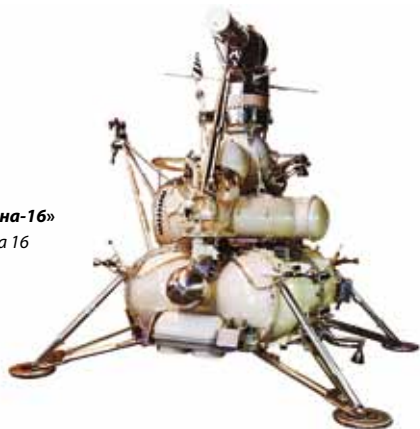
Венера. Горы Максвелла. Синтезированное изображение, построенное по материалам АМС «Венера-15 и -16»

Venus. Maxwell Montes. Synthesized images built by the data of Venera-15 and 16

Космические аппараты «Луна-16» (сентябрь 1970 года), «Луна-20» (февраль 1972 года) и «Луна-24» (август 1976 года) доставили на Землю образцы грунта из различных районов Луны и с разной глубины бурения. До сих пор не имеет аналогов в мировой практике выполненный в автоматическом режиме комплекс действий: посадка в заданном районе Луны, взятие образцов грунта другого небесного тела, подготовка их к обратной транспортировке и её осуществление

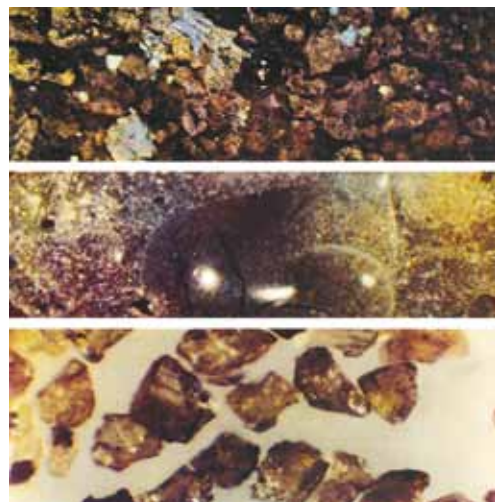
Luna 16 (September 1970), Luna 20 (February 1972), and Luna-24 (August 1976) brought back to the Earth soil samples from various lunar regions and from different depths. Up until now no similar operations, performed fully autonomously, were done. Spacecraft landed in the chosen region of the Moon, retrieved samples of the soil at another space body, prepared them to the return mission, and returned to the Earth

«Луна-16»
Luna 16



Лунный грунт, доставленный на Землю аппаратами «Луна-16, -20 и -24» из Моря Изобилия, Моря Кризисов и материкового района Луны

Lunar soil, delivered to the Earth by Luna 16, Luna-20, and Luna-24 from Mare Fecunditatis (the Sea of Fertility), Mare Crisium (the Sea of Crises), and lunar continental regions



Подлинные капсулы АМС «Луна 16 и -24», доставившие на Землю лунный грунт, в музее НПО им. С.А. Лавочкина
Genuine modules of Luna 16 and Luna-24, which returned lunar soil to the Earth, in Lavochkin Association museum

Возвратная ракета спутника «Луна-16» в сборочном цехе НПО им. С.А. Лавочкина
Luna 16 return rocket at the Lavochkin Association integration and test plant

12 сентября 1970 года стартовала АМС «Луна-16» — первый автоматический космический аппарат, доставивший лунный грунт (105 граммов) на Землю. «Луна-24», запущенная 9 августа 1976 года, доставила 170,1 граммов грунта, образцы грунта взяты с глубины около двух метров.

17 ноября 1970 года на Луну десантирован первый самоходный автоматический аппарат — «Луноход-1» («Луна-17»). С его помощью детально обследована лунная поверхность в Море Дождей на площади 80 тысяч квадратных метров, получено более 200 панорам и свыше 20 тысяч снимков поверхности, проведены анализ грунта и исследования его механических свойств, в 25 точках анализировался химический состав грунта. Длительность активного существования «Лунохода-1» превысила 300 суток. Управлял луноходом с Земли сменный экипаж из пяти человек, в число которых входили и сотрудники ИКИ.

Аппарат-планетоход «Луноход-2» (доставлен на Луну **16 января 1973 года** с помощью автоматической станции «Луна-21») проработал на лунной поверхности в Море Ясности около 150 земных или пяти лунных суток. Установленные на нём дополнительные приборы и повышенная работоспособность бортовых систем позволили выполнить значительно больший объем исследований, чем на аппарате «Луноход-1».

On September 12, 1970 *Luna-16* interplanetary station was launched, the first robotic spacecraft to bring lunar soil (105 g) to the Earth. *Luna-24* launched on **August 9, 1976** returned with 170.1 g of soil sampled from a depth of about 2 m.

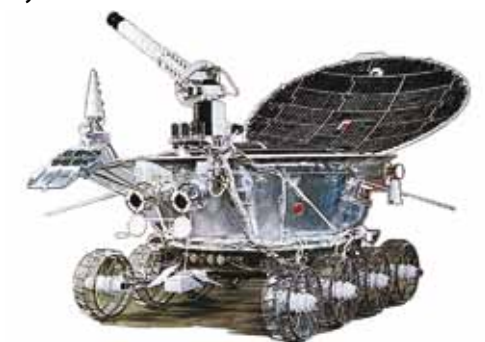
On November 17, 1970 the first self-propelled robotic spacecraft *Lunokhod 1* (*Luna-17*) touched the Moon. It examined in detail 80 thousand square meters of lunar surface in Mare Imbrium and transmitted more than 200 panoramas and over 20 thousand images of the surface, studied lunar soil including its mechanical properties and made chemical analysis in 25 locations. Its active lifetime exceeded 300 days. A crew of five engineers including IKI specialists piloted *Lunokhod 1* from the Earth.

Lunokhod 2 (delivered to the Moon on **January 16, 1973** onboard *Luna-21* interplanetary station) have worked in the Mare Serenitatis for about 150 earth or 5 lunar days. Equipped with additional instruments and onboard systems with improved performance, it collected much more science data than its predecessor.



«Луноход-1» на посадочной платформе (слева) и в термовакуумной изоляции (вверху) в НПО им. С. А. Лавочкина. Ниже — первые кадры с лунной поверхности и общий вид аппарата «Луноход-1»

Lunokhod-1 on the landing platform (left) and in the thermal vacuum isolation (top), at Lavochkin Association. Below — first images from lunar surface and general view of Lunokhod 1



В это время в США практически параллельно с программой советских лунных автоматов активно разворачивались работы по подготовке высадки на лунную поверхность американских астронавтов. Отечественные исследователи со значительно меньшими финансовыми затратами и при полном отсутствии риска, связанного с работой людей в сверхэкстремальных условиях, обеспечили опережающую мягкую посадку космического аппарата на Луну, доставили на Землю образцы лунного грунта, выполнили длительное контактное изучение физико-химических свойств лунных пород при движении по лунной поверхности исследовательского зонда.

At that time the United States were almost simultaneously deploying their manned Moon program. Soviet researchers have accomplished a soft landing of a spacecraft on the Moon, returned samples of lunar soil back to the Earth, completed a long-term *in situ* physical and chemical soil studies while piloting the rover on the lunar surface earlier than their rivals, at a much lower cost, with completely no risks regarding people working in super extreme conditions.



Вверху: более совершенный «Луноход-2»

Top. Advanced Lunokhod 2

Слева: места посадки луноходов

Left. Lunokhods' landing sites

Справа: вертикальная панорама лунного грунта вдоль борта лунохода

Right. Vertical panorama of lunar soil along the side of Lunokhod



Георгий Николаевич Бабакин (1914–1971). Главный конструктор Машиностроительного завода им. С. А. Лавочкина с 1965 по 1971 год — выдающийся учёный и конструктор космической техники, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, член-корреспондент АН СССР

Georgy N. Babakin, Chief Designer of Lavochkin Plant for Machine Building (1965–1971), prominent scientist and space engineer. Hero of Socialist Labour, recipient of Lenin Prize, corresponding member of the Academy of Sciences of the USSR

Под руководством Г. Н. Бабакина созданы серии космических аппаратов для исследования Луны и планет Солнечной системы, космические аппараты, впервые в мире совершившие мягкую посадку на поверхность Луны, Марса и Венеры; работавшие на орбитах искусственных спутников Луны и Венеры; доставившие образцы лунного грунта на Землю; исследовавшие Луну самоходные научные лаборатории

Series of spacecraft for Moon and planetary studies were built under the leadership of G. N. Babakin, including the spacecraft, which were the first to perform soft landing on the Moon, Mars, and Venus; orbiters for the Moon and Venus; return stations which delivered lunar soil samples to the Earth; self-propelled science laboratories

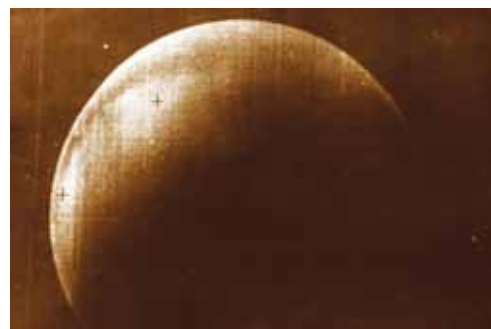


«Марс-2 и -3» — первые в истории искусственные спутники Марса. 2 декабря 1971 года посадочный аппарат АМС «Марс-3» впервые в истории совершил мягкую посадку на поверхность Марса между областями Электрис и Фазтонис

Mars 2 and Mars 3, the first artificial satellites of Mars. On December 2, 1971, Mars 3 lander was the first to achieve soft landing on the Martian surface

Долговременные орбитальные станции (ДОС) «Салют», «Салют-4, -6, -7»

Long term orbital stations (DOS) Salyut, Salyut-4, -6, and -7



«Нельзя переоценить значение этого нового подвига советской науки. Он в полном смысле открывает новую эру в исследовании космического пространства».

Профессор Бернард Ловелл, директор знаменитой английской радиоастрономической обсерватории Джодрелл Бэнк об экспедиции аппаратов «Марс-2 и -3» к Марсу

“One cannot overestimate the significance of this feat made by Soviet science. It literally opens a new age in space exploration.”

Prof. Sir Bernard Lovell, director of British Jodrell Bank Observatory on Mars 2 and Mars 3 missions to Mars

Вверху: АМС «Марс-3» впервые в истории выходит на орбиту искусственного спутника Марса

Top. For the first time ever Mars 3 enters the orbit and becomes an artificial satellite of Mars

Фотоизображение Марса, переданное АМС «Марс-3» на Землю

Photo image of Mars, transmitted by Mars 3



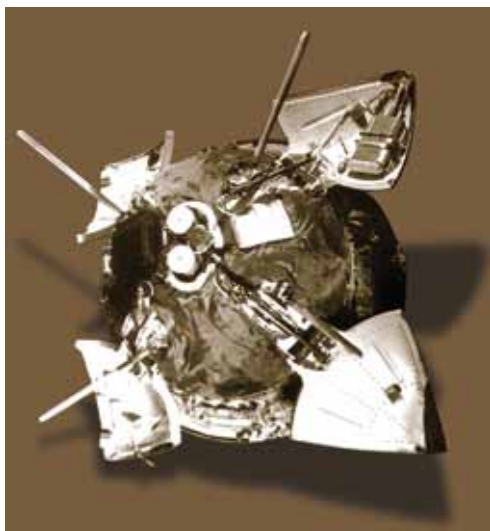
19 апреля 1971 года запущена первая долговременная орбитальная станция «Салют». На ней проводились исследования спектров звёзд в ультрафиолетовом (УФ) и гамма-диапазоне, потоков заряженных частиц, первичного космического излучения, потоков нейтронов и гамма-квантов. На КА «Салют-4» (1974–1977) регистрировались спектры солнечных вспышек, поток нейтронов и гамма-квантов, излучение рентгеновских источников. На станции второго поколения с двумя стыковочными узлами «Салют-6» (1977–1982) наблюдались астрофизические источники в УФ-, ИК-, сантиметровом и радиодиапазоне. Аппаратура «Салюта-7» исследовала рентгеновские источники, фоновые потоки гамма-квантов и заряженных частиц, ионизованное космическое излучение, осуществлены другие наблюдения и эксперименты.

28 мая 1971 года были запущены автоматические станции «Марс-2», «Марс-3». В декабре этого же года после шестимесячного полёта обе станции были выведены на околомарсианские орбиты. При подлёте к планете от «Марса-3» был отделён спускаемый аппарат, который совершил мягкую посадку на планету. Орбитальные аппараты станций стали искусственными спутниками Марса. Выполненные ими семь экспериментов были связаны с исследованиями самой планеты (измерения температуры грунта планеты, изучение её рельефа, состава и строения атмосферы с помощью инфракрасного радиометра, ультрафиолетового фотометра,

On April 19, 1971 the first long-term orbital station *Salyut* was launched. Its instruments studied star spectra in UV and gamma bands, charged particles, cosmic background radiation, neutron and gamma ray fluxes. *Salyut-4* (1974–1977) recorded solar flare spectra, neutron fluxes and gamma rays, X-ray radiation sources. *Salyut-6* (1977–1982), the second generation station with two docking ports observed astrophysical sources in the ultraviolet, infrared, centimetre, and radio bands. *Salyut-7* (1982–1991) instruments examined X-ray sources, background gamma-quantum and charged particles fluxes, ionized cosmic radiation, made other observations and experiments.

On May 28, 1971 *Mars-2* and *-3* automatic stations were launched. In December of the same year after a six-month journey, both stations were inserted into Mars orbit. On approach to the planet *Mars-3* jettisoned a probe that made a soft landing on the planet. The two spacecraft continued orbiting the planet. They performed seven experiments, measuring ground temperature, studying Mars topography, composition, and structure of the atmosphere with an infrared radiometer, ultraviolet photometer, and radio telescope; there was also a system to study magnetic field and charged particles in the vicinity of Mars. They also completed three experiments on studying of interplanetary medium and one study of solar radio emission.

Mars exploration continued with *Mars-4* through *-7*. Martian surface was photographed in its southern hemisphere and various types of scientific data were obtained. Martian atmosphere



**Посадочный аппарат
АМС «Марс-2 и -3»**
Mars-2 and -3 landers



**Спускаемый аппарат
АМС «Марс-3» в музее
НПО им. С. А. Лавочкина —
посадочный аппарат
в защитной оболочке
и аэродинамический
тормоз**

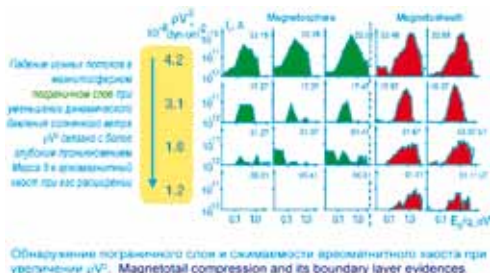
Mars 3 descent module
in Lavochkin Association
museum — lander under
protective cover and
aerodynamic brakes



**Орбитальная
АМС «Марс-4, -5»**
Mars 4 and -5 orbiters

радиотелескопа; имелся также комплекс для исследования магнитного поля и заряженных частиц в окрестностях Марса), три — с измерением параметров межпланетной среды и один — с исследованием радиоизлучения Солнца.

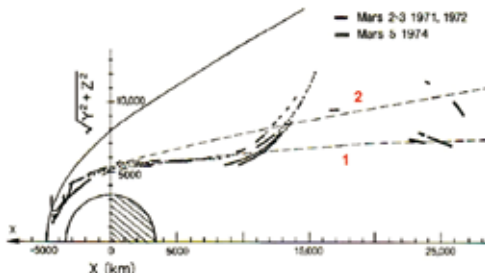
Программу изучения Марса продолжили затем АМС «Марс-4...-7». Было обнаружено истечение планетарных ионов. Получены изображения поверхности Марса в его Южном полушарии и различные научные данные. Впервые выполнены прямые исследования марсианской атмосферы. В области высот от 20 км до поверхности измерялись давление и температура, определялись химический состав атмосферы и, в частности, содержание водяного пара в ней. Было выявлено присутствие небольшого количества озона на низких широтах. В основном же атмосфера, как показали измерения, состоит из углекислого газа, азота и аргона с примесью кислорода. Один из приборов — инфракрасный радиометр — измерил яркостную температуру грунта.



was probed directly for the first time. Pressure and temperature were measured down to 20 km to the surface. Chemical composition of the atmosphere and, in particular, water vapour content were surveyed. In the low latitudes small amount of ozone in the atmosphere was found. The studies showed that the atmosphere in general was composed of carbon dioxide, nitrogen, and argon with traces of oxygen. The infrared radiometer measured the brightness temperature of the soil.

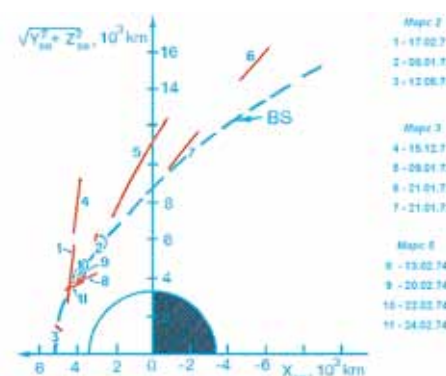
**Обнаружение
магнитосферы Марса
и истечения
планетарных ионов.
(Олег Вайсберг)**

Discovery of Martian
magnetosphere and planetary
ions escape.
(Oleg Vaysberg)

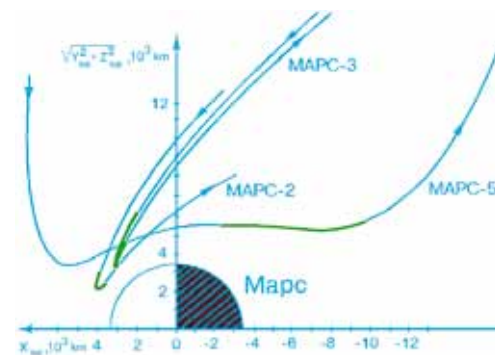


**Некоторые научные
результаты работы
АМС «Марс-2, -3, -5»**

Some scientific results
of Mars-2, -3, and -5



**Многочрезные пересечения фронта ударной волны
Multiple bow shock crossings**



**Многочрезный вход во внешнюю магнитосферу
Multiple outer magnetosphere entries**



Спутник «Ореол» на платформе ДС-У3 советско-французского проекта АРКАД

Aureol satellite on the DS-U3 platform, Soviet-French Arcad project



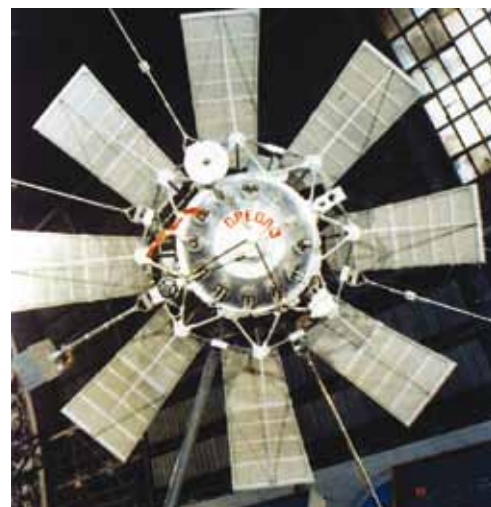
Запуск ракеты МР-12 с палубы научно-исследовательского судна Академии наук «Академик Королёв» во Французской Гвиане

MR-12 launcher blasts off the deck of Academy's research ship "Academician Korolev" from French Guiana



Гвианский космический центр. Советские и французские учёные и специалисты получают данные с запускаемых ракет

Guiana Space Centre. Soviet and French researchers receive the data from the launchers



Спутник «Ореол-3» на платформе АУОС советско-французского проекта АРКАД в монтажно-испытательном корпусе космодрома и в павильоне Космос на ВДНХ

Aureol 3 satellite on the AUOS platform, Soviet-French Arcad project, in integration and test facility of the cosmodrome and in Cosmos pavilion at VDNH (now All-Russian Exhibition Centre)

27 декабря 1971 года запуском ИСЗ «Ореол» началась реализация советско-французского проекта АРКАД по исследованию взаимодействия магнитосферы и ионосферы. Спустя два года исследования были продолжены на аналогичном спутнике «Ореол-2», а с сентября 1981 года — «Ореол-3». Особая ценность выполненных ИСЗ «Ореол-3» экспериментов в том, что они были скоординированы с наземными и ракетными измерениями. Получены принципиально новые научные результаты, ставшие важной вехой в изучении околоземной плазмы.

On December 27, 1971 launch of the *Aureol* satellite started the joint Soviet-French program *Arcad* for studies of magnetosphere-ionosphere relations. Two years later it was continued on the same satellite *Aureol-2*, and, from September 1981, *Aureol-3*. *Aureol-3* experiments were especially valuable because they were coordinated with ground and rocket measurements. Its groundbreaking scientific results became a milestone in the study of near-Earth plasma.





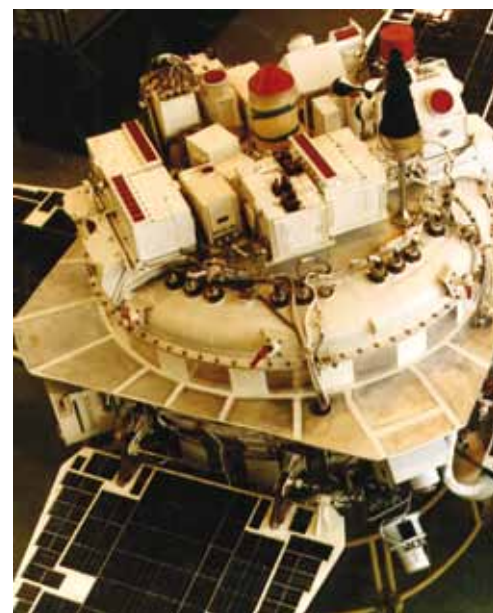
Спутник «Прогноз» в перигее
Prognoz satellite in the perigee

14 апреля 1972 года выведен на орбиту первый высокоапогейный спутник серии «Прогноз», предназначенный для изучения солнечно-земных связей — процессов солнечной активности и их влияния на межпланетную среду, магнитосферу и ионосферу Земли. С 1972 по 1983 год осуществлено десять успешных запусков спутников этой серии, проведены наблюдения в течение одиннадцатилетнего цикла солнечной активности. «Прогнозы» с первого по третий предназначались для контроля радиационной активности Солнца и прогнозирования радиационной безопасности полётов космонавтов. В ходе полётов КА «Прогноз-4...-8» были выполнены уникальные исследования структуры ударных волн солнечного ветра возле Земли.

Научная аппаратура «Прогнозов» включала также приборы для исследований электромагнитного излучения Солнца, потоков солнечных космических лучей и частиц высоких энергий вне и внутри магнитосферы Земли, регистрации характеристик плазмы солнечного ветра за пределами магнитосферы Земли и внутри магнитосферы, приёмники радиоизлучения, магнитометр, аппаратуру для измерения доз проникающего излучения на трассе полёта. На последующих ИСЗ серии «Прогноз» состав аппаратуры существенно расширился.

On April 14, 1972 the first of the *Prognoz* high-apogee family satellites was put into orbit. It was designed to study solar-terrestrial relations, solar activity and its impact on the interplanetary medium, the Earth's magnetosphere and ionosphere. In 1972–1983 ten of the *Prognoz* satellites were successfully launched, taking measurements during 11-year solar cycle. *Prognoz-1* to *-3* were made for radiation and solar activity monitoring and human space flight radiation safety forecast. Structure of the solar wind shockwaves near the Earth was studied during *Prognoz-4* to *-8* flights.

Prognoz satellites were also equipped with instruments to study solar electromagnetic radiation, cosmic rays, high-energy particles, as well as characteristics of the solar wind plasma both inside and outside the Earth's magnetosphere, radio emission receivers, magnetometers, equipment for measuring penetrating radiation doses on orbit. Succeeding *Prognoz* satellites were equipped with significantly more instruments.



Расположение научной аппаратуры на внешней поверхности спутника «Прогноз-10» проекта ИНТЕРШОК

Scientific payload arrangement on the outer surface of Prognoz-10 satellite (Intershook project)



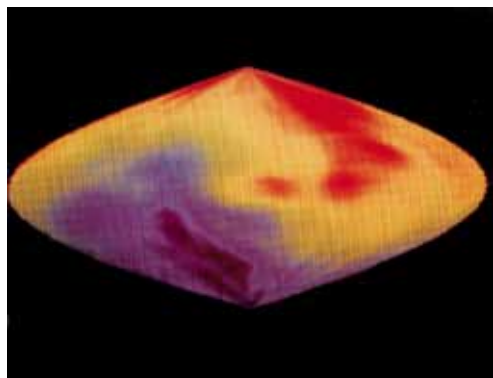
Построение типичной орбиты спутников «Прогноз»

Typical orbit of Prognoz series

Прибор «Реликт-1» спутника «Прогноз-9»

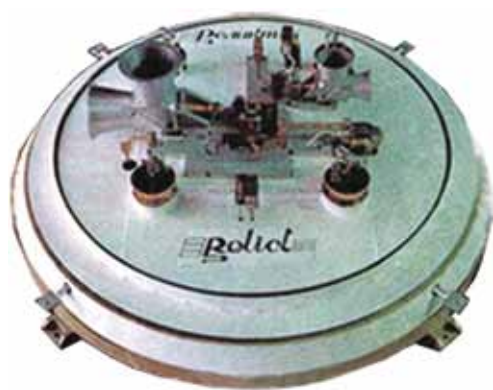
Relikt-1 — an instrument aboard Prognoz-9





Карта неба в диапазоне 8 мм, полученная в эксперименте РЕЛИКТ

Map of the sky in 8-mm band, as derived from Relikt experiment

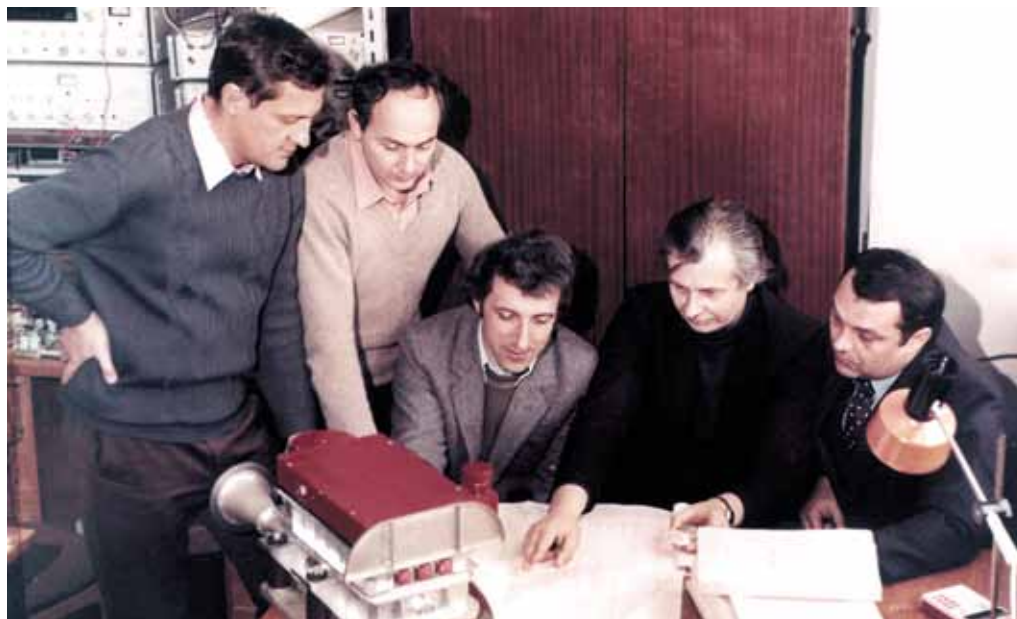


Расположение прибора «Реликт» на спутнике «Прогноз-9»
Relikt instrument onboard Prognoz-9



Схема гравитационного манёвра с использованием Луны для вывода в точку Лагранжа в не осуществлённом проекте РЕЛИКТ-2

Gravity assist scheme, which uses Moon to reach Langrange point L2, for the project Relikt 2, which was never realized



Техническое совещание по проекту РЕЛИКТ-1. Слева направо: В. В. Корогод, Б. З. Каневский, А. С. Косов, И. А. Струков, В. Э. Бекер

Technical panel on Relikt 1 project. From left to right: V. V. Korogod, B. Z. Kanevsky, A. S. Kosov, I. A. Strukov, V. E. Beker

Созданный в ИКИ РАН высокочувствительный радиометр «Реликт», установленный на «Прогнозе-9» (запущен 1 июля 1983 года), впервые измерил из космоса анизотропию микроволнового фона. Необычно высокая орбита спутника «Прогноз-9», почти достигавшая точки либрации в хвосте магнитосферы — 1,5 миллионов километров, позволила получить интересные данные по физике солнечного ветра.

С помощью ИСЗ «Прогноз-10» (запущен 10 октября 1985 года) проведён эксперимент ИНТЕРШОК, подготовленный учёными Института. Была получена уникальная информация о структуре околоземной ударной волны на границах магнитосферы.

A highly sensitive *Relikt* radiometer developed by IKI specialists onboard *Prognoz-9* (launched on July 1, 1983) was the first instrument to measure anisotropy of microwave background radiation from space. *Prognoz-9* unusually high orbit of around 1.5 million kilometers almost reached libration point in the magnetotail, so that it provided interesting data on solar wind physics.

Prognoz-10 (launched October 10, 1985) bore an *Intershock* experiment prepared by scientists of the Institute. Unique information about the structure of the magnetopause region at the magnetosphere border was obtained.

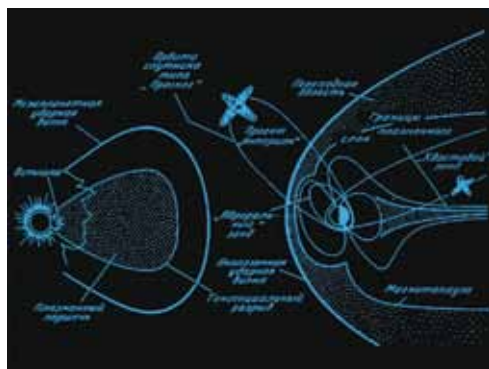
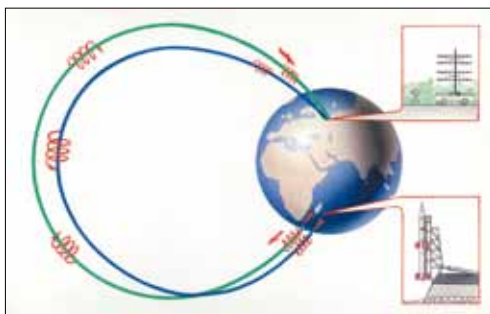


Схема проекта ИНТЕРШОК, спутник «Прогноз-10»
Intershock project scheme (Prognoz-10)



Пусковая установка французских ракет «Эридан» на острове Кергелен совместного советско-французского эксперимента АРАКС с участием США

Launching tower for French Eridan sounding rockets on Kerguelen island during Soviet-French collaborative experiment ARAKS with the participation of the US



Слева: схема советско-французского эксперимента АРАКС

Left. ARAKS Soviet-French experiment scheme

Справа: кадры из документального фильма «Эксперимент АРАКС» 1975 года киностудии Центрнаучфильм. Режисёр — А. Антонов, сценарист — В. Белецкая. CNES — французское космическое агентство и участник проекта — предоставило для фильма свои материалы

Right. Snapshots from "Experiment ARAKS" documentary of 1975. TsentrNauchFilm production. Producer — A. Antonov, screenwriter — V. Beletskaia. With contribution of CNES (French participant of the project)



В январе-феврале 1975 года реализуется советско-французский эксперимент АРАКС (Artificial Radiation and Auroral, Kerguelen — Soviet Union — искусственная радиация и полярное сияние) по искусственной инжекции электронов и плазменных струй в ионосфере с борта ракет (запуски осуществлялись с острова Кергелен в Индийском океане) и исследованию сопутствующих им эффектов в магнитосфере и ионосфере Земли. Эксперимент позволил проверить многие гипотезы о строении магнитосферы и поведении частиц в ней, механизмах генерации полярных сияний.

In January and February of 1975 the USSR and France implemented joint ARAKS experiment (short for "Artificial Radiation and Auroral, Kerguelen — Soviet Union") on artificial injection of electrons and plasma in the ionosphere from rockets (launched from Kerguelen Islands in the Indian Ocean) and study of the accompanying effects in the magnetosphere and ionosphere. The experiment was used to test many hypotheses about the structure of the magnetosphere and particle behavior, about the mechanisms generating auroras.



Справа: выдающийся специалист ИКИ АН СССР по магнитосфере Земли и полярным сияниям Юрий Ильич Гальперин на острове Кергелен обсуждает с коллегами результаты эксперимента АРАКС

Right. Yuri I. Galperin, prominent IKI expert on magnetosphere and auroras, discusses ARAKS's results with his French colleagues on Kerguelen island



Свидетельство к памятной медали за активное участие в советско-французском эксперименте АРАКС главного научного сотрудника ИКИ РАН Сергея Александровича Пулинца

Certificate to service medal for active participation in the Soviet-French ARAKS project, awarded to IKI's scientist Sergey A. Pulinets

Директор ИКИ АН СССР Рольд Зиннурович Сагдеев на пресс-конференции в ИКИ, посвящённой успешному завершению советско-французского эксперимента АРАКС

IKI's director Roald Z. Sagdeev on the press conference on successful accomplishment of the Soviet-French ARAKS project





Космонавты В. Ф. Быковский и В. В. Аксёнов на корабле «Союз-22»

Cosmonauts V. F. Bykovsky and V. V. Aksenov in Soyuz 22 spaceship



В. В. Аксёнов проводит съёмку аппаратом МКФ-6 в орбитальном отсеке корабля «Союз-22»

V.V. Aksenov makes the images with MKF 6 camera in the orbital module of Soyuz 22 spaceship

15 сентября 1976 года на орбиту выводится космический корабль «Союз-22», пилотируемый экипажем в составе В. Ф. Быковского и В. В. Аксёнова. На борту корабля был установлен созданный для изучения природных ресурсов и контроля окружающей среды из космоса, многозональный фотоаппарат МКФ-6, разработанный учёными и специалистами СССР и ГДР и изготовленный на предприятии «Карл Цейсс Йена».

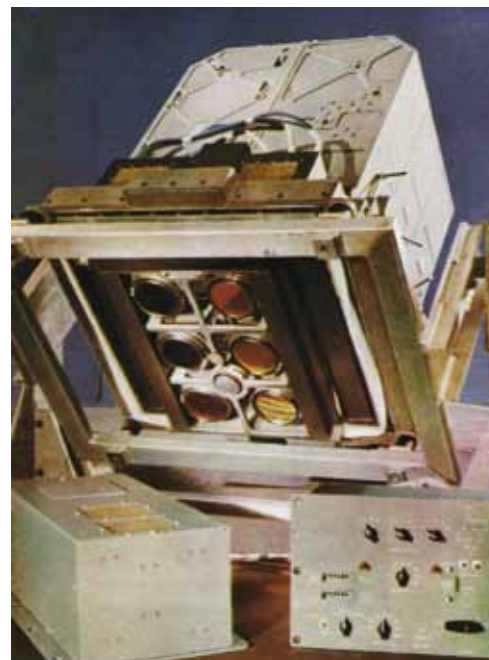
Программа полёта включала три основные задачи: лётно-конструкторские испытания аппаратуры МКФ-6, дальнейшую отработку методов многозонального космического фотографирования с целью исследования поверхности и атмосферы Земли, проведение съёмок обширных районов СССР и ГДР для решения практических задач в интересах народного хозяйства обеих стран.

Полётом «Союз-22» завершился обширный комплекс работ в области фотографических методов изучения из космоса природных ресурсов Земли, проведённых Институтом космических исследований АН СССР, географическим факультетом МГУ имени М. В. Ломоносова и другими научными организациями СССР. Метод многозональной фотосъёмки оказался весьма эффективен для многих отраслей научных исследований и народного хозяйства, и его разработка была удостоена Государственной премии СССР в 1984 году.



Внешний вид исследовательского блока и внутреннее расположение аппарата МКФ-6 на корабле «Союз-22» на месте обычного стыковочного узла

Research unit (external view) and the place for MKF 6 camera inside Soyuz 22 spaceship instead of docking unit



Космический многозональный фотоаппарат МКФ-6, разработанный советскими учёными и построенный специалистами народного предприятия ГДР «Карл Цейсс Йена»

MKF-6 multispectral space camera, developed by Soviet engineers and scientists and built at Carl Zeiss Jena (East Germany)

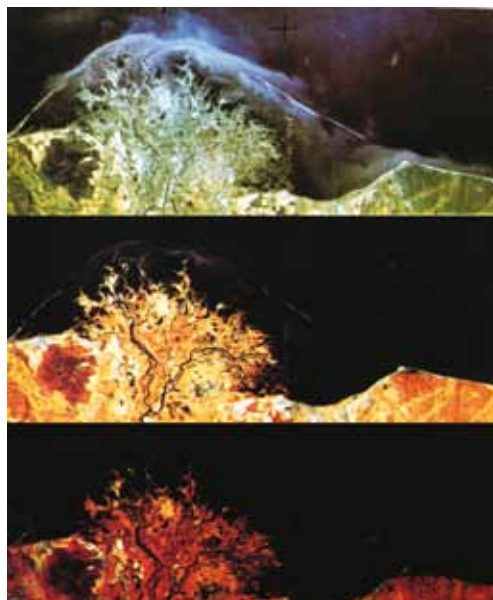
On September 15, 1976 Soyuz 22 manned spaceship, piloted by the crew of two cosmonauts (V. F. Bykovsky and V. V. Aksenov), was launched. MKF-6 multispectral camera, developed by USSR and East German engineers and built at Carl Zeiss Jena, was installed aboard the spaceship. It worked in four visible and two IR bands.

The flight had three main tasks, which were to perform flight tests of MKF-6 equipment; to refine the methods of multispectral space photography for Earth studies, and to obtain images of vast territories of the USSR and East Germany for practical purposes for both countries.

Soyuz 22 crowned a large-scale work concerning space studies of natural resources, which had been run in IKI, Lomonosov Moscow State University (Department of Geography), and other Soviet scientific institutions. Multispectral imagery turned to be especially valuable for many purposes of science and national economy, and the works on its development were awarded with the USSR State Prize in 1984.

Впадение реки Селенга в озеро Байкал в трёх зонах одного снимка аппарата МКФ-6

Selenga mouth in Baikal lake, in three bands of one shot made by MKF-6 camera





Автоматическая орбитальная астрофизическая обсерватория «Астрон» в цехе НПО им. С. А. Лавочкина и в полёте

Astron automatic orbital astrophysical observatory at the Lavochkin Association plant and during the flight

Орбитальная астрофизическая обсерватория «Астрон» стартовала 23 марта 1983 года. В течение 7 лет были проведены обширные научные исследования звёзд, галактик и квазаров в ультрафиолетовом и рентгеновском спектрах. Всего исследовано более 200 объектов, в рентгеновском диапазоне — свыше 70 различных источников. Часть источников наблюдалась одновременно в рентгеновском и УФ-диапазонах. Основной научный прибор — сверхточный двухзеркальный УФ-телескоп СПИКА, созданный в НПО им. С. А. Лавочкина

Astron orbital astrophysical observatory was launched on March 23, 1983. For seven years it studied stars, galaxies, and quasars in UV and X-ray bands. More than 200 objects were studied, including more than 70 X-ray sources. Some of the sources were observed simultaneously in UV and X-ray bands. The main instrument was SPICA — high-precision two-mirror telescope, built at the Lavochkin Association

23 марта 1983 года выведен на высоко-апогейную орбиту первый советский специализированный ИСЗ для астрофизических наблюдений — космическая обсерватория «Астрон». Успешно функционировала свыше семи лет, установив отечественный рекорд длительности работы в космосе. Система ориентации позволяла наводить телескопы в любую точку неба с точностью $2...3^\circ$. Примерно такой же была и точность стабилизации. Разработанный в Институте рентгеновский телескоп имел площадь 1750 квадратных сантиметров, поле зрения 3° и временное разрешение 2,7 миллисекунд. Исследовались нестационарные явления в звёздах, аномалии их химического состава, УФ-излучение звёзд и галактик.

Всего было исследовано более 200 объектов, в том числе в рентгеновском диапазоне — свыше 70 различных источников. Часть из них наблюдалась одновременно в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах. Были получены спектры нескольких сотен звёзд, в том числе с необычным химическим составом: новых и сверхновых звёзд, в частности Сверхновой 1987 года в Большом Магеллановом Облаке; другие галактики; газовые туманности и комета.

УФ-наблюдения нестационарных звёзд дали возможность впервые непосредственно определить размеры и температуру их горячих компонент.

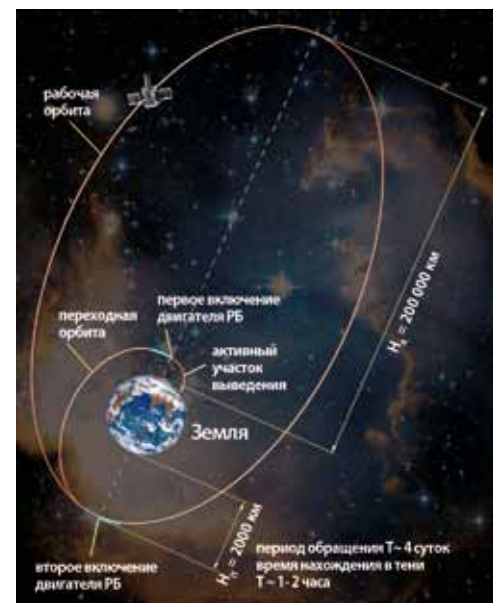
On March 23, 1983 the first dedicated Soviet satellite for astrophysical observations, *Astron* space observatory was launched into high-apogee orbit. It successfully worked for more than 7 years becoming the Soviet's longest operating space station of the time. Its orientation control system could point its telescopes anywhere in the sky with an accuracy of $2...3^\circ$, with approximately the same stabilization accuracy. The Institute supplied an X-ray telescope for the project, with an area of 1750 cm^2 , a field of view 3° and time resolution of 2.7 ms. The project explored transient phenomena in stars, anomalies in stellar chemical composition, UV radiation of stars and galaxies.

More than 200 objects were studied (70 in X-ray-band). Some of them were simultaneously observed in X-ray and ultraviolet ranges. Spectra of several hundred stars were obtained, including those with unusual chemical composition: novae and supernovae, in particular, the Supernova SN1987 in the Large Magellanic Cloud; other galaxies; gaseous nebulae and comets.

UV observations of nonstationary stars for the first time made it possible to directly measure the size and temperature of their hot segments.

Формирование рабочей орбиты обсерватории «Астрон»

Formation of Astron astrophysical observatory nominal mission orbit



Основной инструмент обсерватории «Астрон» — телескоп СПИКА в музее НПО им. С. А. Лавочкина

The main instruments of Astron astrophysical observatory — SPICA telescope in the Lavochkin Association museum

Международный проекта ВЕГА (Венера-Галлей) — исследование двумя космическими аппаратами в пролётом сближении двух небесных объектов — планеты Венера с десантированием на её поверхность посадочных аппаратов и запуском в её атмосферу аэростатных зондов и кометы Галлея — стал кульминацией советского периода Института космических исследований

International project Vega (short for Venus Halley) with two spacecraft encountering two celestial objects — Venus (leaving behind two landers and balloons) and comet Halley. It became the apex of the Soviet period of IKI's history

Научно-технический шедевр своего времени — титановый спускаемый аппарат «Вега» в музее НПО им. С. А. Лавочкина

Scientific and engineering masterpiece of the time — Vega's titanic descent module in the Lavochkin Association museum



Монтаж посадочного аппарата в капсулу спускаемого аппарата «Вега» в цехе НПО им. С. А. Лавочкина

Lander installation into the Vega descent module at the Lavochkin Association plant

Внизу: космический аппарат «Вега-1» в термовакуумной изоляции, готовый к полёту, в монтажно-испытательном корпусе 31-й площадки космодрома Байконур

Bottom. Vega 1 spacecraft in thermal vacuum shielding ready for launch in the integration and test building, 31 launch, Baikonur cosmodrome



«Вега» у Венеры
Vega encounters Venus



«Вега» у кометы Галлея
Vega encounters Comet Halley

15 и 21 декабря 1984 года запущены АМС «Вега-1 и -2». В июне 1985 года станции пролетели мимо Венеры и вышли на траекторию сближения с кометой Галлея. Перед пролётом около Венеры от них отделились спускаемые аппараты, каждый из которых разделится в венерианской атмосфере на две части — посадочный модуль и аэростатный зонд. В процессе снижения посадочных аппаратов измерялись характеристики облачного слоя и химического состава атмосферы. Посадка модуля станции «Вега-2» впервые была выполнена в высокогорном районе, поэтому анализ грунта в этом месте представлял особый интерес. По своему составу он оказался близким к оливиновому габбронориту. Были также обнаружены породы с относительно невысоким содержанием естественных радиоактивных элементов.

Аэростатные зонды после наполнения их оболочек гелием дрейфовали в атмосфере планеты на высоте 53...55 километров, выполняя измерения метеорологических параметров. Продолжительность работы зондов составила более 46 часов. Была получена новая уникальная информация о венерианской атмосфере. В частности, данные зондов показали наличие очень активных процессов в облачном слое Венеры, характеризующихся мощными восходящими и нисходящими потоками. Были также обнаружены грозовые разряды.

On December 15 and 21, 1984 Vega-1 and -2 interplanetary stations were launched. In June 1985 they flew past Venus and entered the encounter path with Halley's comet. Before Venus fly-by they released two descent modules each of which further separated in the atmosphere into a lander and a balloon probe. On their descent the landers measured characteristics of the cloud layer and chemical composition of the atmosphere. Vega-2 was the first to land in highlands, so the analysis of the soil in this place was of special interest. The composition turned out to be close to olivine gabbro-norites. Rocks with a relatively low content of natural radioactive elements were also found.

The balloon probes, having been filled with helium, drifted at an altitude of 53...55 km, measuring meteorological parameters. The probes spent in the atmosphere over 46 hours. They yielded unique new information about Venusian atmosphere. In particular, they discovered very intensive processes in the cloud layer of Venus, characterized by strong upstream and downstream movements. They also detected lightning.





Слева: вдохновители и организаторы международного проекта ВЕГА по исследованию кометы Галлея.

Слева направо:

Рольд Зиннурович Сагдеев — директор Института космических исследований Академии наук СССР

Карл Саган — президент Планетного общества США, выдающийся популяризатор космических исследований

Роже-Морис Бонне — руководитель планетных программ Европейского космического агентства

Left. Inspirers and organizers of Vega international project on the study of Comet Halley.

Left to right.

Roald Z. Sagdeev, IKI's director

Carl Sagan, president of the Planetary Society (the USA)

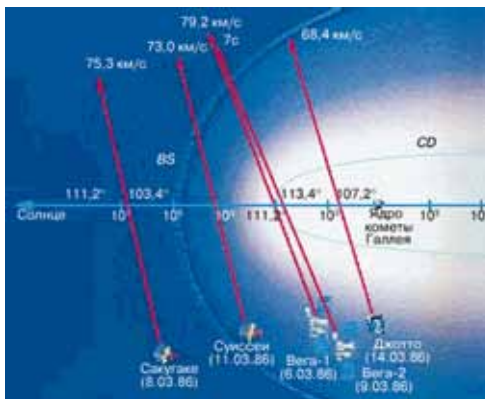
Roger-Maurice Bonnet, the Director of Science of European Space Agency

Проект ВЕГА проводился в тесном международном сотрудничестве. Внизу: научный совет представителей стран-участниц в Институте космических исследований АН СССР

Project Vega was an international effort. Bottom. Scientific council of representatives of participant countries in IKI

В исследовании кометы Галлея были задействованы несколько КА. Аппараты «Вега» уточнили траекторию кометы и позволили подвести европейский аппарат «Джото» к ней на 600 км — ничтожное расстояние по космическим меркам

Comet Halley were studied by several spacecraft. Vegas pinpointed the trajectory of the comet and allowed European Giotto spacecraft to approach as close as 600 km — a trifling in space travel



Международный научно-технический совет по проекту ВЕГА в Институте космических исследований АН СССР

International scientific and technical council on Project Vega at IKI



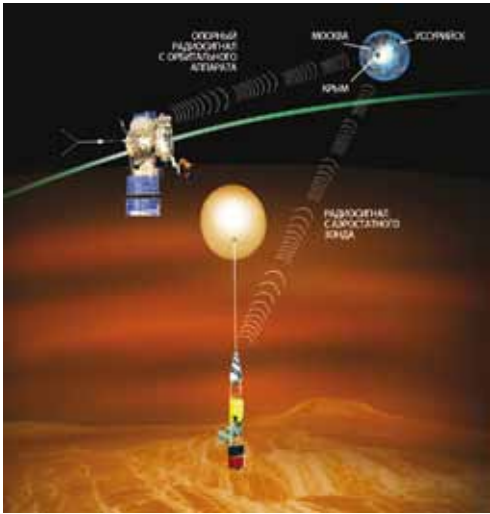


Схема работы, карта маршрутов в атмосфере Венеры и фотография аэростатного зонда «Вега» на испытаниях
Work schedule, trajectories in the Venusian atmosphere, and Vega's balloon during tests



Внизу: спектрофотометры ИОАВ и ИОАВ-2, с помощью которых измерено содержание водяного пара в атмосфере Венеры
Bottom. IOAV and IOAV-2 spectrophotometers, which measured the content of water vapour in the atmosphere of Venus

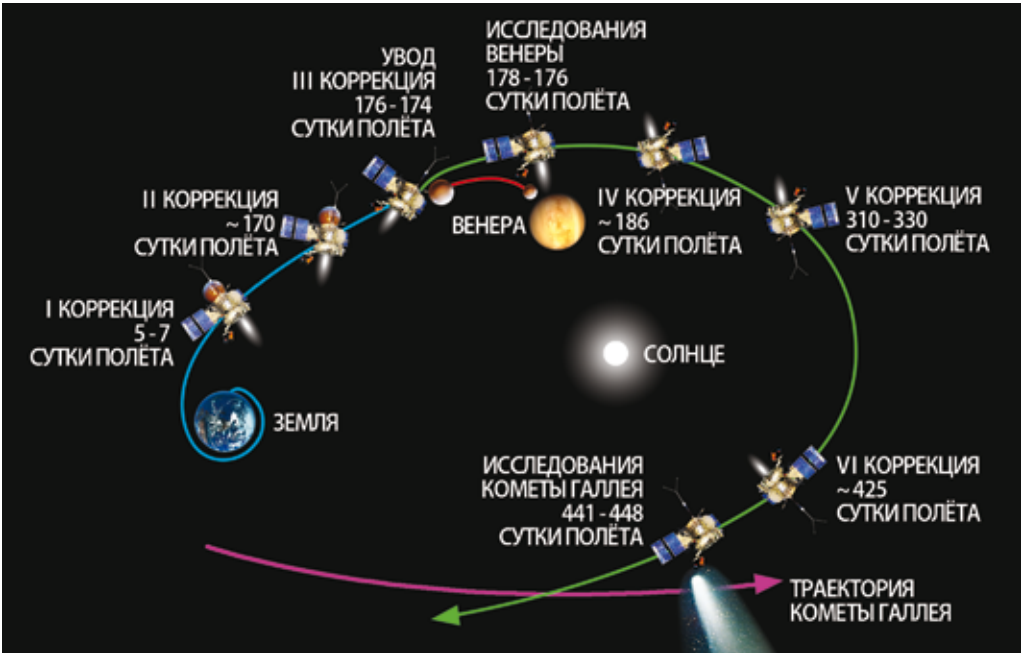
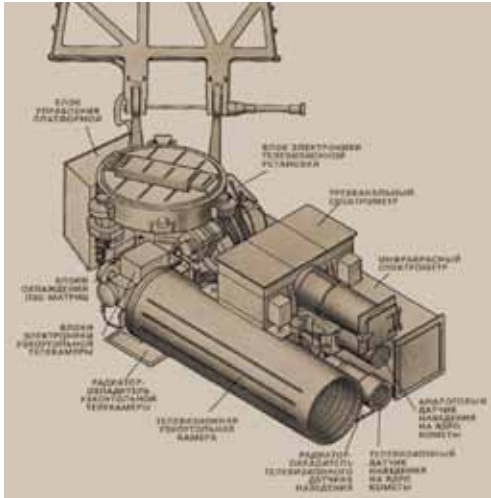


Схема миссии ВЕГА
Vega mission plan

Автоматическая платформа АСП-5 аппарата «Вега» для исследования кометы Галлея (в термовакуумной изоляции (слева) и общая схема)

ASP-5 automatic platform of Project Vega (thermal vacuum isolation (left); layout)

Технические руководители проекта ВЕГА — Борис Новиков (с советской стороны) и Жозет Рюнаво (с французской стороны) у автоматической платформы АСП-5 аппарата «Вега»
Technical supervisors of Project Vega — Boris Novikov, on Soviet part, and Josette Runaveau, Director of the French participation, near ASP-5 automatic platform



Пылеударный масс-анализатор ПУМА
PUMA dust mass spectrometer





Центр управления полётами обеспечивает сближение аппаратов «Вега» с кометой Галлея
Flight Control Centre operates the approach of Vegas to comet Halley

Европейский спутник «Джотто», ближе всех других подошедший к комете Галлея благодаря аппаратам «Вега»
Thanks to Vegas, Giotto spacecraft (ESA) flew by the comet at a shortest distance (compared to others)



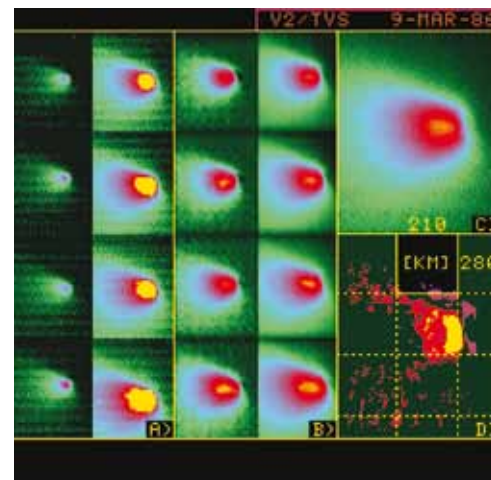
В ИКИ получено первое изображение кометы Галлея

First image of Comet Halley received at IKI



Изображения ядра кометы Галлея

Comet Halley nucleus



Вверху: пресс-конференция в ИКИ для советских и иностранных журналистов, посвящённая успешному завершению международного проекта ВЕГА

Top. Press conference for Soviet and foreign media in IKI on successful end of Vega international project

Внизу: первый секретарь МКК КПСС Борис Ельцин награждает институт и его сотрудников правительственными наградами

Bottom. Boris Yeltsin, First secretary of Moscow City Committee of the USSR Communist Party, awards the Institute and its representatives with state awards



Но самой интересной была третья часть проекта — исследование кометы Галлея. Космические аппараты и комета двигались на встречных курсах. Скорость сближения превышала 70 километров в секунду. Трудность состояла и в том, что было невозможно заранее рассчитать траекторию движения кометы с необходимой точностью. Её уточнение продолжалось вплоть до прохождения станций мимо кометного ядра. «Вега-1» прошла на расстоянии 8890 километров от него, «Вега-2» — на расстоянии 8030 километров. Благодаря информации, полученной от аппаратов «Вега», удалось более точно подвести к комете европейский аппарат «Джотто» — 596 километров.

Аппараты «Вега» передали около 1500 снимков внутренних областей кометы и её ядра. Была получена информация о пылевой обстановке внутри комы, характеристиках плазмы, измерен темп испарения кометного вещества — 40 тонн в секунду в момент прохода станции около кометы и многое другое. Изображения ядра кометы были получены впервые в мире.

Чрезвычайно успешный проект ВЕГА — исследования Венеры и кометы Галлея — по сути, стал кульминацией «советского» периода работы института. За значительный вклад в развитие отечественной науки и техники институт был награждён орденом Ленина, директору института Р. З. Сагдееву присвоено звание Героя социалистического труда, орденами и медалями были награждены многие сотрудники института.

But the most interesting was the third part of the project, i.e. studying Comet Halley. The spacecraft and the comet moved on a counter-course. Closing speed exceeded 70 km/s. The difficulty was that calculation of the trajectory of the comet with the required accuracy was impossible in advance. Calculations lasted up until the moment of encounter. *Vega-1* passed the nucleus at a distance of 8890 km, *Vega-2* at 8030 km. The information gained from the *Vegas* helped to navigate European *Giotto* satellite as close as 596 km to the comet.

The *Vega* spacecraft transferred about 1500 images of internal regions of the comet and its nucleus. They've obtained information on the dusty environment inside the coma, characteristics of plasma, measured evaporation rate of cometary material (40 ton/s) at the time of the flyby and much more. For the first time ever comet's nucleus was photographed.

Extremely successful VEGA mission (short for "VENus and HALley's comet" since "Halley" is pronounced as "Galley" in Russian) was in fact, the culmination of the "Soviet" period of the Institute. IKI was awarded the Order of Lenin and R. Z. Sagdeev, the director of the Institute, was awarded the title Hero of Socialist Labor for significant contribution to the development of national science and technology institute. Orders and medals were also awarded to many Institute staff members.

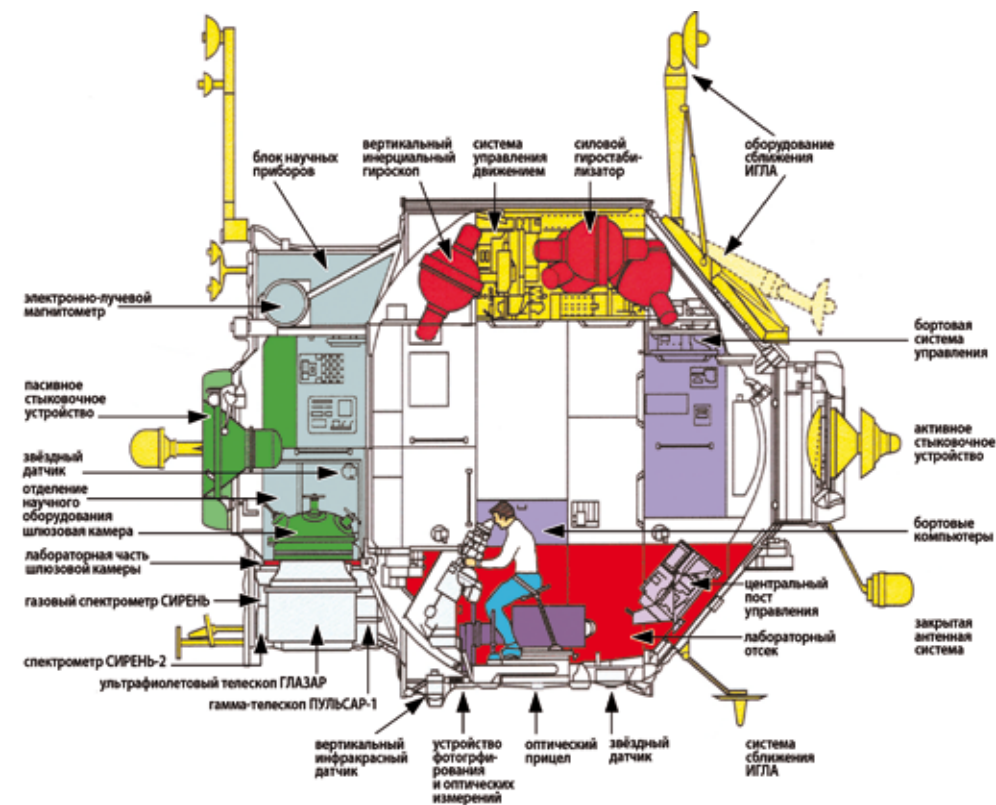


Научный модуль «Квант» — второй модуль долговременной орбитальной станции «Мир»

Kvant science module — the second module of the Mir space station

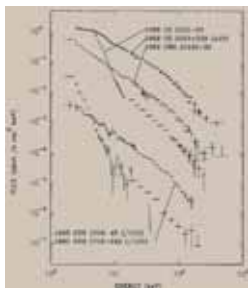
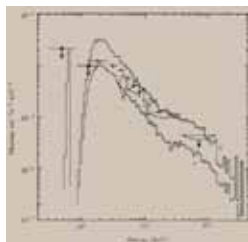
Справа: устройство модуля «Квант» долговременной орбитальной станции «Мир»

Right: Scheme of Kvant module of Mir space station



ТТМ (телескоп с теневой маской) — один из основных инструментов обсерватории «Рентген» на модуле «Квант-1». С его помощью были получены наилучшие на конец 1980-х — начало 1990-х годов карты области центра Галактики в рентгеновских лучах выше 4 кэВ

TTM — literally, "telescope with shadow mask" (in Russian), one of the main instruments of Rentgen observatory installed on Kvant module. His maps of Galactic Centre in >4 keV energy band had the highest quality in the end of 1980's — the beginning of 1990's



Некоторые основные научные результаты работы модуля «Квант»: спектры жёсткого рентгеновского и гамма-излучения сверхновой 1987А; открытие жёсткой компоненты в спектрах рентгеновских новых

Some most important results of Kvant: hard X-ray spectra from SN1987a supernova; discovery of hard part in the spectra of X-ray novae

20 февраля 1986 года запущен базовый блок орбитальной научной станции «Мир» с шестью стыковочными узлами. За 15 лет на комплексе «Мир» побывало 105 космонавтов, 10 лет он эксплуатировался в пилотируемом режиме. На его борту было проведено около 18 тысяч экспериментов, во многих из которых приняли участие учёные ИКИ РАН. Начиная с 1987 года с помощью обсерватории «Рентген», установленной на модуле «Квант» станции, изучались рентгеновские источники.

Опыт проведения исследований на модуле «Квант», как и на борту более ранних орбитальных станций, в том числе серии «Салют», показал существенные сложности работы с инструментами рентгеновского диапазона, размещёнными на пилотируемых космических аппаратах. Среди них: ограниченность сеансов наблюдений в случае, если необходимо привлекать для работы космонавтов, поглощение мягкого рентгеновского излучения в микроатмосфере вокруг орбитальной станции, оседание вещества этой микроатмосферы на захлаженные части рентгеновских инструментов. Кроме того, динамические механические нагрузки на станции накладывают свои ограничения на параметры системы автономного наведения и стабилизации аппаратуры. Всё это вместе взятое постепенно привело к отказу от реализации масштабных астрофизических проектов на базе пилотируемых космических кораблей. Среди плюсов необходимо

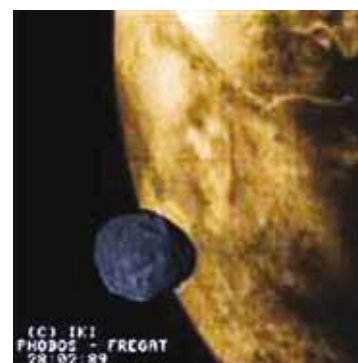
On February 20, 1986 the base unit of *Mir* orbital scientific station with six docking ports was launched. During its 15-year lifetime *Mir* was visited by 105 astronauts. 10 years it was operated in manned mode. About 18 thousand experiments were performed onboard, with IKI scientists taking part in many of those. Since 1987 the station began studying X-ray sources using *Rentgen* observatory installed in the *Kvant* scientific module.

Kvant legacy, as well as that of earlier *Salyut* series, showed significant difficulties with X-ray instruments borne by manned spacecraft. These are limited crew observation times, absorption of soft X-ray radiation in the microatmosphere around the space station, condensation of this atmosphere on cold parts of X-ray instruments, to name just a few. In addition, dynamic mechanical loads on the station limited the capacities of the automatic pointing and stabilization systems. All these factors led to abandonment of major astrophysical research on manned spacecraft. Advantages however included the possibility to repair the equipment by the crew. For example in 1988 astronauts replaced a faulty detector in *Kvant's* telescope that ensured another several years of sustainable operation.



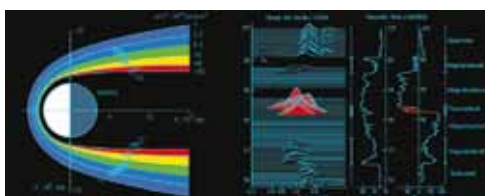
Космический аппарат «Фобос-2» в цехе НПО им. С. А. Лавочкина. Учёные ИКИ на космодроме станции «Фобос-2»

Phobos-2 spacecraft at the Lavochkin Association plant. IKI's scientists at the cosmodrome near Phobos-2 spacecraft



Фотографии Марса и Фобоса, полученные фотокамерами аппарата «Фобос-2»

Mars and Phobos images obtained by Phobos-2 cameras



Магнитосфера Марса — результаты работы приборов аппарата «Фобос-2»

Martian magnetosphere as seen by Phobos-2 instruments

Карты Марса по материалам прибора «Термоскан». В ИКИ АН СССР расшифровкой этой информации занимался В. И. Мороз

Maps of Mars by Termoscan instrument. These data were processed by V. I. Moroz

отметить возможность ремонта аппаратуры космонавтами. Так, в 1988 году на модуле «Квант» космонавты заменили неисправный детектор телескопа ТТМ (телескоп с теневой маской), и он после этого ещё долгое время продолжал успешно работать.

7 и 12 июля 1988 года запущены АМС «Фобос-1 и -2». Планировалось вывести их на орбиту искусственных спутников Марса (ИСМ), близкую к орбите Фобоса. Программа предусматривала многократные сближения с марсианским спутником, пассивные и активные дистанционные исследования его поверхности, посадку на него малых станций.

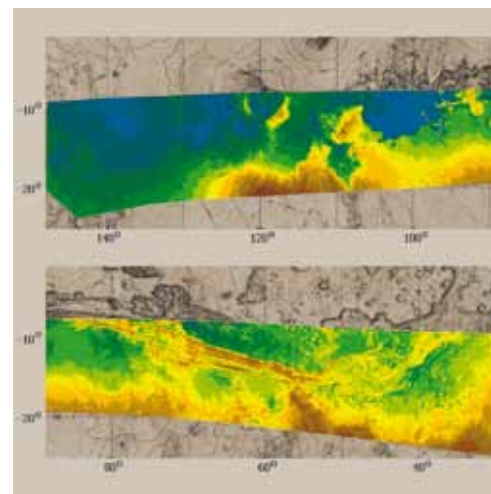
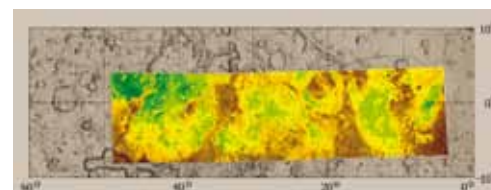
В сентябре 1988 года «Фобос-1» был потерян на пути к Марсу из-за ошибки, допущенной управлением ЦУП при выдаче команд. «Фобос-2» выведен на орбиту ИСМ в конце января 1989 года. За два месяца его работы получено гораздо больше данных, чем во всех других отечественных марсианских программах. В частности, впервые были проведены масс-спектрометрические измерения, которые позволили обнаружить плазменные слои в магнитном хвосте Марса.

On July 7 and 12, 1988 twin *Phobos-1* and *-2* interplanetary stations were launched. The plan was to put them into orbit around Mars, close to that of Phobos. The program included multiple rendezvous with Phobos, passive and active probing of its surface, and landing small stations onto it.

In September 1988 *Phobos-1* was lost on its way to Mars due to an error in command transmission. *Phobos-2* was inserted into Martian orbit in late January, 1989. During the two months of its mission scientists received more data than in all previous Soviet Martian program. In particular, mass spectrometric measurements discovered plasma layers in the Mars magnetic tail.

Изображения поверхности Марса, полученные прибором «Термоскан» аппарата «Фобос-2» — приоритетное достижение советских учёных

Mars surface images obtained by Termoscan instrument were pioneer results of Soviet scientists





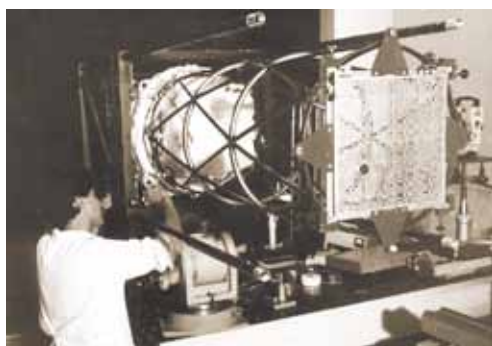
Обсерватория «Гранат».
Основные инструмен-
ты — АРТ-П и СИГМА —
рентгеновские телескопы
с кодирующими масками

Granat observatory. Main
instruments — ART-P
and SIGMA X-ray telescopes
with coded aperture



Телескоп СИГМА
на испытаниях в ЛИС ИКИ

SIGMA telescope during tests
at IKI's laboratory testing
station



Один из четырёх
«глаз» с кодирующей
маской телескопа АРТ-П
на стенде в ИКИ

One of the four "eyes" of ART-P
telescope with coded mask
at IKI's test bench

1 декабря 1989 года выведена на орбиту космическая рентгеновская обсерватория «Гранат». Среди важнейших результатов её наблюдений — открытие вспыхивающего рентгеновского пульсара, слежение за изменением периодов вращения ещё 12 рентгеновских пульсаров, обнаружение десятков рентгеновских всплесков от нейтронных звёзд-барстеров. Обсерватория «Гранат» работала в космосе почти 10 лет.

Была также предпринята первая попытка исследований гамма-всплесков одновременно в оптическом, инфракрасном и радиодиапазонах. На борту орбитальной обсерватории был установлен прибор «Подсолнух», который представлял собой комплекс рентгеновских и оптических детекторов, включаемых по результатам грубого измерения положения гамма-всплеска прибором «Конус».

On December 1, 1989 Granat space X-ray observatory was put into orbit. Among the most important results of its work are discovery of a flashing X-ray pulsar, tracking changes in rotation period of 12 other X-ray pulsars, detection of dozens of X-ray bursts from neutron stars. Granat worked in space for almost 10 years.

It was also the first attempt to study gamma-ray bursts (GRBs) in optical, infrared and radio bands simultaneously. The observatory was equipped with *Podsolnukh* ("Sunflower") system essentially consisting of X-ray and optical detectors activated after instrument *Konus* ("Cone") roughly measured gamma-ray burst position.

Ракета-носитель
«Протон» со спутником
«Гранат» на стартовой
площадке космодрома
Байконур

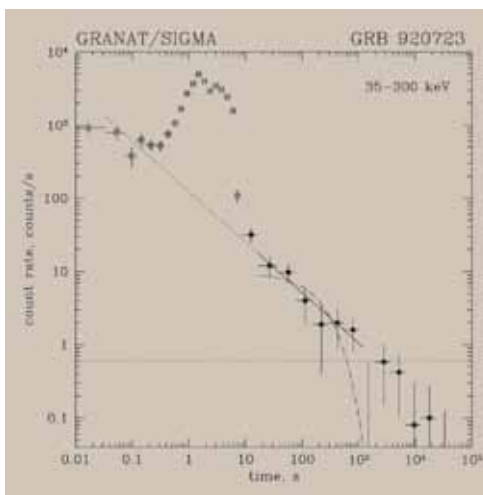
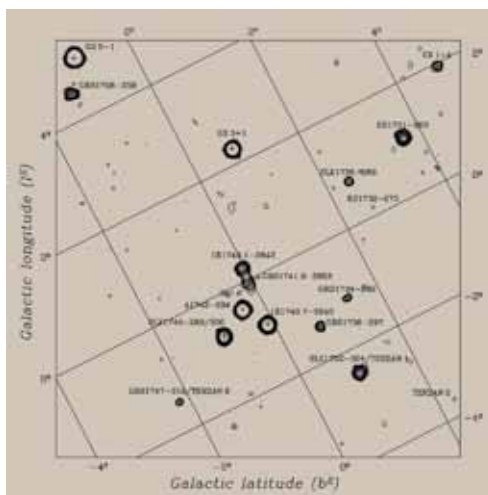
Proton launcher with Granat
spacecraft atop at Baikonur
launch pad



Группа сотрудников
ИКИ, разработчиков
телескопа АРТ-П,
у лётного образца
прибора на испытаниях
в ЛИС

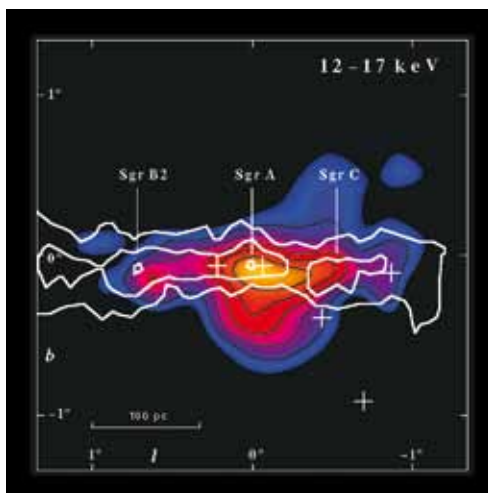
IKI's scientists and engineers,
who developed ART-P
telescope, near the flight unit
of the instrument at test in
laboratory testing station





Космический аппарат «Гранат» проработал на орбите 9 лет и стал крупнейшей международной космической астрофизической обсерваторией. Он стал одним из первых в мире искусственных спутников с непрерывным режимом направленного наблюдения до 24 часов в сутки. Открыты более двух десятков неизвестных ранее рентгеновских источников, зарегистрировано более 250 космических гамма-всплесков. Впервые построено изображение центра Галактики с высоким разрешением

Granat spacecraft operated for 9 years and was the large-scale international space astrophysical observatory. It was among the first artificial satellites to achieve the mode of continuous oriented observations up to 24 hours/day. It discovered more than 20 previously unknown X-ray sources, more than 250 gamma-ray bursts were detected. A high-resolution image of Galactic Centre was made for the first time ever



Вверху слева: рентгеновское изображение поля Галактического центра $8 \times 8''$ в диапазоне энергий 3...17 кэВ, полученное телескопом АРТ-П. Открыты три рентгеновских источника. Вверху справа: первое наблюдение мягкого гамма-послесвечения яркого космического гамма-всплеска 23 июля 1992 года, оказавшегося в поле зрения телескопа СИГМА

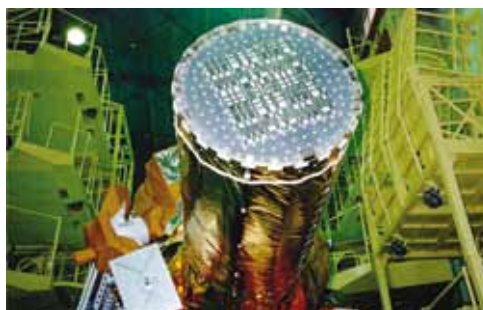
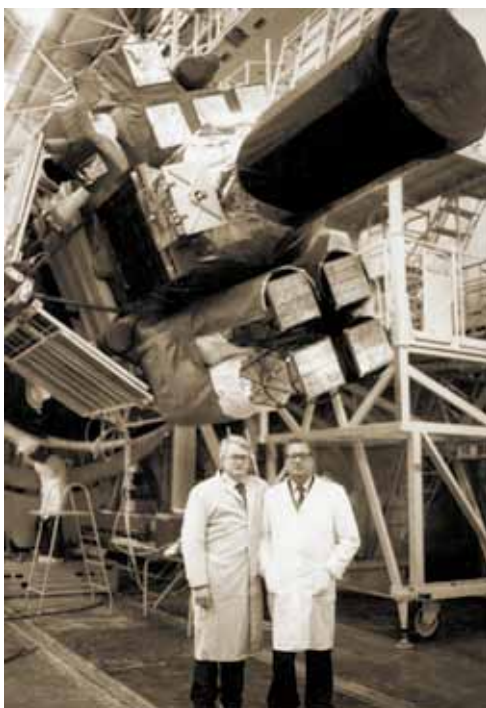
Top left. X-ray image of Galactic Centre $8 \times 8''$ in 3...17 keV energy band, obtained from ART-P. Three X-ray images were discovered. Top right. The first observation of soft gamma-ray afterglow of bright space gamma-ray burst on July 23, 1992, which got into SIGMA's field of view

Слева: изображение области центра Галактики в диапазоне энергий 3...17 кэВ, полученное телескопом АРТ-П обсерватории «Гранат». Белые контуры показывают распределение молекулярного газа

Left. Image of Galactic Centre in 3-17 keV energy band, obtained from ART-P telescope onboard Granat observatory. White contours depict the distribution of molecular gas

Обсерватория «Гранат» в монтажно-испытательном корпусе космодрома

Granat observatory at the cosmodrome's integrating and test building



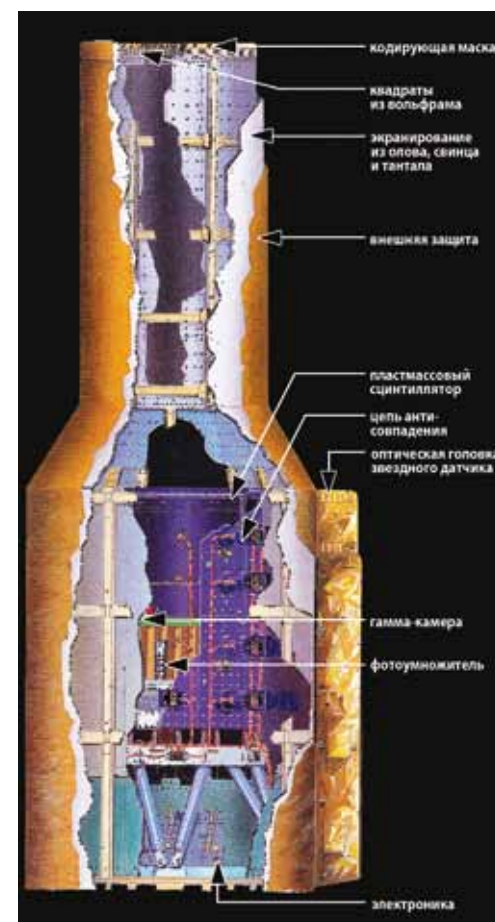
Под обсерваторией «Гранат» на 31-й площадке Байконура Б. С. Новиков — технический руководитель комплекса КНА «Гранат» от ИКИ АН СССР и В. П. Никифоров — руководитель испытаний КА «Гранат» от НПО им. С. А. Лавочкина

Under Granat observatory at Baikonur pad 31. B.S. Novikov, technical supervisor of Granat scientific package from IKI side, and V.P. Nikiforov, testing supervisor of Granat spacecraft, from Lavochkin Association



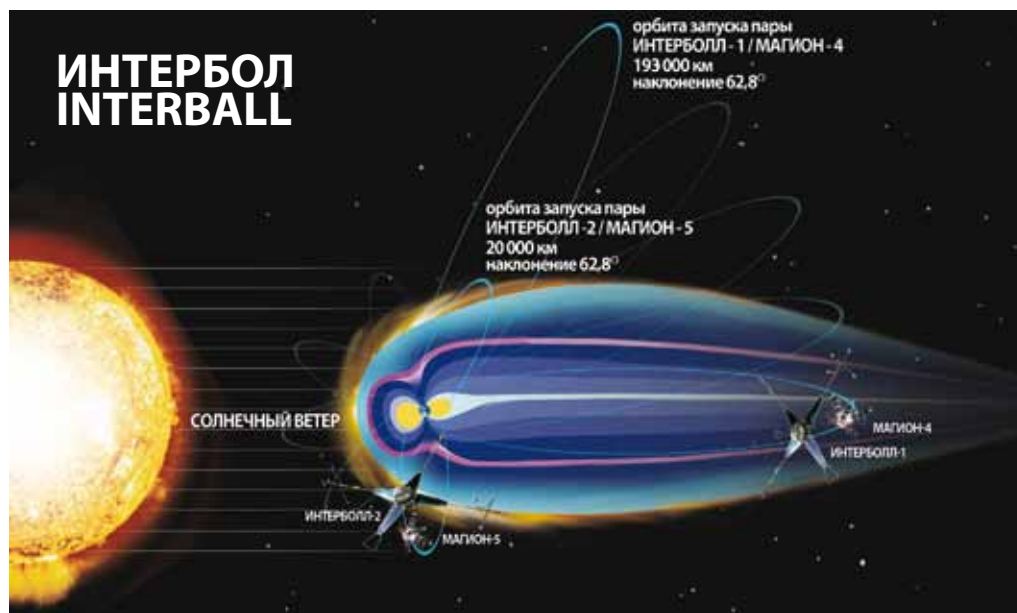
Многопроволочная пропорциональная камера (МПК) с технологической решёткой на входном окне телескопа АРТ-П
Multiwire proportional camera (MPK) with technological grid on ART-P aperture

Схема телескопа СИГМА обсерватории «Гранат»
SIGMA telescope's layout



Проект ИНТЕРБОЛ — один из ключевых элементов большой международной программы исследования солнечно-земных связей. Кроме спутников «Интербол-1» («Прогноз-11») и «Интербол-2» («Прогноз-12») и отделяемых от них чехословацких субспутников «Магион-4» и «Магион-5» в комплексную систему исследований солнечно-земных связей вошли: японо-американский спутник GEOTAIL, американский КА WIND, российско-украинские космические аппараты «Коронас-И» и «Коронас-Ф», европейско-американская солнечная обсерватория SOHO, американский спутник POLAR

Project Interball — one of the key parts of the InterAgency Solar-Terrestrial Physics Program (IASTP). Besides Interball-1 (Prognoz-11) and Interball-2 (Prognoz-12) and their Czechoslovak subsatellites Magion 4 and Magion 5 it counted Wind (NASA), Polar (NASA), SOHO (NASA), Geotail (NASA/JAXA), Koronas I and Koronas F (Roscosmos/Ukraine), etc.



3 августа 1995 года запущен первый КА проекта ИНТЕРБОЛ — «Интербол-1» (СО-М2 № 512, «Хвостовой зонд») с его субспутником «Магион-4» с пусковой установки 17П32-3 (317/3) космодрома Плесецк ракетой-носителем «Молния» на орбиту с апогеем 193 000 км и наклонением 62,8°

29 августа 1996 года запущен второй КА проекта ИНТЕРБОЛ — «Интербол-2» (СО-М2 № 513, «Авроральный зонд») с его субспутником «Магион-5» с пусковой установки 17П32-3 (317/3) космодрома Плесецк на орбиту с апогеем 20 000 км и наклонением 62,8°

On August 3, 1995, the first spacecraft of project Interball was launched, which was Interball 1 (SO-M2 No512, Tail Probe) with its subsatellite Magion 4. It was lofted by Molniya launcher from the launch pad 17P32-3 (317/3) at Plesetsk cosmodrome and inserted into an orbit with 193 000 km apogee and 62.8 deg inclination

On August 29, 1996, the second spacecraft of project Interball was launched, which was Interball 2 (SO-M2 No513, Auroral Probe) with its subsatellite Magion 5. It was lofted by Molniya launcher from the launch pad 17P32-3 (317/3) at Plesetsk cosmodrome and inserted into an orbit with 20 000 km apogee and 62.8 deg inclination

3 августа 1995 года началась реализация проекта ИНТЕРБОЛ (1995–2000). В самом названии проекта определилась главная его задача — поиск в магнитосферной плазме «огненных шаров» («файрболов») и исследование взрывных процессов нагрева и ускорения в них плазмы, приводящих к вспышкам полярных сияний и магнитным бурям.

Были запущены две пары спутник-субспутник. Первая, с апогеем 200 тысяч километров, выполняла измерения в хвосте магнитосферы, каспах, вблизи магнитопаузы, в магнитослое и солнечном ветре. Вторая пара, с апогеем 20 тысяч километров, исследовала магнитосферную плазму над овалом полярных сияний, полярной шапкой и в каспе на средних высотах. Система из двух основных аппаратов — «Хвостовой зонд», «Авроральный зонд» и двух субспутников «Магион» позволила детально исследовать процессы одновременно в различных областях околоземного космического пространства, разделить пространственные и временные вариации измеряемых параметров.

Измерения, выполненные по проекту ИНТЕРБОЛ, заставили пересмотреть представления о процессах в плазменном слое магнитосферы, изучить крупномасштабную динамику её возмущений при выбросе из внешних областей Солнца (солнечной короны) больших масс горячей плазмы и формирование гигантских «магнитных облаков» в солнечном ветре. Удалось исследовать глобальную перестройку всей магнитосферной системы.

On August 3, 1995 Interball (1995–2000) project was launched. As stated in the name, its main task was to search for so-called “fireballs” in the magnetospheric plasma; it also studied explosive processes of heating and acceleration of plasma, which lead to auroras and magnetic storms.

Two pairs “satellite-subsatellite” were launched. The first one in the orbit with an apogee of 200 thousand km performed measurements in the magnetotail, cusps, near the magnetopause, in magnetosheath, and solar wind. The other pair in the orbit with an apogee of 20 thousand kilometers examined magnetospheric plasma above the auroral oval, the polar cap, and in cusps at medium altitudes. The system of two main satellites: *Tail Probe*, *Auroral Probe* — and two *Magion* subsatellites meticulously studied simultaneous processes in different areas of near-Earth space, thus separating spatial and temporal variations of the measured parameters.

Results obtained by *Interball* instruments led to reconsideration of the ideas about the processes in the plasma layer of the magnetosphere. They also suggested studying the large-scale disturbances during emissions of tremendous amounts of hot plasma from solar corona and formation of giant “magnetic clouds” in the solar wind. The scientists were able to explore the global dynamic processes in the entire magnetosphere.



«Интербол-1» («Прогноз-11») на испытаниях в цехе НПО им. С.А. Лавоочкина

Interball 1 (Prognoz 11) during tests at Lavochkin Association

Чехословацкий субспутник «Магион-4» спутника «Интербол-1», на испытаниях

Czechoslovak subsatellite Magion 4 of Interball-1 during tests



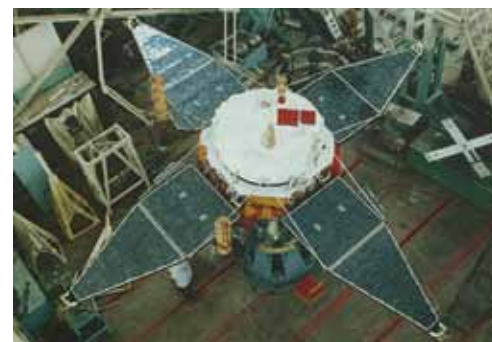


Комплексные испытания исследовательского аппарата «Интербол-2» в НПО им. С. А. Лавочкина

Interball-2 undergoes complex tests at Lavochkin Association

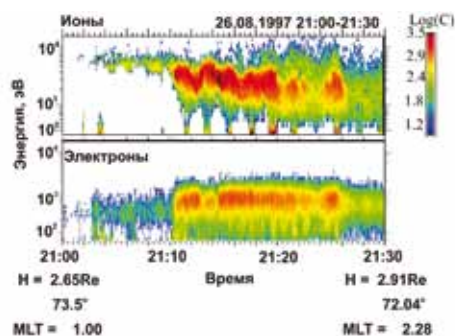
Сборка спутников «Интербол-1 и -2» в цехах НПО им. С. А. Лавочкина

Right. Interball 1 and 2 assembling at Lavochkin Association plants



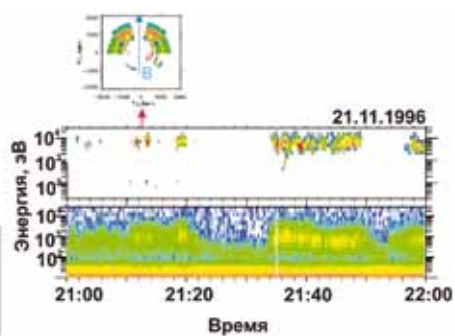
Результаты измерений существенно повлияли на представления о физике магнитосфер больших планет, а также на теорию процессов в далёких астрофизических объектах.

The data also were highly influential for the understanding of the magnetosphere physics of the major planets, as well as processes taking place at distant astrophysical objects.



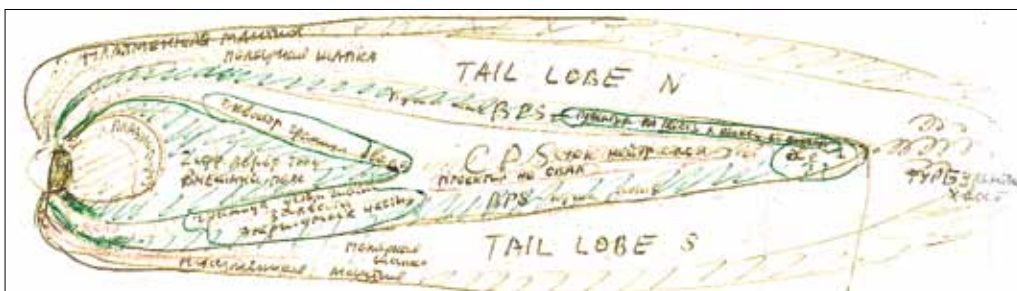
Результаты синхронных измерений КА «Интербол-2»

Results of synchronous observations by Interball 2



Результаты синхронных измерений КА «Интербол-1»

Results of synchronous observations by Interball 1



Данные спутников «Интербол-1 и -2»

Interball-1 and-2 data

Реализация миссии ИНТЕРБОЛ стала, по признанию мировой научной общественности, выдающимся вкладом в исследование физики околоземного пространства и солнечно-земных связей. Главной её целью было изучение физических механизмов, которые ответственны за передачу энергии солнечного ветра в магнитосферу, её накопление там и последующую диссипацию в хвосте и авроральных областях магнитосферы, в ионосфере и верхней атмосфере во время магнитосферных суббурь. Уникальность проекта связана с тем, что, вместе с изучением глобальных, крупномасштабных явлений в околоземном космическом пространстве, исследовалась их тонкая, мелкомасштабная структура, что стало возможным на основе сопоставления данных, полученных от основных аппаратов и их субспутников

Слева: схема ночной магнитосферы Земли, нарисованная Юрием Ильичом Гальпериным, выдающимся учёным ИКИ, в 1988–1989 годах и хранящаяся у Льва Матвеевича Зеленого. Схема основана на работе Гальперина и Фельдштейна 1987 года

Left. The outline of the Earth night-side magnetosphere, drawn by Yuri I. Galperin, IKI's eminent scientist, in 1988–1989, and kept by Lev M. Zelenyi. The outline is based on the paper by Galperin and Feldstein, 1987

Interball mission was internationally acknowledged as an important contribution to the studies of near-Earth physics and solar-terrestrial relations. Its main goal was to study physical mechanisms underlying the transfer of solar wind energy into the magnetosphere, its accumulation, and subsequent dissipation in the tail and auroral regions, in the ionosphere, and the upper atmosphere during magnetospheric substorms. Project's special feature was that it studied at the same time global large-scale phenomena in the near-Earth space and their thin small-scale structure, which became possible by comparing the data of main spacecraft and their subsatellites

Впервые в истории российский нейтронный детектор ХЕНД, созданный в ИКИ, с борта американского спутника Марса проекта 2001 МАРС-ОДИССЕЙ обнаружил огромные запасы воды под поверхностью Марса

For the first time large amounts of water under the surface of Mars were discovered by Russian neutron detector HEND, developed and built at IKI, aboard NASA's 2001 Mars Odyssey spacecraft



Назначение прибора ХЕНД — измерение предельно низких (не более 10^2 нейтрон/см²·с) потоков нейтронов (в энергетическом диапазоне от 0,4 эВ до 10 МэВ) и гамма-излучения (в энергетическом диапазоне от 300 кэВ до 10 МэВ) в межпланетном пространстве в течение полёта до Марса, а также проведение мониторинга и картографирования нейтронного и гамма-полей Марса и ближайшего околопланетного пространства с около-марсианской орбиты.

Основные технические характеристики прибора: масса — 3695 г; энергопотребление — 5,7 Вт при напряжении питания 28 В; объём научной телеметрической информации — 1 МБ/сут; тепловые условия — собственная система обеспечения теплового режима

Прибор ХЕНД — детектор нейтронов высоких энергий, созданный в ИКИ
HEND — High Energy Neutron Detector, built in IKI

HEND's objectives — to measure low fluxes of neutrons — less than 10^2 neutron/cm²·s and gamma-ray radiation (300 keV – 10 MeV energy range) in the interplanetary space during cruise phase to Mars and monitoring and mapping of neutron and gamma-ray fields of Mars and the space nearest to the planet, while on orbit around Mars.

Main technical parameters: mass: 3695 g; energy consumption: 5.7 W at 28 V supply voltage; telemetric scientific data volume: 1 Mb/day; temperature conditions: intrinsic system of thermal condition maintenance



Места расположения приборов на научной палубе аппарата «2001 Марс-Одиссей»

Instruments placement on 2001 Mars Odyssey science deck



Спутник НАСА «2001 Марс-Одиссей» на орбите Марса (© NASA)

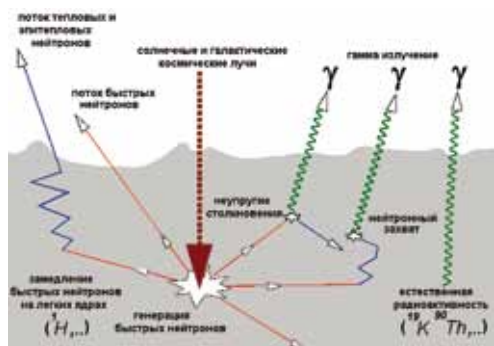
2001 Mars Odyssey spacecraft on the orbit around Mars (© NASA)

7 апреля 2001 года запущена американская АМС «Марс-Одиссей». Разработанный в ИКИ РАН и установленный на борту станции нейтронный детектор HEND (High Energy Neutron Detector, ХЕНД) успешно выполнил одну из основных задач миссии — исследования нейтронного излучения Марса. По данным прибора обнаружены огромные запасы воды непосредственно под поверхностью Марса и измерена динамика сезонных отложений углекислоты на поверхности планеты.

On April 7, 2001 the United States launched the *Mars Odyssey* automated spacecraft. Among other instruments it carried HEND (short for “High-Energy Neutron Detector”) developed in IKI, which successfully accomplished one of the mission tasks to study Mars neutron radiation. The instrument showed large water reservoirs just below the surface of Mars, and measured the dynamics of seasonal carbon dioxide sedimentation on the planet's surface.

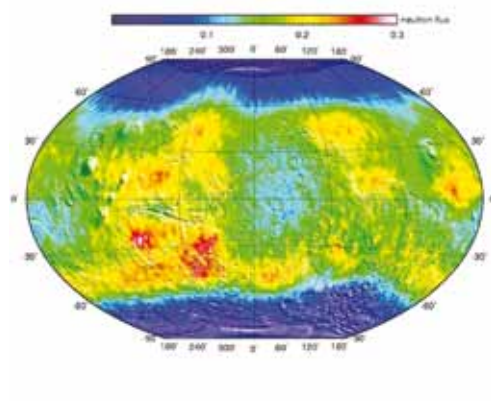
Логотип программы ХЕНД миссии НАСА исследования Марса «2001 Марс-Одиссей»

HEND program insignia (NASA's 2001 Mars Odyssey exploration mission)



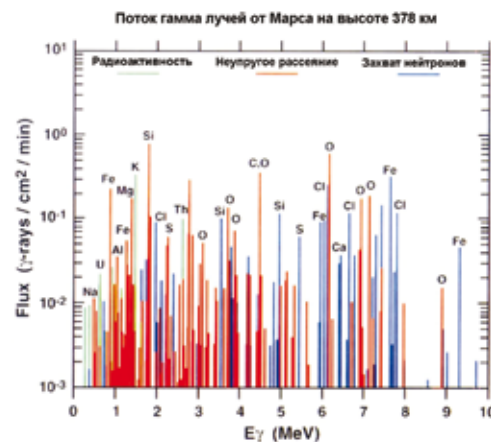
Нейтроны испытывают два типа ядерных реакций — неупругого рассеяния для быстрых нейтронов и реакции захвата эпитепловых и тепловых нейтронов ядрами

Neutrons undergo two types of nuclear reactions: inelastic scattering (fast neutrons) and capture by nuclei (epithermal and thermal neutrons)



Нейтронная карта распределения элементов на Марсе по данным прибора ХЕНД

Map of elemental distribution on Mars according to HEND data



Ядерная гамма-спектроскопия позволяет однозначно установить относительное количество ядер того или иного элемента

Nuclear gamma-ray spectroscopy allows one to determine relative abundance of an element unambiguously



Астрофизическая обсерватория «Интеграл» Европейского космического агентства позволила учёным ИКИ сделать много значимых открытий мирового уровня (© ESA)

Thanks to Integral astrophysical observatory (ESA), IKI's scientists have attained to many recognized discoveries (© ESA)



Рашид Алиевич Сюняев с группой учёных и создателей обсерватории «Интеграл» на испытаниях

Academician Rashid A. Sunyaev with scientists and developers during tests

17 октября 2002 года запущена Международная астрофизическая гамма-обсерватория «Интеграл». Российские учёные получили право на 25 % её наблюдательного времени. Уже первые сеансы дали яркие научные результаты. В частности, в гамма-лучах построена детальная карта центра нашей Галактики с чувствительностью, значительно превышающей результаты всех предшествующих исследований. Открыто жёсткое рентгеновское излучение от галактического молекулярного облака, находящегося на расстоянии 300 световых лет от чёрной дыры в центре нашей Галактики. Обнаружены новая популяция источников гамма-излучения и новый класс космических гамма-всплесков, светимость которых в тысячи раз ниже, чем у «стандартных» источников.

On **October 17, 2002** the **INTErnational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory (Integral, European Space Agency)** was launched. Russian scientists have the right for 25 % of its observation time. Since the very first sessions it has been delivering interesting scientific results. For example, a detailed gamma-ray map of the center of the Milky Way was made with sensitivity much higher than in any previous studies. Hard X-ray emission coming from the molecular cloud located 300 light years away from the black hole in the center of our Galaxy was discovered. A new population of gamma-ray sources was found together with a new class of space gamma-ray bursts with luminosity thousands of times as low as that of “standard” sources.



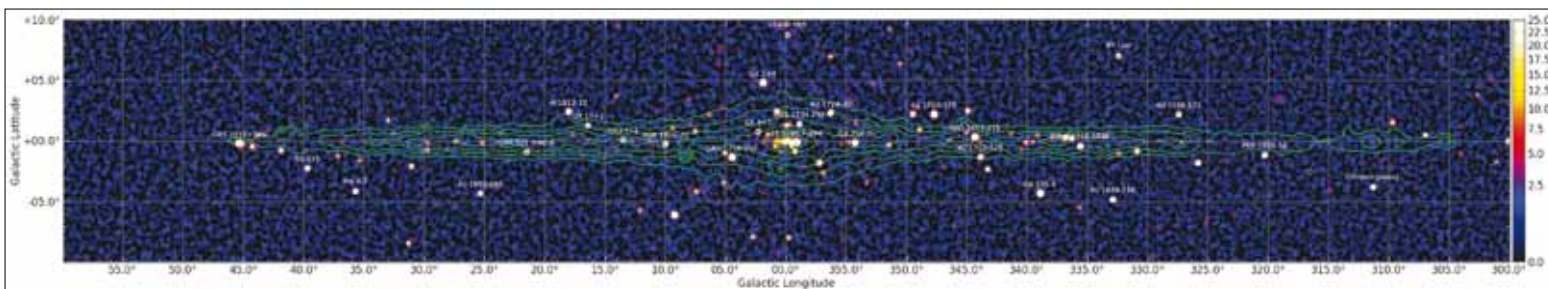
Логотип проекта ИНТЕГРАЛ
Project Integral insignia

Российский центр научных данных проекта ИНТЕГРАЛ в ИКИ
Integral Science Data Centre in IKI



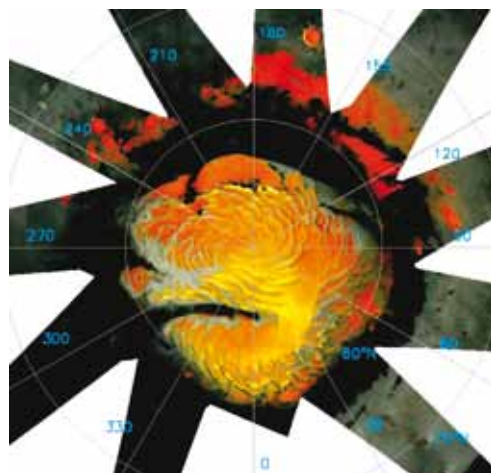
Карта галактической плоскости в диапазоне энергий 17...60 кэВ, полученная обсерваторией «Интеграл»

Map of Galactic plane in 17...60 keV energy range, obtained by Integral

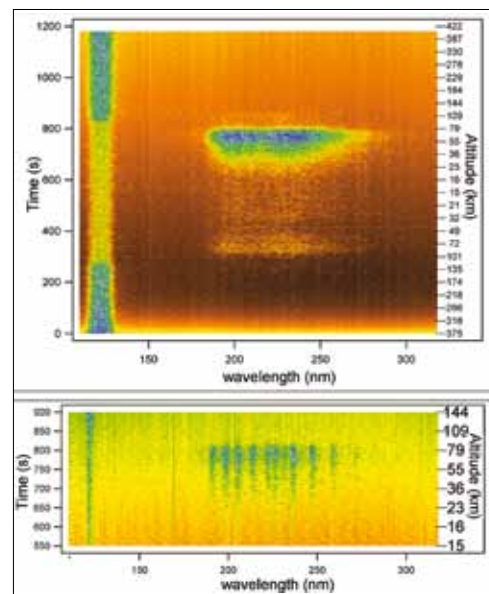




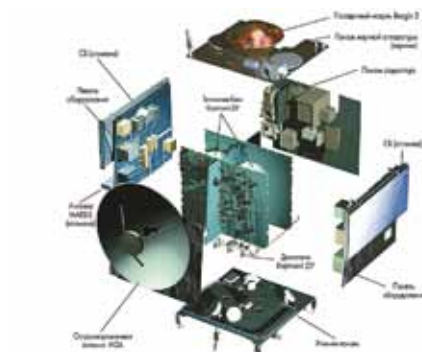
Космический аппарат Европейского космического агентства «Марс-Экспресс» (© ESA)
Mars Express spacecraft (© ESA)



Полярная зона Марса по материалам прибора ОМЕГА
Mars polar region according to OMEGA data



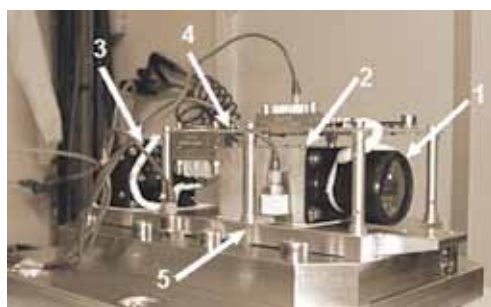
Ночное свечение атмосферы Марса, обнаруженное прибором СПИКАМ
Mars atmospheric nightglow, found by SPICAM



Компоновка аппарата «Марс-Экспресс» (© ESA)
Mars Express configuration (© ESA)



Прибор ВИРТИС
VIRTIS instrument



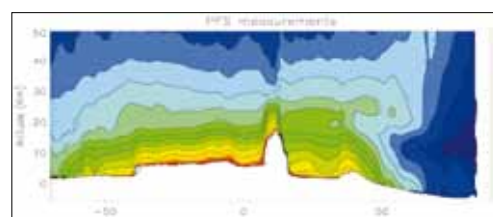
Инфракрасный канал прибора СПИКАМ на вибростенде: 1 — объектив; 2 — АОПФ; 3 — детектор; 4 — электроника; 5 — механическая часть
IR channel of SPICAM instrument on vibrobench: 1 — lens; 2 — AOPF; 3 — detector; 4 — electronics unit; 5 — mechanical part

2 июня 2003 года началась первая европейская планетная миссия МАРС-ЭКСПРЕСС. Проект был задуман как «экспедиция спасения» проекта МАРС-96, когда российская станция не вышла на траекторию полёта к планете. Научные задачи и состав аппаратуры станции «Марс-Экспресс» были «унаследованы» от погибшего российского аппарата. ИКИ разработал и изготовил ряд узлов и блоков для спектрометров ОМЕГА, ПФС (планетарный фурье-спектрометр) и СПИКАМ (спектрометр для изучения характеристик атмосферы Марса), установленных на борту станции. Спектральные измерения, выполненные с их помощью, позволили впервые напрямую обнаружить водяной лёд в постоянной южной полярной шапке, дали ряд других пионерских научных результатов.

Кроме орбитального отсека, станция несла малый посадочный аппарат «Бигль-2». Учёные ИКИ РАН принимали участие в создании для него мёссбауэровского спектрометра. К сожалению, посадка «Бигля-2» на поверхность была неудачной.

On June 2, 2003 the first European interplanetary mission *Mars Express* began. It was conceived as a “rescue mission” for the *Mars-96* project, when the Russian station of the same name failed to enter the cruise trajectory to the planet. *Mars Express*’ program and equipment were “inherited” from the lost Russian mission. IKI developed and built a series of assemblies and units for OMEGA, PFS, and SPICAM spectrometers, installed aboard the space station. Their spectral measurements allowed for the first time to detect water ice directly, in the southern permanent polar cap, and yielded a number of other pioneering scientific results.

In addition to the orbital unit, the station carried a small lander *Beagle 2*. IKI scientists participated in development of Moessbauer spectrometer. Unfortunately *Beagle 2* crashed during landing.

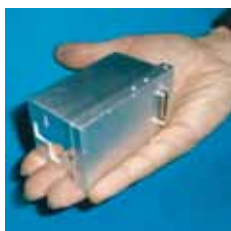


Распределение температуры атмосферы Марса по широте и высоте по данным прибора ПФС
Temperature distribution of the Martian atmosphere by latitude and altitude, according to PFS



Так выглядели американские марсоходы первого поколения «Спирит» и «Оппортьюнити» на испытаниях (© NASA)

Spirit and Opportunity first-generation Martian rovers during tests (© NASA)



Российский мёссбауэровский спектрометр для марсоходов «Спирит» и «Оппортьюнити»

Russian Mössbauer spectrometer for Spirit and Opportunity Mars Exploration Rovers (© NASA)

В январе-феврале 2004 года на Марс были доставлены американские марсоходы «Спирит» (Spirit) и «Оппортьюнити» (Opportunity). На них были установлены мёссбауэровский и альфа-рентгеновский спектрометры, осуществлявшие минералогический и элементный анализ грунта. Сотрудники ИКИ РАН калибровали приборы и создали каталог спектров минералов, наличие которых ожидалось в составе марсианского грунта. Уже первые данные позволили назвать основные группы минералов, составляющих марсианский грунт, — оливины (на Земле они имеются в лавовых породах) и силикаты.

9 ноября 2005 года была запущена межпланетная станция «Венера-Экспресс», которая стала первым за последние два десятилетия космическим аппаратом, специально нацеленным на исследования атмосферы, околопланетной плазмы и поверхности Венеры. Возврат к «забытой» планете с использованием современного, с широкими возможностями орбитальных наблюдений, космического аппарата, оснащённого мощным комплексом научной аппаратуры, позволил провести глобальный обзор физических процессов в атмосфере планеты, уточнить результаты ранее выполненных исследований, дополнить их новыми данными.

Российские учёные (в том числе из ИКИ) были привлечены к проекту на самых ранних этапах его подготовки, внесли значительный вклад в разработку научной программы и бортовой аппаратуры и стали полноправными участниками миссии.



Подготовка аппарата «Венера-Экспресс» к вибрационным испытаниям

Venus Express (ESA) spacecraft prepared for vibration tests



Запуск космического аппарата ЕКА «Венера-Экспресс» ракетой-носителем «Союз» (© ESA)
Venus Express (ESA) spacecraft launched by Soyuz launcher (© ESA)

Французско-российско-бельгийский комплекс спектрометров УФ- и ИК-диапазонов — СПИКАВ/СУАР — для зондирования атмосферы Венеры

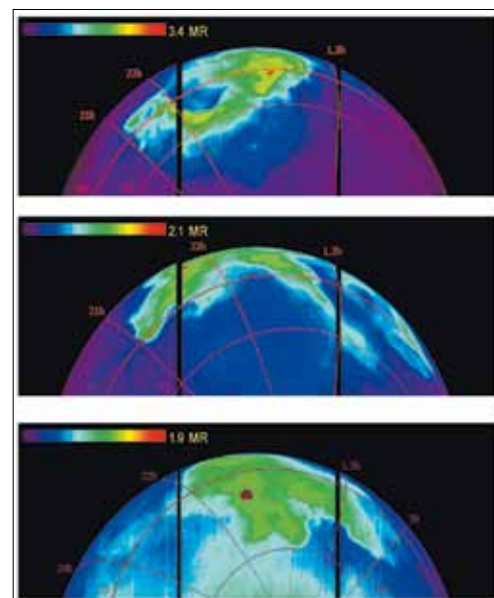
SPICAV/SOIR French-Russian-Belgian spectrometric complex in IR and UV ranges to sound the atmosphere of Venus



In January–February 2004 two US Mars exploration rovers *Spirit* and *Opportunity* landed on the planet. They carried Moessbauer and alpha particle X-ray spectrometers for mineralogical and elementary study of soil. IKI specialists calibrated the instruments and created a catalog of spectra for the minerals scientists expected to find in Martian soil. From the first retrieved data it was possible to point the main mineral groups composing the Martian soil: olivines (on the Earth they are found in lava rocks) and silicates.

On November 9, 2005 the interplanetary station *Venus Express* (European Space Agency) was launched, which became the first spacecraft in the past two decades fully assigned to study of the atmosphere, circumplanetary plasma and the surface of Venus. A modern, more advanced orbital station equipped with a powerful set of scientific instruments was brought to the “forgotten” planet and made a global review of the physical processes in the atmosphere, refined the results of previous studies, provided new data.

Russian scientists (including IKI specialists) were involved in the project from its inception and significantly contributed to the development of the scientific program and on-board equipment, becoming full participants in the mission.



Первое детектирование гидроксидов в атмосфере Венеры в результате эксперимента «Виртис» миссии ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС

First detection of hydroxyl in the atmosphere of Venus by experiment Virtis on Venus Express

Надирные наблюдения. Распределение свечения О₂ в южном полушарии Венеры

Nadir observations: maps of the O₂ nightglow distribution in the Southern hemisphere

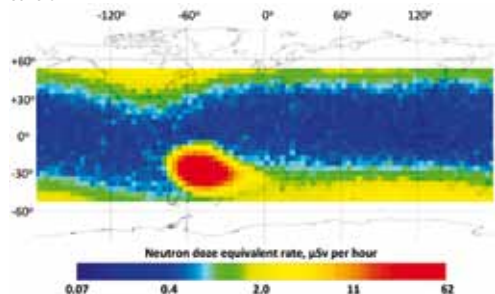


Американский астронавт Майкл Эладио Лопез-Алегрия во время установки детекторного блока БТН-МД на внешней поверхности служебного модуля «Звезда»

American astronaut Michael Lopez-Alegria during installation of the BTN-MD detector unit on the outer side of Zvezda service module

Блок БТН-МД в сборе с БТН-МФ с радиаторами закрытыми временными теплоизолирующими чехлами

BTN-MD unit with BTN-MF with radiators temporarily closed by thermal insulating covers



Прибор «БТН-Нейтрон» установлен в 2007 году на МКС и работает вне гермоотсека на российском служебном модуле «Звезда». Длительный эксперимент позволяет восстанавливать спектральную плотность нейтронного потока в окрестностях МКС, оценивать пространственные вариации спектральной плотности нейтронного потока и оценивать мощность нейтронной компоненты радиационной дозы

Since 2007, "BTN-Neutron" instrument is installed and works out of a pressurized area of the International space station at the Russian module "Zvezda". Long-term active mode of the experiment allows to restore neutron spectral density in vicinity of ISS, to estimate spatial variations of neutron spectral density and to estimate neutron component of radiation dose



Разрабатываемый в ИКИ РАН перспективный «БТН-Нейтрон-2» для МКС

BTN-Neutron 2 future experiment for the ISS, under development in IKI



Американский (НАСА) искусственный спутник Луны ЛРО — лунный орбитальный разведчик, несущий прибор ЛЕНД, созданный в ИКИ (© НАСА)

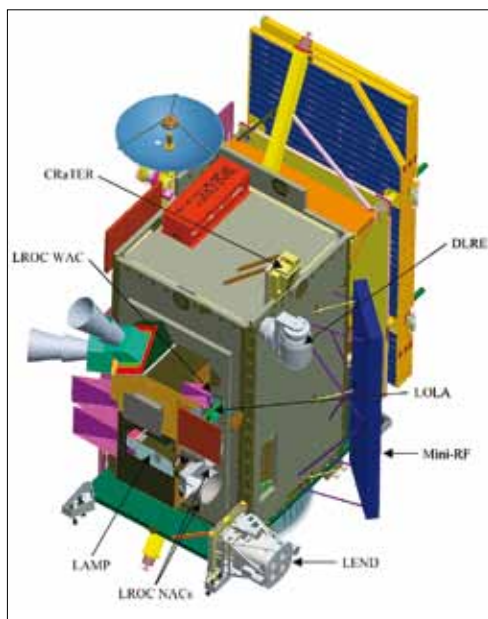
Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) — NASA's artificial satellite of the Moon, bearing LEND instrument developed in IKI (© NASA)

В феврале 2007 года на российском сегменте Международной космической станции в рамках программы «Наука на МКС» реализуется её первый научный эксперимент, получивший обозначение «БТН-Нейтрон» (бортовой телескоп нейтронов высоких энергий). Для его проведения использовался прибор БТН-M1 — по сути, запасной экземпляр аппаратуры ХЕНД, разработанной в ИКИ РАН для регистрации нейтронного излучения от планеты Марс с борта космического аппарата НАСА «Марс-Одиссей». Совместные измерения приборами ХЕНД с борта марсианского искусственного спутника и БТН-M1 с борта МКС позволили экспериментально оценить нейтронную компоненту радиационного фона на всех участках межпланетного перелёта Земля-Марс-Земля, получить синхронные данные о потоках нейтронов на околоземной и околомарсианской орбитах, а также провести мониторинг космических гамма-всплесков для определения координат их источников на небесной сфере. Эти работы будут продолжены: к настоящему времени в ИКИ РАН изготовлен прибор БТН-M2 для установки его на новом российском модуле МЛМ (многофункциональный лабораторный модуль).

В июне 2009 года на окололунную орбиту был выведен американский «Лунный орбитальный разведчик» (ЛРО — LRO, Lunar Reconnaissance Orbiter), в состав научной аппаратуры которого входил российский нейтронный детектор (телескоп) ЛЕНД (лунный исследовательский нейтронный детектор), созданный в ИКИ РАН.

In February 2007 *BTN-Neutron*, the first experiment within the program "Science on the ISS", was implemented on the Russian segment of the International Space Station. For the experiment IKI has developed *BTN-M1* instrument, which is essentially a backup for *HEND* instrument (see above) onboard NASA's *Mars Odyssey* spacecraft. Combining the data from *HEND* aboard the Martian orbiter with those from *BTN-M1* aboard the ISS the scientists evaluated neutron component of background radiation in all parts of interplanetary cruise trajectory "Earth-Mars-Earth", received synchronous data of neutron fluxes in Earth and Mars orbit, and collected data on GRBs, which are used to determine their coordinates on the celestial sphere. The work is still in progress as IKI specialists have recently developed the *BTN-M2* instrument to install it on the new Russian ISS module *MLM*.

In June of 2009, the US's *Lunar Reconnaissance Orbiter* (LRO) was put into lunar orbit. It was equipped with Russian neutron detector (telescope) *LEND* built in IKI. Three main practical tasks were addressed: to determine landing areas on the lunar surface optimal for both robotic and manned spacecraft; to search for water resources and potential minerals in the lunar subsurface; to study radiation environment on the lunar surface in terms of hazards for human beings.



«Научная палуба» спутника ЛРО с прибором ЛЕНД
(© NASA)

LRO science deck with LEND instrument (© NASA)



ЛЕНД — российский нейтронный детектор, созданный в ИКИ РАН

LEND is a Russian neutron detector, built in IKI

Российский прибор ЛЕНД был выбран NASA для измерения нейтронных полей с борта аппарата ЛРО. ЛЕНД позволяет получать карты с уникально высоким пространственным разрешением эмиссии нейтронов с поверхности Луны. Данные прибора ЛЕНД дали возможность изучить распределение воды в приполярных областях Луны. На основании этих данных NASA выбрало приполярный кратер Кабеус для бомбардировки космическим аппаратом «ЛКРОСС» для прямого изучения при выбросе грунта состава лунного реголита и поиска водяного льда

Russian LEND instrument was chosen by NASA to measure neutron fields from LRO. LEND maps neutron emissions from the lunar surface with very high spatial resolution. Its data were used to study water distribution in lunar circumpolar regions. On the base of this information, NASA chose near-polar Cabeus crater for operated collision during LCROSS mission to study lunar regolith composition and to search for water ice directly

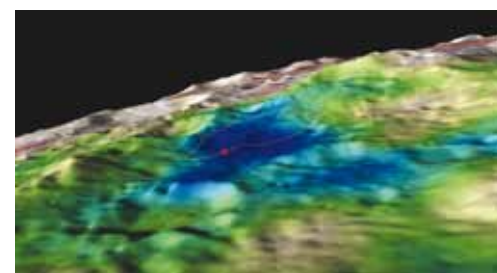
Это позволило приступить к решению трёх практических задач освоения Луны: исследованию оптимальных районов посадок на её поверхности как перспективных автоматических станций, так и пилотируемых кораблей; разведке водных ресурсов и потенциальных полезных ископаемых в лунных недрах; изучению радиационной обстановки на лунной поверхности с точки зрения воздействия на человеческий организм.

На первом этапе исследований данные российского нейтронного детектора позволили выбрать место столкновения с Луной аппарата LCROSS (Lunar CRater Observation and Sensing Satellite) (HACA), который был запущен вместе с ЛРО и предназначался для эксперимента по управляемой «бомбардировке» Луны. Планировалось, что состав вещества, выброшенного в результате столкновения разгонного блока «Центавр» и аппарата LCROSS с Луной, будет изучаться с помощью наземных обсерваторий и приборов аппарата ЛРО. Для столкновения был выбран кратер Кабеус, где относительное содержание водяного льда оказалось выше, чем в других областях Луны.

Прибор ЛЕНД подтвердил, что реголит в полярных областях Луны содержит относительно большое количество водяного льда — приблизительно 4 % в весовом соотношении, что хорошо согласуется с прямыми измерениями состава облака, поднявшегося над Луной в результате столкновения аппарата LCROSS с лунной поверхностью. Оказалось, что 5,6 % выброшенного материала — вода (это вдвое больше, чем содержание воды на Земле в пустыне Сахара).

During the first stage of the experiment LEND data helped to choose a site for collision with LCROSS (NASA) probe. It was launched together with LRO for an experiment on controlled “bombardment” of the Moon. Ground-based observatories and LRO instruments studied the dust ejecta, which rose after *Centaurus* upper stage and LCROSS probe fell on the Moon. Cabeus crater was selected for the collision, because content of water ice there was higher than in other regions of the Moon.

LEND confirmed that polar regolith contained relatively more water ice (about 4 % by weight), which agrees well with direct measurements of the ejecta’s composition. 5.6 % of the ejected material was water (this is twice as much as found in the Sahara desert).

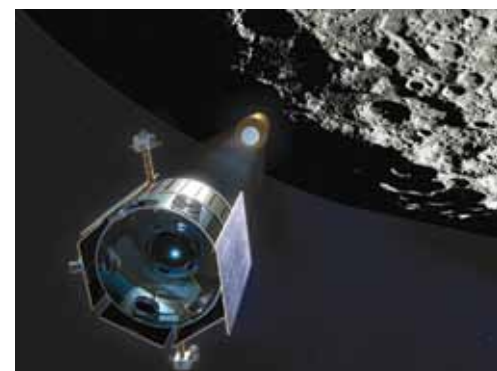


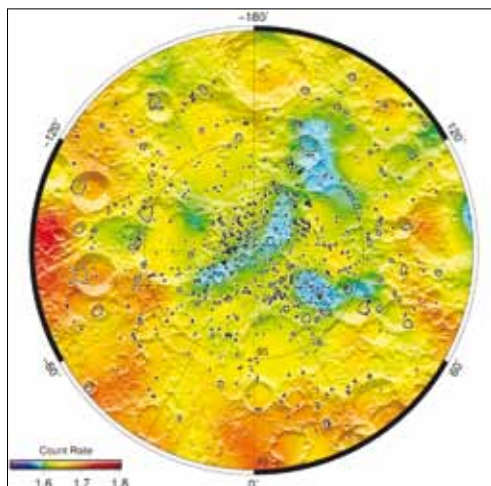
3D-модель кратера Кабеус с точкой прицеливания для эксперимента ЛКРОСС с целью прямого изучения состава лунного реголита и поиска водяного льда при выбросе грунта

3D model of Cabeus crater with the point of collision for LCROSS experiment

Эксперимент ЛКРОСС — удар отработавшей ступени «Центавр» ракеты «Атлас V» о поверхность Луны в кратере Кабеус. В ту же точку следом идёт зонд «Пастух», исследующий минеральный состав выбросов

LCROSS experiment — operated impact of *Centaurus* upper stage of *Atlas* rocket with the lunar surface in Cabeus crater. Just thereafter follows *Shepherd* spacecraft, which studied mineral composition of the ejecta





Нейтронная карта северного полюса Луны по данным российского нейтронного детектора ЛЕНД

Neutron map of the North pole of the Moon according to LEND Russian neutron detector data

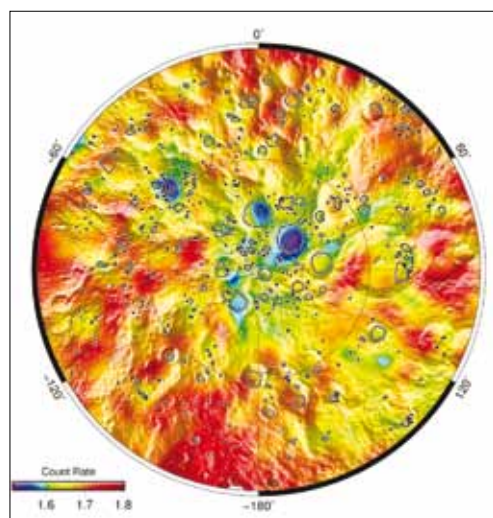
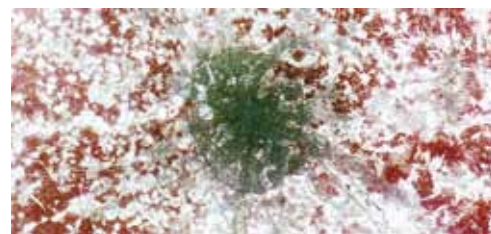
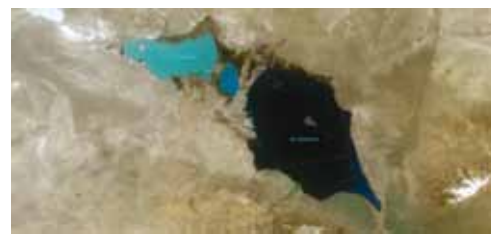


Спутник «Метеор-М» № 1 с установленным на нём комплексом многозональной спутниковой съёмки КМСС, разработанным и изготовленным в ИКИ РАН

Meteor-M No. 1 with the multispectral satellite imaging complex (KMSS), developed and built in IKI

Справа: примеры синтезированных изображений, полученных аппаратурой КМСС: дельта Волги, Казахстан, Москва

Right. Synthesized images acquired by KMSS: Volga river delta; Kazakhstan; Moscow



Нейтронная карта южного полюса Луны по данным российского нейтронного детектора ЛЕНД

Neutron map of the South pole of the Moon according to LEND Russian neutron detector data

На карте, построенной по данным российского прибора, видно, что район в кратере Кабеус с повышенным содержанием водорода простирается на 20 километров за границы постоянной затенённой области, которая была определена по измерениям, выполненным лазерным высотометром. Следовательно, водяной лёд в верхнем слое реголита может существовать и в тех областях, которые довольно сильно нагреваются под солнечными лучами в течение лунного дня. Это свидетельствует о том, что процессы лунного «круговорота воды» гораздо более сложны, чем считалось ранее.

17 сентября 2009 года на орбиту был выведен «Метеор-М1» — первый за последние десять лет отечественный метеорологический спутник. На его борту был установлен разработанный и изготовленный в ИКИ РАН комплекс многозональной спутниковой съёмки КМСС. Основное назначение этой аппаратуры — оперативный ежесуточный мониторинг всей территории Российской Федерации путём передачи на Землю цифровых снимков поверхности, полученных в шести зонах электромагнитного спектра. Ежедневно с помощью приборов КМСС получали изображения с восьми витков, проходящих над территорией РФ. Суммарное покрытие ежесуточного приёма изображений составляло более 40 млн кв. км. Технические характеристики съёмочной аппаратуры и применяемая технология обработки позволяли формировать геопривязанные цветосинтезированные цифровые

According to the map based on LEND data the area with high hydrogen content in Cabeus extends further than 20 km beyond the permanently shadowed area, calculated using laser altimetry. Hence water ice in the upper layers of regolith may exist even in the areas that are strongly heated in the sun during the lunar day. This suggests that lunar “water cycle” is much more complex than assumed earlier.

On **September 17, 2009** *Meteor-M1* meteorological satellite, the first one in the last ten years in Russia, was put into orbit. It featured the multispectral satellite imagery system (KMSS) designed and produced in IKI. This equipment was launched for daily real-time monitoring of the entire territory of the Russian Federation, through digital imagery of the surface obtained in six electromagnetic bands. Each day KMSS downlinked images obtained in the 8 orbits over Russian territory. The satellite’s total daily coverage exceeded 40 million square kilometers. The photo system together with image processing technology provided digital geo-tagged false-color images with spatial resolution of 80 m and swath view of 1000 km.



Прибор РУСАЛКА. Общий вид и 3D-модель с установочной рампой

Rusalka instrument. General view and 3D model with erecting ramp



Работа с прибором РУСАЛКА на борту МКС
Operating Rusalka on the ISS



Установка волнового комплекса «Обстановка» на внешней поверхности МКС

Obstanovka wave complex installation on the ISS

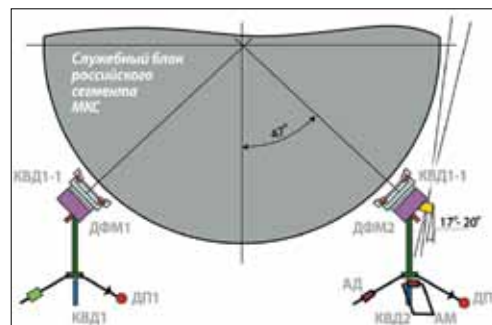


Схема расположения датчиков комплекса «Обстановка» на МКС

Detectors of Obstanovka wave complex experiment. Scheme of placement aboard the ISS

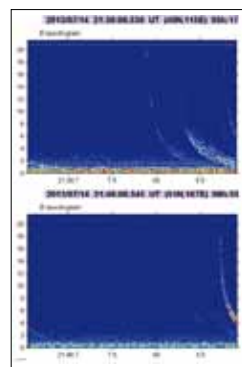
снимки с пространственным разрешением от 80 м в полосе захвата около 1000 км.

В июле 2009 года на МКС была доставлена разработанная в ИКИ РАН аппаратура РУСАЛКА (Ручной Спектральный Анализатор Компонент Атмосферы). Задача выполняемых с её помощью исследований — наблюдения земной поверхности: солнечных бликов на поверхности воды и суши, снежных покровов, крупных городов, водной поверхности без бликов, вулканов. Цель этих наблюдений — отработка методики определения содержания углекислого газа и метана в атмосфере. Космический мониторинг даст возможность разделить вклады антропогенных воздействий и природных процессов (извержения вулканов, лесные пожары и прочее) в парниковый эффект.

Проводились эксперименты по исследованию плазменно-волновых процессов — «Обстановка-1» (этап 1 и последующие), а также экологическому мониторингу низкочастотных электромагнитных излучений как антропогенного характера, так и связанных с глобальными природными катаклизмами. Одна из задач этих исследований — селекция потоков энергии, поступающих в ионосферу «снизу» на фоне воздействия «сверху», что может существенно повысить эффективность прогнозов «космической погоды». Для этого на служебном модуле МКС размещена (как на внешней поверхности, так и внутри) созданная в ИКИ РАН аппаратура плазменно-волнового комплекса ПВК.

In July of 2009 the RUSALKA detector was delivered to the ISS. It was designed for Earth observations and namely to register sunlight reflected by water and land surface, snow cover, large cities, water surface without glares, volcanoes. The observations were to test the methods for determining CO₂ and CH₄ content in the air. Space monitoring can help to discriminate between anthropogenic and natural contributions (such as volcanic eruptions, forest fires, etc.) to the greenhouse effect.

A number of experiments was conducted to study plasma-wave processes (*Obstanovka 1*, stage 1 and following) and environmental monitoring of low-frequency electromagnetic radiation, both anthropogenic and related to global natural disasters. These studies select the energy flows entering the ionosphere from “below” against the impact from “above”, which can significantly improve the accuracy of space weather forecasts. The plasma-wave instrument set (PVK) designed by IKI is installed both outside and inside the ISS service module.



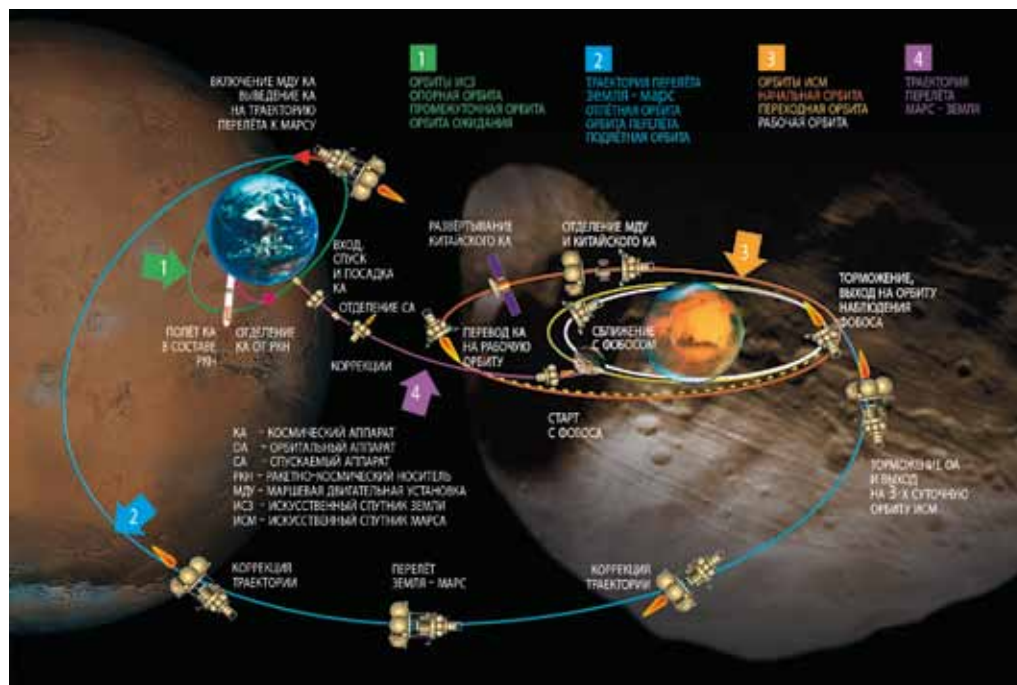
Примеры регистрации свистящих атмосфериков в северном полушарии. Локальное время — утро

Whistlers registered in the Northern hemisphere, morning local time



Космический аппарат «Фобос-Грунт» на разгонном блоке «Фрегат» с китайским спутником УН-1 в цехе НПО им. С.А. Лавочкина

Phobos Sample Return spacecraft on Fregat booster with the Chinese Yinghuo 1 spacecraft at Lavochkin Association plant



Баллистическая схема миссии ФОБОС-ГРУНТ, международного проекта исследования спутника Марса — Фобоса, и доставки его вещества на Землю

Ballistic scheme of Phobos Sample Return mission, an international project on exploration of Phobos, the Martian moon, and soil sample return



Накатка головного обтекателя на аппарат «Фобос-Грунт», пристыкованного к ракете-носителю «Зенит». Аппарат оснащён большим количеством приборов ИКИ РАН (картинка миссии на обтекателе создана в 31 отделе ИКИ РАН)

Phobos Sample Return encapsulation. Spacecraft is mounted on Zenit launcher. Its payload included many instruments developed in IKI. Mission insignia on the nose cone contributed by the Department of Scientific and Technical Information (31) of IKI RAS



Технологический макет аппарата «Фобос-Грунт» в ИКИ на примере комплекса научного оборудования

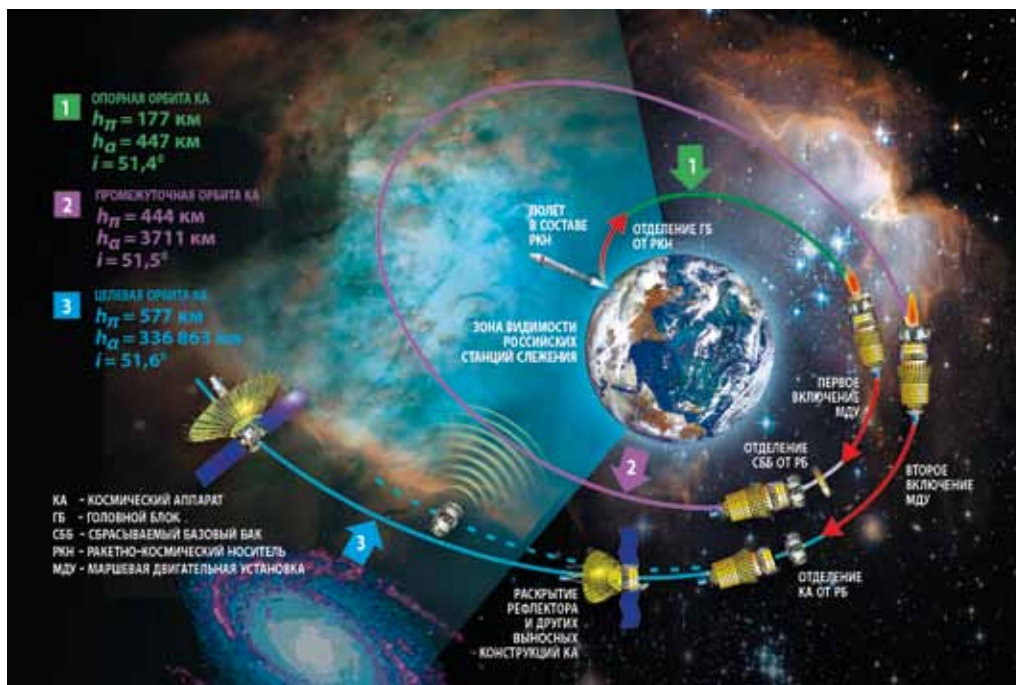
Engineering mock-up of Phobos Sample Return spacecraft in IKI, during fitcheck

Большой объём измеряемых физических параметров потребовал проведения специализированной бортовой обработки и сжатия получаемой информации. Это реализуется с помощью бортовых процессоров, установленных также как вне, так и внутри корпуса МКС. Одновременно с наблюдениями с борта МКС мониторинг окружающей космической среды выполнялся электромагнитно-чистым микроспутником «Чибис», созданным в ИКИ РАН и интегрированным в инфраструктуру МКС (спутник доводился на орбиту с борта станции).

9 ноября 2011 года была запущена автоматическая межпланетная станция (АМС), предназначенная для доставки образцов грунта со спутника Марса Фобоса на Землю, определения физико-химических характеристик грунта Фобоса, исследований происхождения марсианских спутников, процессов взаимодействия его атмосферы и поверхности, взаимодействия малых тел Солнечной системы с солнечным ветром. Вместе с АМС «Фобос-Грунт» маршевая двигательная установка должна была доставить на орбиту Марса китайский микроспутник «Инхо-1» («Светлячок»). Однако в результате нештатной ситуации, когда не произошло расчётного срабатывания маршевой двигательной установки перелётного модуля, межпланетная станция не смогла покинуть окрестности Земли, оставшись на низкой околоземной орбите. 15 января 2012 года АМС сгорела в плотных слоях земной атмосферы.

The large amount of measured physical parameters required that registered data are processed and compressed on board, and for that special onboard processors were installed both outside and inside the ISS. Simultaneously with the observations from the ISS environmental monitoring of space was done by electromagnetically-clean *Chibis* microsatellite made by IKI and launched from the ISS (see below for more details).

On November 9, 2011 *Phobos Sample Return* automated interplanetary station was launched. It was designed to return soil samples from Martian satellite Phobos to the Earth, study physical and chemical characteristics of the Phobos soil, origins of the Martian satellites, interaction of Martian atmosphere with its surface, interaction of small bodies in the solar system with the solar wind. *Phobos Sample Return* was launched together with the Chinese *Yinghuo 1* satellite. However after the interplanetary thrust engine failed to ignite, the station didn't leave the near-Earth space and remained on a low-Earth orbit. It disintegrated on January 15, 2012 upon reentry.



Баллистическая схема выведения обсерватории «Спектр-Р» международного проекта РАДИОАСТРОН

Ballistic scheme of Spectr-R observatory orbit injection (international project RadioAstron)



Орбитальная обсерватория «Спектр-Р» проекта РАДИОАСТРОН с 10-метровым зеркалом, построенная НПО им. С.А. Лавочкина

Spectr-R orbital observatory (international project RadioAstron) with 10-m mirror project, built by Lavochkin Association

18 июля 2011 года запущена первая с 1988 года в отечественной программе космических исследований астрофизическая обсерватория «Спектр-Р» («РадиоАстрон») с космическим радиотелескопом (КРТ), работа по созданию которой была начата в Институте ещё в 1980–1990 годах (сейчас головная организация по проекту — АКЦ ФИАН).

Основу проекта составляет наземно-космический радиоинтерферометр со сверхдлинной базой, состоящий из сети наземных телескопов и космического радиотелескопа, установленного на борту космического аппарата «Спектр-Р». Суть исследований заключается в одновременном наблюдении одного радиоисточника космическим и наземными радиотелескопами. Записи наблюдений снабжаются метками времени от высокоточных атомных часов, что, вместе с точным знанием положения телескопов, позволяет синхронизировать их и получить интерференцию сигналов, записанных на разных телескопах. Благодаря этому работающие независимо инструменты составляют единый интерферометр, угловое разрешение которого определяется расстоянием между телескопами, а не размером антенн (метод радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами — РСДБ).

Радиотелескоп обращается по эллиптической орбите с высотой апогея около 340 тысяч километров, что сравнимо с расстоянием до Луны, и использует лунную гравитацию для поворота плоскости своей орбиты.

On July 18, 2011 for the first time since 1988 Russian astrophysical observatory *Spektr-R* (*RadioAstron* project) was launched. It was equipped with the space radio telescope, which was commenced in IKI back in 1980–1990 (now the head organization is AstroSpace Centre).

The project is based on very long baseline radio interferometer, consisting of a network of ground-based telescopes and the space radio telescope on board the *Spektr-R* spacecraft. The principle is simultaneous observations of a radio source by space and ground-based radio telescopes. Observations are tagged by high-precision atomic clock, which, provided that coordinates of both instruments are known with high precision, allows one to synchronize the data and calculate interference of signals recorded by different telescopes. So, these independent instruments make a single interferometer with angular resolution determined by the distance between the telescopes and not the size of the antennas (Very Long Baseline Interferometry or VLBI).

Spektr-R radio telescope orbits the Earth with an apogee of about 340 thousand km, which is comparable to the distance to the Moon, and uses lunar gravity to rotate the plane of its orbit.



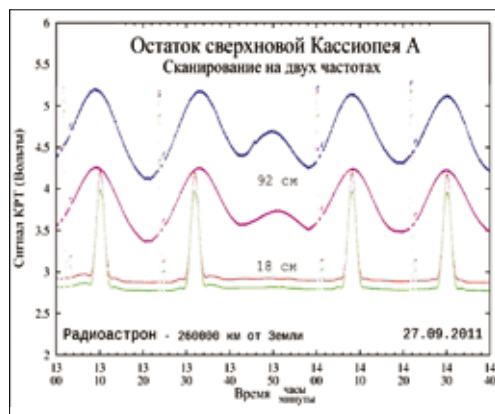
Основной инструмент аппарата «Спектр-Р» — телескоп КРТ — на испытаниях в Пушчино в 2003 году

KRT telescope — the main instrument of the Spectr R spacecraft during tests in Pushchino, 2003



Сложенный, как зонтик, «Спектр-Р» в НПО им. С.А. Лавочкина

Spektr-R folded, umbrella-like, at Lavochkin Association



«Первый свет» космического радиотелескопа «Спектр-Р». 27 сентября 2011 года впервые проведены тестовые наблюдения остатка сверхновой Кассиопея А

Spektr-R space telescope first light. On September 27, 2011, test observations of Cassiopeia A supernova remnant were run

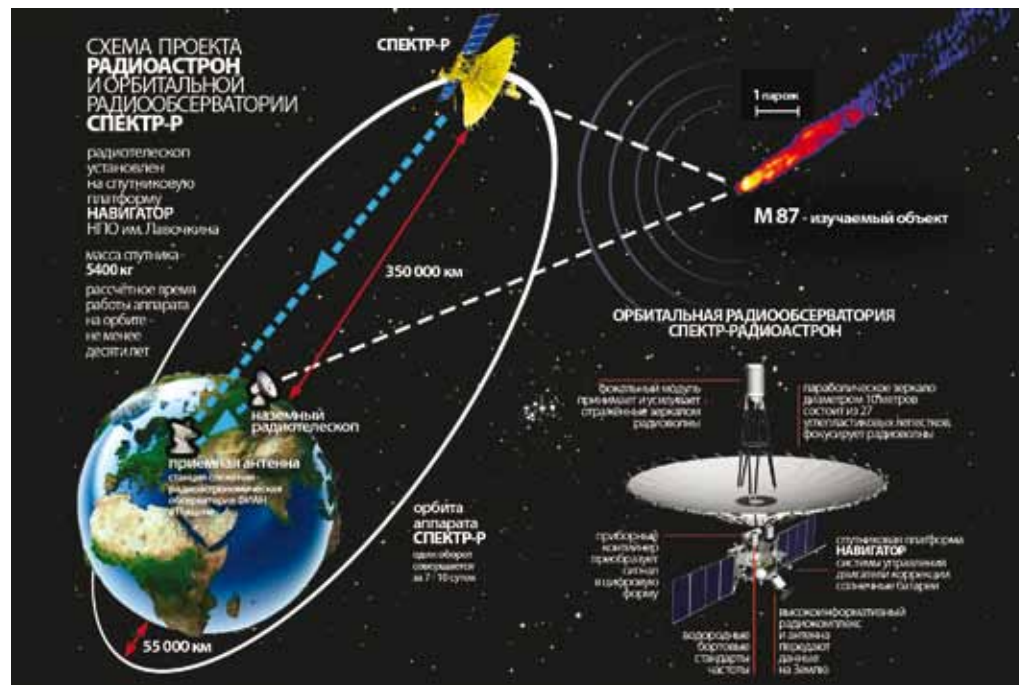


Схема формирования интерферометра со сверхдлинной базой проекта РАДИОАСТРОН

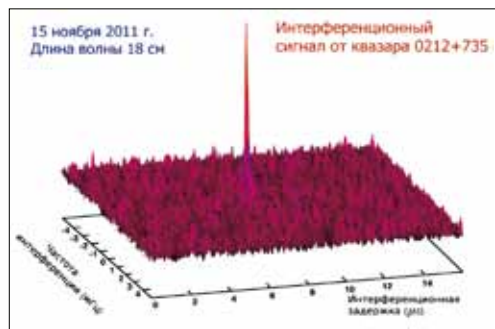
Project RadioAstron — very-long baseline interferometer. How it works

Беспрецедентно высокое разрешение при наблюдении радиоисточников обеспечивается за счёт большого плеча интерферометра, равного высоте апогея орбиты, и достигает миллионных долей угловой секунды. Это позволяет:

- изучать релятивистские струи, а также непосредственные окрестности сверхмассивных чёрных дыр в активных галактиках;
- строение и динамику областей звёздообразования в нашей Галактике по мазерному и мегамазерному излучению;
- нейтронные звёзды и чёрные дыры в нашей Галактике — структуру по измерениям флуктуации функции видности, собственные движения и параллаксы;
- структуру и распределение межзвёздной и межпланетной плазмы по флуктуациям функции видности пульсаров;
- построить высокоточную астрономическую координатную систему;
- высокоточную модель гравитационного поля Земли.

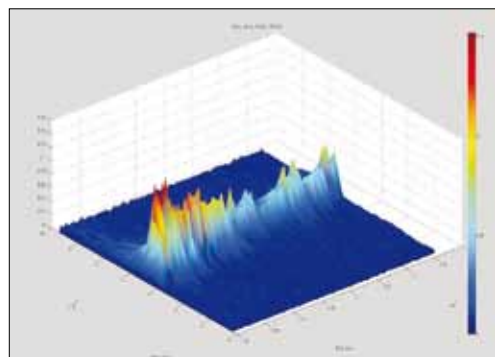
The unprecedentedly high resolution of radio sources observation is provided by the long interferometer arm equal to the height of the apogee, and reaches millionths of arcsecond. This allows to study:

- relativistic jets and immediate vicinity of supermassive black holes in active galaxies;
- structure and dynamics of star formation regions in our galaxy by their maser and megamaser radiation;
- neutron stars and black holes in our galaxy. Their structure can be studied by measuring fluctuations of their visibility function, their proper motions, and parallaxes;
- structure and distribution of interstellar and interplanetary plasma fluctuations by the visibility function of pulsars.
- we'll also be able to build a high-precision astronomical coordinate system and highly accurate model of the Earth's gravitational field.



Первый научный результат проекта РАДИОАСТРОН — изображение сформировано по данным аппарата «Спектр-Р» и 100-метрового телескопа в Эффельсберге, Германия

Project RadioAstron first scientific result. The image is acquired with Spektr-R observatory and 100-m radio telescope in Effelsberg, Germany



Поведение корреляционного отклика в сеансе длительностью 1 час для пульсара B0950+08

Correlation response in a 1 hour session for B0950+08 pulsar



Задачи эксперимента ПЛАЗМА-Ф следующие: мониторинг параметров межпланетной среды и верхней магнитосферы Земли в окрестности КА как элементов космической погоды; исследование турбулентности межпланетной среды в области высоких частот с рекордно высоким временным разрешением

Plasma-F experiment main scientific tasks: to monitor interplanetary medium for the purpose of space weather studies and forecasts; to study turbulence of the interplanetary medium in high-frequency range with high temporal resolution

Эмблема эксперимента ПЛАЗМА-Ф
Plasma-F experiment insignia

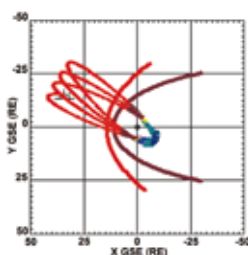


Схема гравитационного изменения орбиты спутника «Спектр-Р»
Spektr-R orbit changing under gravitational force

Помимо научной аппаратуры для выполнения основной задачи миссии на борту космического аппарата «Спектр-Р» установлены приборы для плазменных исследований. Эксперимент, получивший обозначение ПЛАЗМА-Ф, имеет как прагматичную цель — непрерывное мониторирование параметров плазмы и энергичных частиц межпланетной среды (как части «космической погоды»), так и исследовательскую — изучение высокочастотной турбулентности этих параметров путём измерений с уникально высоким временным разрешением. Космический аппарат несколько дней находится вне магнитосферы Земли, что позволяет наблюдать межпланетную среду, а потом очень быстро проходит все слои магнитосферы, благодаря чему можно оперативно следить за её изменениями.

Не менее важно, что высокоапогейная орбита «Спектра-Р» предоставляет большие преимущества для проведения длительных (до семи суток) систематических измерений в межпланетной среде. Два основных прибора эксперимента — плазменный спектрометр и монитор энергичных частиц — работают непрерывно и передают свою информацию почти с самого момента выхода космического аппарата на высокоапогейную орбиту.

Эксперимент ПЛАЗМА-Ф, по сути, продолжил исследования по солнечно-земной физике (изучение процессов солнечной активности, их влияния на межпланетную среду и магнитосферу Земли), выполнявшиеся на базе спутников «Прогноз».

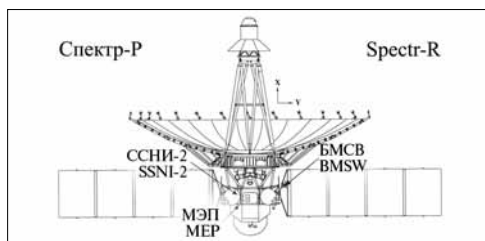


Схема расположения приборов эксперимента ПЛАЗМА-Ф на спутнике «Спектр-Р»

Plasma-F aboard Spektr-R spacecraft

In addition to the equipment for the main task of the mission, *Spektr-R* bears instruments for plasma research. *Plasma-F* experiment, developed in IKI (note that *Spektr-R* leading organization is AstroSpace Centre of Lebedev Institute of Physics), has both scientific and pragmatic goals. It monitors plasma and charged particles parameters in the interplanetary medium (as space weather part). By measuring them with a unique high temporal resolution it studies their high-frequency turbulence. Orbiting the Earth, the spacecraft spends a few days outside its magnetosphere, monitoring the interplanetary medium, and then quickly passes through all layers of the magnetosphere. So its fluctuations can be tracked very quickly.

Another important feature is that *Spektr-R*'s high-apogee orbit provides great advantages for long-term (up to seven days) systematic measurements in the interplanetary medium. The experiment is based on two main instruments: the plasma spectrometer and the high-energy particles monitor. They work continuously and transmit their information almost from the moment of insertion into high orbit.

Plasma-F, in fact, continues the research on solar-terrestrial physics (study of solar activity, its influence on the interplanetary medium and the Earth's magnetosphere), performed by *Prognoz* satellites.

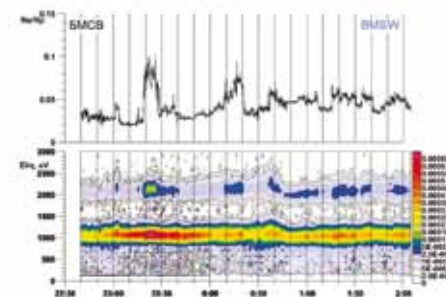
БМСВ (быстрый монитор солнечного ветра) — плазменный спектрометр для измерения энергетического распределения, вектора потока, переносной скорости, температуры и концентрации ионов. Карлов Университет и Институт физики атмосферы АН ЧР, Прага, Чешская Республика; ИКИ РАН, Россия

BMSV (fast monitor of the solar wind) — plasma spectrometer to measure energy distribution, flux vector, bulk velocity, temperature and concentration of ions. Charles University and Institute of Atmospheric Physics of Czech Academy of Sciences (Czech Republic); IKI (Russia)



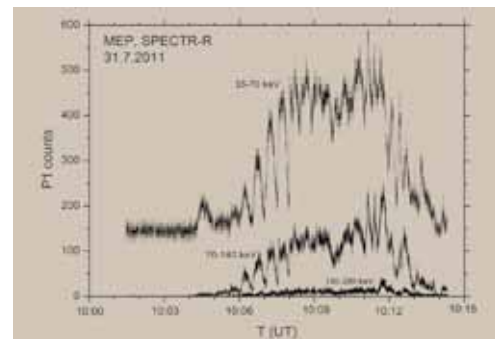
МЭП — монитор потоков энергичных ионов (30 кэВ – 3 МэВ) и электронов (30...350 кэВ). Институт экспериментальной физики САН, Кошице, Словацкая Республика

MEP Energetic Particle Detector for energetic ions (30 keV – 3 MeV) and electrons (30 keV – 350 keV). Institute of Experimental Physics, Slovak Academy of Sciences, Kosice (Slovak Republic)



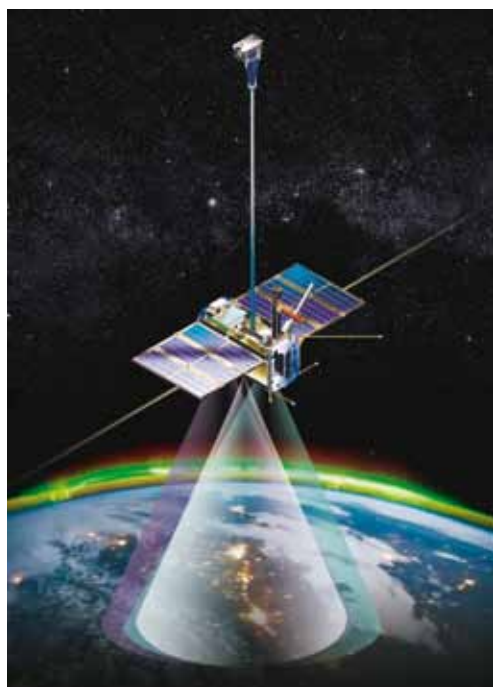
Установление факта быстрых (секундных) вариаций содержания ионов гелия в солнечном ветре прибором БМСВ

Discovery of fast (order of seconds) variations in He ions concentration in solar wind by BMSV instrument



Флуктуация потока ионов разных энергий с датчика P1 31.07.2011 года

Fluctuation of a flux of ions of different energies, as registered by detector P1. July 31, 2011



**Академический
микропутник «Чибис-М»
на рабочей орбите**

*Chibis-M academic
microsatellite on its
nominal mission orbit*



**Создатели академического
микропутника «Чибис-М»
в Центре управления
полётом после успешного
вывода на рабочую орбиту**

*Engineers and scientists, who
have developed Chibis-M.
After successful injection
to a nominal mission orbit.
Flight control centre*

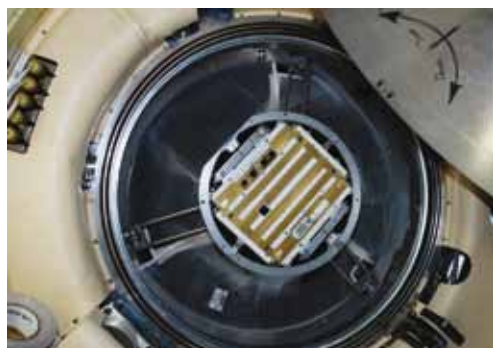


**«Чибис-М» вышел на орби-
ту из транспортно-пуско-
вого контейнера грузового
корабля «Прогресс-М-13М»**

*Chibis-M entered the
orbit from transport/
launch container installed
on Progress M-13M cargo
ship*

25 января 2012 года после выхода из транспортно-пускового контейнера грузового корабля «Прогресс-М-13М» начал автономную работу и завершил её 25 сентября 2014 года, войдя в плотные слои атмосферы, академический микропутник «Чибис-М», созданный в ИКИ РАН. Два с половиной года семь бортовых приборов спутника собирали информацию о том, что происходит в атмосфере и ионосфере Земли во время гроз. Наблюдения в широком диапазоне — от ионосферных электромагнитных излучений до радио- и гамма-лучей — должны были прояснить, являются ли молнии источниками так называемых земных гамма-всплесков.

On January 25, 2012 the academic microsatellite *Chibis-M*, built in IKI, started its operation after it was released from transport container of *Progress M-13M* cargo ship. *Chibis-M* finished its mission on September 25, 2014 upon reentry to the Earth's atmosphere. For two and a half years seven instruments onboard the satellite collected information on what was happening in the atmosphere and ionosphere during thunderstorms. The wide range of observation, from ionospheric electromagnetic radiation to radio and gamma rays, helped the scientists to understand whether so-called terrestrial gamma-ray bursts originate during lightnings.

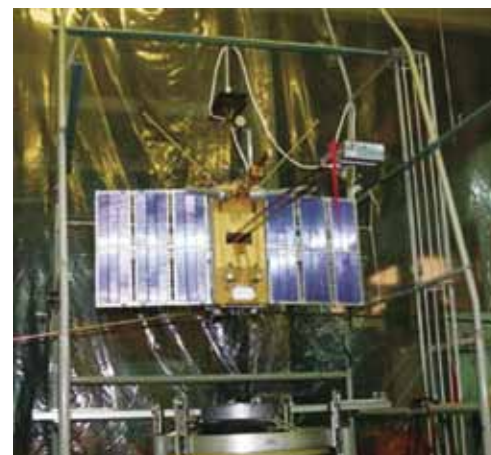


**Микропутник «Чибис-М»
в своём транспортно-
пусковом контейнере,
установленном на место
стыковочного узла грузо-
вика «Прогресс-М-13М»**

*Chibis-M in the transport/
launch container in place of
a docking unit of Progress
M-13M cargo ship*

**Испытания выхода спут-
ника из транспортно-
пускового контейнера,
раскрытия солнечных
батарей, антенн и штанг
на разгрузочном стенде
в ИКИ РАН**

*The satellite egress from
transport/launch container,
solar batteries, antennae and
beams deployment are tested
on the unloading bench in IKI*





Американский марсоход-лаборатория «Кьюриосити» (любопытство), оснащённый российским нейтронным комплексом ДАН (© NASA)

The US rover laboratory Curiosity, equipped with DAN neutron complex, made in Russia (© NASA)

6 августа 2012 года американский марсоход Curiosity (любопытство), с российским прибором ДАН на борту, совершил успешную посадку на поверхность Марса.

Прибор способен обнаружить воду или лёд, точнее, одну из двух составляющих воды — водород. Процесс напоминает флюорографию. В состав прибора входят импульсный источник нейтронов и приёмник нейтронного излучения. Генератор испускает в сторону марсианской поверхности импульсы нейтронов продолжительностью около 1 мкс, мощностью потока до 10 млн нейтронов с энергией 14 МэВ. Частицы проникают в грунт Марса на глубину до 1 м, где взаимодействуют с ядрами основных породообразующих элементов. В ходе таких взаимодействий быстрые нейтроны замедляются и теряют свою энергию. Часть их них поглощается в грунте, а часть выходит обратно на поверхность, где и регистрируется приёмником. На основании полученных данных прибор определяет глубину проникновения нейтронов и состав поверхностного грунта. Точные измерения возможны до глубины 50...70 см.

«Нейтроннография» поверхности, сделанная прибором ДАН, позволила исследователям оценить содержание воды под колёсами марсохода и определить наиболее интересные для исследования районы с высоким содержанием воды в минералах. Именно такие районы представляют наибольший интерес для поиска признаков жизни.

On August 6, 2012 the US rover dubbed Curiosity successfully landed on the surface of Mars. Among other payload, it bears Russian DAN instrument (short for “Dynamic Albedo of Neutrons”). Like his predecessor HEND, it is capable to discover water or water ice, or, more precisely, hydrogen. The instrument consists of pulsed neutron generator and neutron detector. The pulsing source generates short (about 1 mks), but powerful (up to 100 million neutrons per pulse) neutron pulses (with energy 14 MeV) to the Martian surface. The neutrons emitted penetrate into Martian soil to interact with the nuclei of main rockforming elements through reactions of inelastic scattering. During these interactions, fast neutrons are slowed down and lose part of their energy. Some of the moderated neutrons are absorbed in the subsurface, while the other part goes back out to be registered by the neutron detector. Using its records, the scientists can determine the penetration depth (the depth a neutron has come from) and the composition of the subsurface. Precise measurements can be done for the depth about 50...70 cm.

With this data researchers evaluated the water content in the soil just under the rover and determined the most interesting areas with high content of water in minerals, which are of particular interest for the search of life or its precursors.

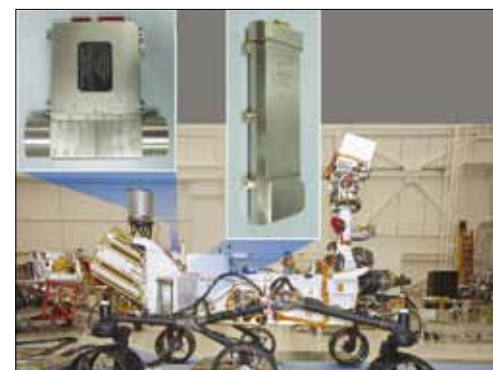


Детектор ДАН, кроме активного обследования подповерхностного слоя Красной планеты, способен вести мониторинг естественного радиационного фона поверхности

DAN detector can both run active studies of Martian shallow surface and monitor natural radiation background of the surface

На правом борту «Кьюриосити» расположен нейтронный генератор, а на левом — детектор комплекса ДАН

DAN neutron generator is placed on a right and DAN detector — on a left side of Curiosity rover



«Небесный кран» мягко опускает драгоценный груз на поверхность Марса (© NASA)

“Sky crane” softly lands the precious freight on the surface of Mars (© NASA)

**Здание Института космических исследований
Российской академии наук — признанного мирового
центра космической науки**

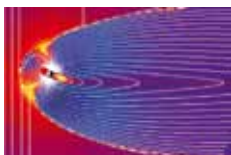
*The building of Space Research Institute of the Russian
Academy of Sciences — acknowledged centre
of space science*



**Астрофизика
и радиоастрономия**
*Astrophysics and
radioastronomy*



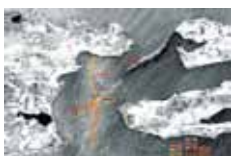
**Физика космической
плазмы, энергичных
частиц, Солнца
и солнечно-земных связей**
*Space plasma physics, physics
of energetic particles, Sun and
solar-terrestrial relations*



**Исследования планет
и малых тел Солнечной
системы**
*Studies of planets and small
bodies of Solar System*



**Исследования планеты
Земля**
Earth studies



**Исследования
в области механики,
систем управления
и информатики**
*Mechanics, operation systems
and computer sciences*



Сегодняшние направления деятельности ИКИ РАН соответствуют Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, утверждённой распоряжением Правительства РФ от 03.12.2012 года. Институт проводит фундаментальные и прикладные исследования в областях:

- астрофизики и радиоастрономии;
- физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно-земных связей;
- планет и малых тел Солнечной системы;
- планеты Земля;
- механики, систем управления и информатики.

Ведутся также работы по развитию исследовательской, конструкторской и опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) проводятся в соответствии с заданиями Российской академии наук, ежегодным тематическим планом Института и Федеральной космической программой России. Они соответствуют таким направлениям как современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа тёмной материи и тёмной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, развитие

Current IKI research activities conform with the Program of Fundamental Research of the State Academy of Sciences for 2013–2020, which was approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of 03.12.2012. The Institute runs fundamental and applied research in following areas:

- astrophysics and radio astronomy;
- physics of space plasma, charged particles, the Sun and solar-terrestrial interaction;
- planetary studies and small bodies of the Solar system;
- Earth studies;
- mechanics, control systems, and computer science.

The Institute constantly develops its facilities for research, design, and experiments in space science instruments engineering and for experimental physics.

R&D activities comply with assignments from the Russian Academy of Sciences, Institute's annual Subject Schedule and Russian Federal Space Program. They correspond to the following areas of research: modern problems of astronomy, astrophysics, and space exploration, including origin, structure, and evolution of the universe, the nature of dark matter and dark energy, exploration of the Moon and the planets, the Sun and solar-terrestrial interactions, development of technologies for extra-atmospheric astronomy and space research, coordinate and time support of fundamental research and everyday activities.

методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач.

Современные проблемы физики плазмы включают физику астрофизической и низкотемпературной плазмы и основы её применения в технологических процессах.

Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел имеют в виду изучение закономерностей формирования минерального, химического и изотопного состава Земли, космохимии планет и других тел Солнечной системы, возникновения и эволюции биосферы Земли, биогеохимических циклов и геохимической роли организмов.

Другие важные направления фундаментальных исследований — научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии; эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов; научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.

И, наконец, ещё одно направление современных фундаментальных исследований: общая механика; навигационные системы; динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов; механика живых систем.

Далеко не все работы ИКИ связаны с космическими экспериментами и проектами, но именно в них концентрируется труд сотен людей и зримо воплощается суть космических исследований.

Институт космических исследований Российской академии наук выступает как головной институт по научным космическим исследованиям в нашей стране, составляя, совместно с другими организациями науки и промышленности, предложения к Федеральной космической программе, которая формируется Советом РАН по космосу и его соответствующими секциями совместно с Федеральным космическим агентством («Роскосмос»).

ИКИ РАН участвует в выполнении Федеральной космической программы России, координируя создание научной аппаратуры, совместную работу всех членов кооперации, включая международную кооперацию. В ряде других проектов, российских и зарубежных, ИКИ РАН выступает как участник научной программы, поставляя часть научной аппаратуры, обрабатывая научную информацию, участвуя в баллистико-навигационной подготовке проекта.

Modern problems of plasma physics include physics of astrophysical and low-temperature plasma and the principles of its application in industry.

Basic and applied research of planets and small bodies implies studies of mineral formation, chemical and isotopic composition of the Earth, space chemistry of planets and other bodies in the solar system, the origin and evolution of the Earth's biosphere, biogeochemical cycles, geochemical role of organisms.

Other important areas of basic research are scientific approach to methods and technologies of study of the Earth's surface, subsurface and atmosphere, ionosphere and magnetosphere, hydrosphere and cryosphere; computer simulation and geoinformatics: geoinformation technologies and geospatial data infrastructure; evolution of the Earth and climate under the influence of natural and anthropogenic factors; scientific principles of environmental management and sustainable development; territorial organization of economy and society.

Finally, yet another area of today's basic research in IKI is theoretical mechanics; navigation systems; celestial dynamics, vehicle and control dynamics; mechanics of living systems.

Not all IKI activities deal with space experiments, but this type of projects is where efforts of hundreds of people come together to embody the essence of space science.

Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences is the principal research institute for space science in Russia. Together with other science and industrial institutions it makes proposals for the Federal Space Program, which is formed by the Space Council of Russian Academy of Sciences and its dedicated committees in cooperation with the Federal Space Agency (Roscosmos).

IKI implements the Federal Space Program. In a number of projects adopted by this Program it coordinates scientific equipment development and joint work of all collaborators, including international partners. In other projects, both Russian and foreign, IKI enters research programs and supplies part of scientific equipment, processes information, provides ballistic and navigational support.



Учёные ИКИ, головного института РАН по исследованию и использованию космического пространства в интересах фундаментальных наук, готовят предложения для программ Академии наук и Федеральной космической программы Российской Федерации

Space Research Institute of the RAS, being the principal academic institute for research and exploration of space for the benefit of fundamental sciences, make proposals for the programs of Russian Academy of Sciences and Federal Space Program

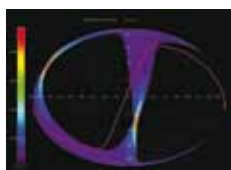
Астрофизическая обсерватория «Интеграл» (© ESA)
Integral astrophysical observatory (© ESA)



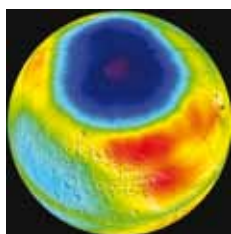
Астрофизическая обсерватория СРГ («Спектр-Рентген-Гамма»)
Spektr-RG astrophysical observatory



МВН — монитор всего неба. Возможный обзор за 10 дней полёта
All-Sky Monitor (MVN). Model result of 10-day survey



Глобус Марса по результатам прибора ХЕНД
англ



Мёссбауэровский спектрометр
Mössbauer spectrometer



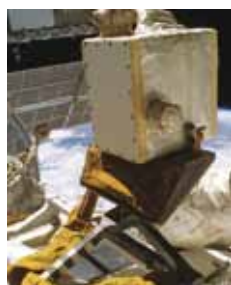
Аппарат ЕКА «Марс-Экспресс» — носитель приборов с российским участием ОМЕГА, СПИКАМ и ПФС (© ESA)
Mars Express (ESA) scientific payload includes OMEGA, SPICAM, and PFS instruments with Russian participation (© ESA)



Аппарат ЕКА «Венера-Экспресс» — носитель приборов с российским участием СПИКАВ/СУАР и ПФС (© ESA)
Venus Express (ESA) scientific payload includes SPICAV/SOIR and PFS instruments with Russian participation (© ESA)



Лунный детектор ЛЕНД
LEND Lunar Exploration Neutron Detector

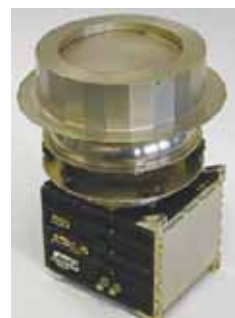


Эксперимент «БТН-Нейтрон» на МКС
BTN-Neutron instrument on the ISS

В астрофизических исследованиях в настоящее время в стадии реализации проект ИНТЕГРАЛ (Международная астрофизическая обсерватория) и два проекта — СПЕКТР-РГ и МОНИТОР ВСЕГО НЕБА на МКС — в стадии опытно-конструкторских работ (ОКР).

В исследованиях планет и малых тел Солнечной системы в стадии реализации:

- исследования нейтронного и гамма-излучения от поверхности Марса и гамма-излучения в межпланетном пространстве с помощью прибора ХЕНД (проект МСП-2001);
- исследования грунта Марса с помощью мёссбауэровского спектрометра, установленного на посадочных аппаратах «Спирит» и «Оппортьюнити»;
- исследования нейтронной составляющей излучения лунного грунта с помощью нейтронного детектора ЛЕНД (проект МСП-2001);
- исследования Марса с помощью комплекса приборов ПФС, ОМЕГА и СПИКАМ, созданных с российским участием и установленных на борту европейского космического аппарата «Марс-Экспресс»;
- исследования Венеры с помощью приборов SOIR/SPICAV (Solar Occultation in the Infra-Red / Spectroscopy for Investigation of Characteristics of the Atmosphere of Venus) и ПФС, созданных с российским участием и установленных на борту европейского космического аппарата «Венера-Экспресс»;
- регистрация нейтронов, гамма-лучей и заряженных частиц для экспериментальной оценки нейтронного компонента радиационного фона космического аппарата (эксперимент «БТН-Нейтрон» на борту Международной космической станции);
- исследования нейтронной составляющей излучения марсианского грунта с помощью прибора ДАН (динамическое альbedo нейтронов), установленного на борту Марсианской научной лаборатории МНЛ-2009 (проект МСП-2001).



Международный прибор ПИКАМ, созданный по концепции и электронно-оптической схеме ИКИ РАН для спутника МРО европейской миссии Бепи Колумбо к Меркурию



ДАН — детектор динамического альbedo нейтронов
DAN — Detector of Dynamic Albedo of Neutrons

International PICAM instrument, developed on the base of the concept and optoelectronic digital logic, proposed by IKI, for the MRO spacecraft of the ESA's BepiColombo mission to Mercury

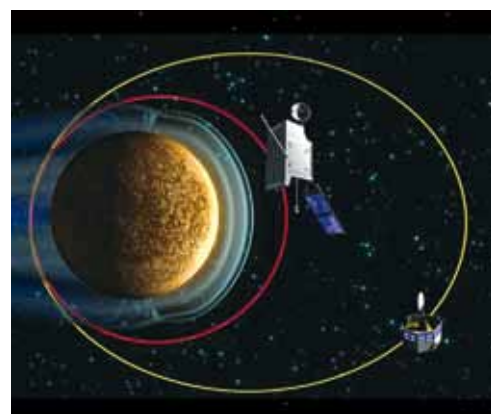
An underway project *Integral* (see above) together with two other projects *Spektr-RG* and *All-Sky Monitor* onboard the ISS (the two are currently at R&D stage) are the areas of focus in astrophysics.

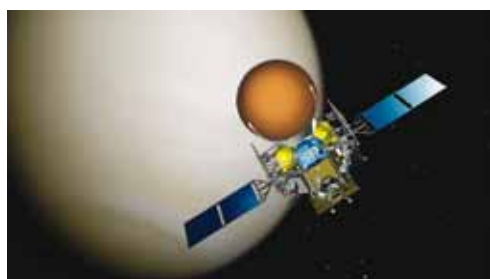
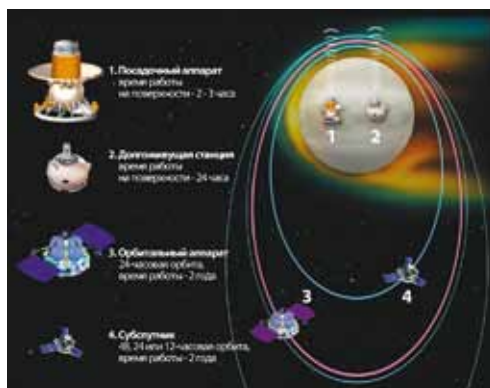
The following projects regarding planets and small bodies of the Solar system are currently implemented:

- studies of Martian neutron and gamma radiation and gamma radiation in interplanetary space using HEND instrument (project MSP-2001);
- studies of Martian soil with the Moessbauer spectrometer mounted on *Spirit* and *Opportunity* rovers;
- studies of neutron radiation component of lunar soil with LEND neutron detector (project MSP-2001);
- Mars studies with instruments PFS, OMEGA, and SPICAM aboard the European *Mars-Express* spacecraft, developed in cooperation with Russian specialists;
- Venus studies with instruments SOIR/SPICAV and SFC aboard the European *Venus-Express* spacecraft, developed in cooperation with Russian specialists (*Venus Express* ended its operation in January 2015);
- studies of neutrons, gamma rays, and charged particles for test evaluation of neutron component of radiation at spacecraft (*BTN-Neutron* experiment on board the International Space Station);
- study of neutron radiation component of Martian soil with DAN (Dynamic Albedo of Neutrons) instrument aboard the *Mars Science Laboratory* MNL-2009 (project MSP-2001).

Международная миссия ЕКА Бепи Колумбо к Меркурию включает два космических аппарата: искусственный спутник Меркурия (МРО) для дистанционных исследований поверхности планеты и японский искусственный спутник для исследований её магнитосферы (ММО) (© ESA)

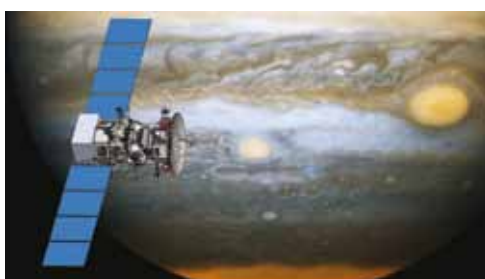
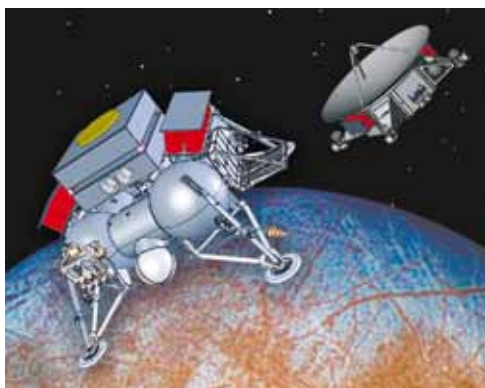
ESA's BepiColombo international mission to Mercury includes two spacecraft: MRO orbiter for distant probing of planet's surface and the MMO (JAXA) satellite to study its magnetosphere (© ESA)





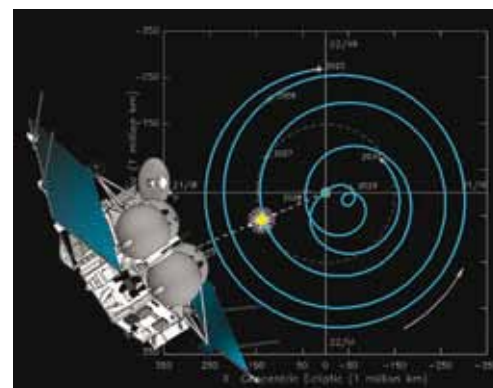
**Состав миссии
и возможный облик
аппарата «Венера-Д»**

*Mission structure and possible
appearance of Venera-D
spacecraft*



**Миссия ЛАПЛАС в систему
Юпитера с посадкой
аппарата на спутник
Юпитера — Европу**

*Laplace mission to Jupiter's
system, including landing
on its moon Europa*

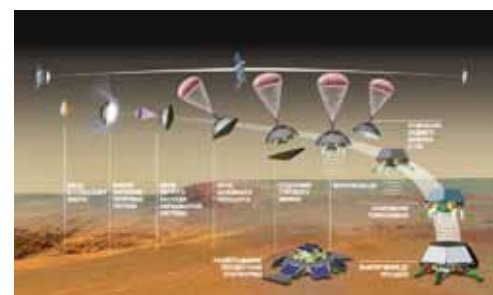
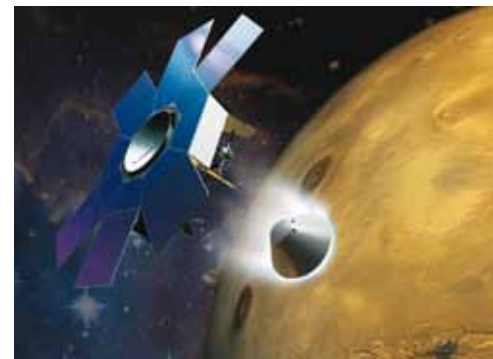


**Миссия исследования
и уточнения орбиты
гигантского астероида
Апофис, угрожающего
Земле**

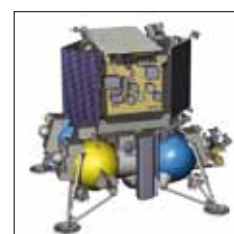
*Mission to study and determine
the orbit of Apophis — large
potentially hazardous asteroid*

**Миссия ЭКЗОМАРС.
Космический аппарат
и схема посадки (© ESA)**

*ExoMars mission. Spacecraft
and landing scheme (© ESA)*



**Космический аппарат
проекта ЛУНА-ГЛОБ**
Project Luna-Glob spacecraft



**Космический аппарат
проекта ЛУНА-РЕСУРС**
Project Luna-Resurs spacecraft

В стадии научно-исследовательских работ (НИР):

- исследования Венеры — проект ВЕНЕРА-Д;
- исследования Юпитера и его спутников — проект ЛАПЛАС;
- прогнозирование развития событий после пролёта вблизи Земли астероида Апофис в 2029 году — проект МИССИЯ АПОФИС;
- предварительная проработка специализированной орбитальной станции с большим телескопом с диаметром главного зеркала более 1,5 метров для исследования экзопланет, объектов и явлений в Солнечной системе для мониторинга опасных небесных тел («Звёздный патруль»);
- разработка предложений по перспективному микроспутнику.

В стадии опытно-конструкторских работ (ОКР):

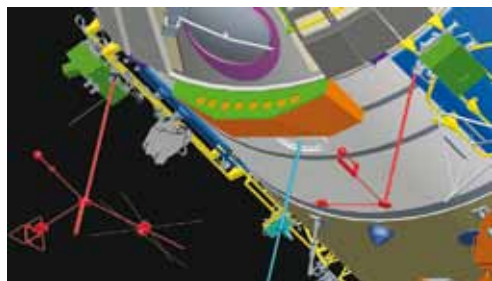
- совместный российско-европейский проект ЭКЗОМАРС по исследованию Марса. ИКИ отвечает за создание и эксплуатацию российской научной аппаратуры, а также за наземный научный комплекс;
- исследования Меркурия с помощью российского прибора МНГС (меркурианский нейтронный и гамма-спектрометр) и европейских ультрафиолетового спектрометра PHEBUS и камеры наблюдения в лучах натрия MSASI, созданных с участием российских специалистов в европейском проекте Бепи Коломбо;

At the preliminary research stage:

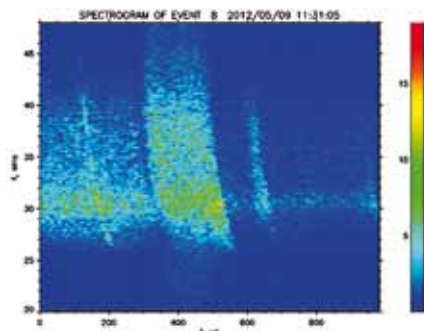
- Venus studies — *Venera-D* project;
- study of Jupiter and its satellites — *Laplace* project;
- forecasting impact of passing of Apophis asteroid near the Earth in 2029 — *Apophis* mission;
- draft design of a specialized space station with a large telescope with primary mirror larger than 1.5 meters for observation of exoplanets, and objects in the Solar system to track potentially dangerous celestial bodies (*Star Patrol*);
- proposals for advanced microsatellite.

At the R&D stage:

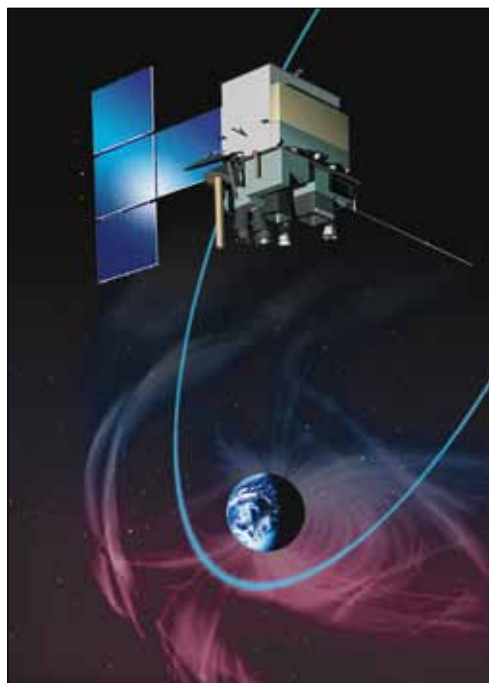
- Joint Russian-European *ExoMars* project for Mars exploration. IKI provides and operates Russian scientific payload and ground complex.
- Mercury studies with Russian MGNS (Mercurial Gamma-Ray and Neutron Spectrometer) instrument and European *Phoebus* Ultraviolet Spectrometer and MSASI Sodium Flare Cameras created together with Russian as a part of European project *BepiColombo*;



Эксперимент ОБСТАНОВКА Obstanovka experiment onboard the ISS



Один из спектров One of the spectra acquired by RChA detector onboard Chibis-M microsatellite



Перспективный высокоапогейный спутник дистанционного зондирования Земли Arktika-M — future high-apogee satellite for Earth remote sensing with scientific package, developed in IKI РАН

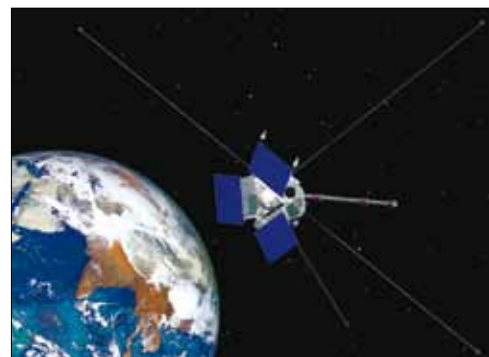
- исследования Луны — проект ЛУНА-ГЛОБ;
- исследования Луны — проект ЛУНА-РЕСУРС.

В исследованиях Солнца и солнечно-земных связей в стадии реализации:

- исследования солнечного ветра — проект ПЛАЗМА-Ф/СПЕКТР-Р;
- плазменно-волновой эксперимент на российском сегменте МКС — проект ОБСТАНОВКА.

В стадии ОКР:

- Исследование взаимодействия волн и частиц во внутренней магнитосфере Земли — проект РЕЗОНАНС;
- создание аппаратуры для гидрометеорологии и дистанционного зондирования Земли — проект АРКТИКА-М;
- исследование взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли — проект МКА-ФКИ — СТРАННИК;
- создание бортовой научно-исследовательской аппаратуры и наземного комплекса приёма данных и управления межпланетными миссиями, объединения российского и европейского опыта при разработке технологий для европейских миссий с целью разведки районов посадки, поиска воды в подповерхностном слое планеты, мониторинга радиационной обстановки — проект ЭКЗОМАРС-ПП;
- создание комплекса «Радиочастотный анализатор» — проект НА-РЧА;



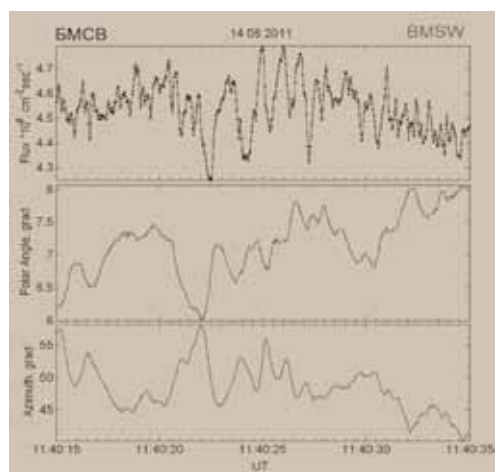
Перспективный спутник для исследования взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли МКА ФКИ «Странник» на малой платформе «Карат», разработанной в НПО им. С. А. Лавочкина

Strannik — future satellite to study solar wind interaction with Earth's magnetosphere



Малая универсальная спутниковая платформа «Карат»

Small universal KARAT satellite platform



Эксперимент ПЛАЗМА-Ф. Струйная структура солнечного ветра по данным прибора БМСВ. Поток ионов состоит из отдельных струй с разными направлениями движения

Plasma-F experiment. Streamlike structure of solar wind (up to BMSV data). Ion flux consists of separate streams with different motion directions

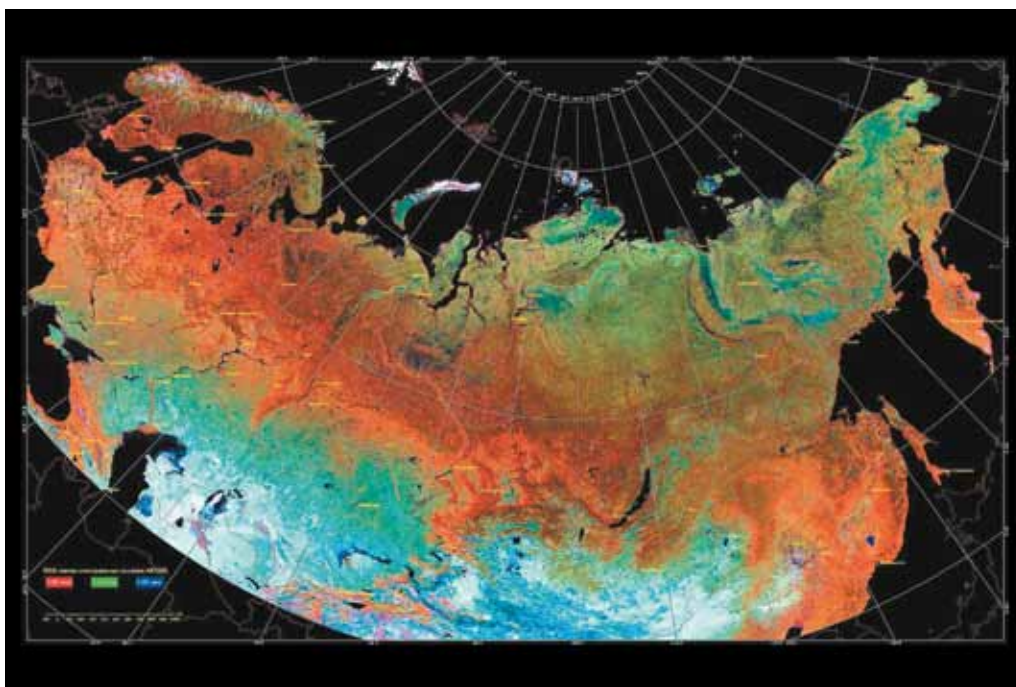
- Moon studies — *Luna-Glob* project;
- Moon Studies — *Luna-Resurs* project.

Projects under implementation on Sun and solar-terrestrial interactions:

- Solar wind studies — *Plasma-F* suit onboard *Spektr-R*;
- plasma wave experiment on board the Russian segment of the ISS — *Obstanovka* project.

R&D:

- studies of wave-particle interaction in the inner magnetosphere of the Earth — *Resonance* project;
- building instruments for hydrometeorology and remote sensing — *Arctica M* project;
- interaction between solar wind and the Earth's magnetosphere — МКА-ФКИ *Strannik* project;
- development of onboard research equipment and ground communication and control system for deep space missions, consolidation of Russian and European legacy developing technologies for European missions aimed at search for landing sites, water resources under planetary surface, radiation monitoring — *ExoMars-PP* project;
- development of Radio Frequency Analyser suit — *NA-RChA* project;
- development of monitoring system for geophysical parameters of ionosphere, upper atmosphere and near-Earth space, development of devices for measuring ozone layer, greenhouse gases, and trace gases of the atmosphere.



Очищенное от влияния мешающих факторов композитное изображение прибора MODIS, синтезированное по данным наблюдений в июне-августе 2005 года

MODIS composite image cleared from interferences, using observation data of June–August 2005

- создание комплекса целевой аппаратуры для наблюдений геофизических параметров ионосферы, верхних слоёв атмосферы и околоземного космического пространства, разработка приборов для измерений озонового слоя, парниковых газов и малых составляющих атмосферы.

Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля в стадии НИОКР:

- информационно-техническое обеспечение и развитие системы постоянного сбора и обработки данных спутникового мониторинга в интересах системы мониторинга сельскохозяйственных земель;



Изображение полуострова Крым, полученное с орбиты космическим фото аппаратом КМСС, который был создан в оптико-физическом отделе ИКИ РАН

Krimea peninsula. Image is taken from the orbit with KMSS camera (multispectral satellite imaging complex), developed by Optico-Physical Department of IKI



Аппаратура комплекса КМСС — одна камера MSU-50 и две камеры MSU-100

Instruments of KMSS complex — one MSU-50 camera and two MSU-100 cameras

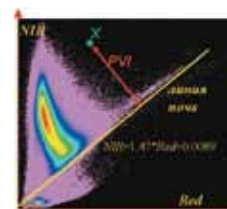


В регулярно обновляемом банке данных ИКИ РАН накоплены ежедневные данные прибора Terra/Aqua-MODIS с 2001 года. Разработаны алгоритмы обработки данных и построения композитных изображений

Terra/Aqua-MODIS data for every day since 2001 are accumulated in IKI databank, which is regularly updated. Algorithms for data processing and composite image building were developed

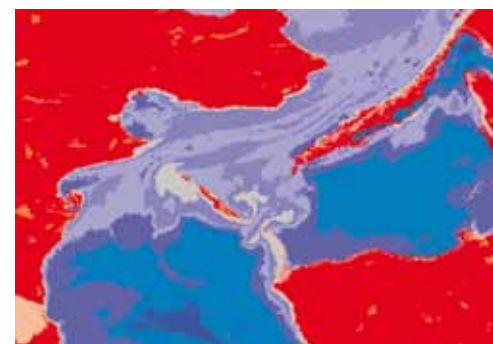
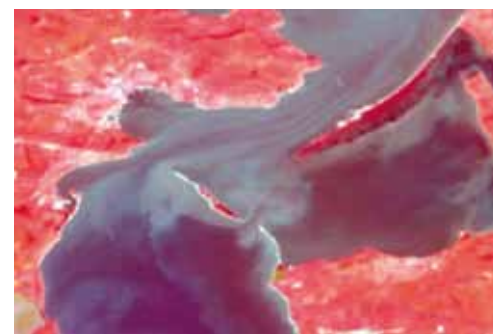
Сравнение выявленных по данным MODIS пахотных земель в Курской области и спутникового изображения спутника LandSat ETM+

Comparison between the area of croplands in Kursk region as derived from MODIS data and LandSat-ETM+ image



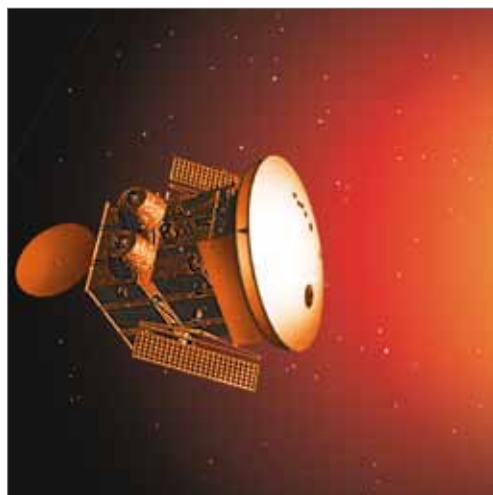
Вычисление вегетационного индекса PVI в двумерном пространстве значений спектральной яркости, измеренных в красном и ближнем ИК-каналах MODIS

Calculation of the Perpendicular Vegetation Index (PVI) in 2-dimension value space of spectral brightness, as measured in MODIS red and near-IR channels



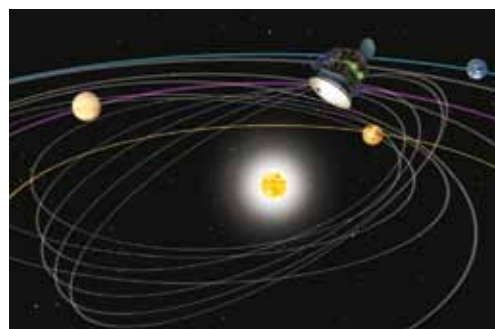
Фрагмент цветосинтезированного изображения гиперспектрометра HICO, полученного 14.03.2014 года над акваторией Керченского пролива и результат классификации для 9 классов

Fragment of an image acquired by HICO (Hyperspectral Imager for the Coastal Ocean) on March 14, 2014 over the Kerch Strait, and results of 9-classes assignment



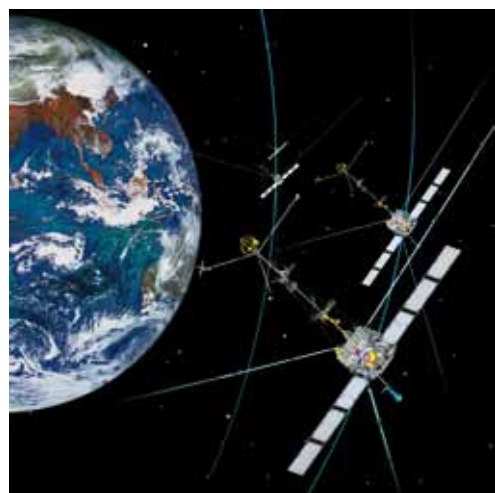
Возможный общий вид
солнечного спутника
«Интергелиозонд»
на рабочей орбите

Artistic view of Interhelioprobe
solar satellite on a nominal
mission orbit



Многочисленные гравитационные манёвры у Венеры наклоняют орбиту спутника «Интергелиозонд» и позволяют ему «взглянуть» на полюс Солнца

Multiple gravity assists near Venus incline the orbit of Interhelioprobe, so that it can glimpse at the Sun's pole



Многоспутниковый проект РЕЗОНАНС

Resonance multi-satellite project

- разработка методов мониторинга и прогнозирования природных пожаров и их последствий с использованием геоинформационных технологий;
- совершенствование технологий отраслевой системы мониторинга (ОСМ) рыболовства;
- развитие системы дистанционного мониторинга лесных пожаров и очагов массового размножения вредных насекомых и болезней леса.

Запуски спутников серии «Прогноз», реализация проектов ИНТЕРБОЛ и ПЛАЗМА не только сделали доступным изучение природных процессов, происходящих на Солнце, действия механизмов солнечно-земных связей, но и ещё более приблизили фундаментальную науку к решению проблематики повседневной жизни людей — появилась возможность сопоставлять и достоверно прогнозировать изменение биологических и технологических процессов на Земле под влиянием циклов солнечной активности.

Тем не менее, нерешённых вопросов остаётся всё ещё достаточно много. В том числе: как образуется солнечный ветер, что нагревает солнечную корону до двух миллионов градусов, если температура поверхности светила во много раз ниже. Получить ответы на эти вопросы хотя бы частично учёные надеются с запуском космического аппарата «Интергелиозонд», который начнёт изучать наше светило с минимально безопасного для аппарата расстояния: менее 40 солнечных радиусов. Российский проект заполнит, таким образом, нишу, образовавшуюся в исследованиях Солнца. Сейчас его исследуют полдюжину космических аппаратов разных стран, но все они работают на околоземных орбитах. Вблизи же Солнца ни одного аппарата нет.

С учётом того, что орбита «Интергелиозонда» будет немного наклонена к плоскости эклиптики, он сможет «увидеть» и солнечные полюса, качественно рассмотреть которые с Земли и околоземных орбит невозможно.

Ещё один важный момент. Известно, что у поверхности Солнца нет никакого коллективного движения плазмы, которое можно было бы назвать «ветром». Он проявляется только на расстоянии нескольких солнечных радиусов от светила. Очень важно попасть в эту область и попытаться наблюдать процессы, которые приводят к ускорению солнечного ветра.

Также неясно, почему достигающий Земли поток нейтрино вдвое слабее, чем предсказывает теория. В последнее время появилась гипотеза, что часть нейтрино перехватывается скопившимися в недрах Солнца гипотетическими частицами тёмной материи.

На 2017–2018 годы запланирован запуск четырёх спутников «Резонанс» для исследования внешней зоны радиационного пояса Земли, в условиях которого, в частности,

- geoinformation technology-based development of methods for monitoring and forecasting of wildfires and their effects;
- improvement of fishing industry monitoring system;
- development of remote detection system for wildfires and areas of mass pest and forest diseases reproduction.

Projects like *Prognoz*, *Interball*, *Plasma-F* did not only contribute to Sun activity and solar-terrestrial relations studies, but brought science even closer to meeting the everyday needs. We now have the opportunity to compare and forecast changes in biological and technological processes on the Earth following the Sun activity.

However, many problems are yet to be solved. How the solar wind is formed, what heats the solar corona to two million degrees, while its surface temperature is many times lower. With the launch of the *Interhelioprobe* spacecraft scientists hope to get clues for the answers. The spacecraft will study our star from the minimal safe distance — less than 40 solar radiuses. So the Russian project will fill the niche in the solar studies. While the Sun is currently under surveillance of a half a dozen spacecraft operated by various nations, they all work closer to the Earth than to Sun, and most of them on near-Earth orbit.

Interhelioprobe orbit will be slightly inclined to the solar ecliptic so it would “see” solar polar regions, which are hard to observe from the Earth and near-Earth orbits.

Another important point is that there is no collective plasma flows, which can be called “the wind” near the surface of the Sun. The wind can only be registered at a distance of several solar radiuses from the Sun. It is of particular interest to observe from this very region the processes accelerating the solar wind.

It is also unclear why the flux of neutrinos reaching Earth is two times weaker than predicted by theory. There is a recent suggestion that hypothetical dark matter particles in the solar interior capture some of the neutrinos.

Four *Resonance* satellites to be launched in 2017–2018 to study the outer zone of the Earth's radiation belt where, in particular, geostationary satellites operate. The project will study the so-called relativistic electrons — the main component of the radiation belts, which are the main hazardous factor to communication satellites in geostationary orbits. *Resonance* orbiters will study with high temporal resolution the processes of electron acceleration after interaction with electromagnetic waves.



Общий вид и компоновка орбитальной астрофизической обсерватории «Спектр-РГ» (СРГ)

Spektr-RG astrophysical observatory. General view and layout



Рабочее место обсерватории СРГ — точка Лагранжа L2, в тени Земли

Nominal mission halo orbit of Spektr-RG observatory around Lagrange point L2 in the shadow of the Earth

работают геостационарные спутники. Речь идёт о так называемых релятивистских электронах — основной составляющей радиационного пояса, — которые представляют собой главную угрозу для работы спутников связи на геостационарной орбите. Исследования на спутниках «Резонанс» позволят исследовать процессы ускорения этих спутников при взаимодействии с электромагнитными волнами с высоким временным разрешением.

Дальнейшее развитие отечественных астрофизических исследований связано с использованием разработанного в Научно-производственном объединении (НПО) им. С. А. Лавочкина модуля «Навигатор». Он позиционируется как универсальный для космических аппаратов различного назначения. В зависимости от задач базирующихся на нём космических аппаратов они могут функционировать на низких круговых, эллиптических, высоких эллиптических и геостационарных орбитах и в точках либрации. В частности, на нём была создана космическая обсерватория «Спектр-РадиоАстрон» и разрабатывается обсерватория «Спектр-Рентген-Гамма» («Спектр-РГ»), которую планируется вывести в точку Лагранжа L2.

СПЕКТР-РГ-совместный проект России и Германии, нацеленный на решение фундаментальных вопросов космологии, — свойств и эволюции Вселенной, природы тёмной энергии и тёмной материи, возникновения и роста сверхмассивных чёрных дыр.

Further development of Russian astrophysics is connected with *Navigator* bus for satellites developed by Lavochkin Design Bureau. It is a one-fits-all bus for many types of spacecraft. Depending on the given task, it can operate at low circular, elliptical, high elliptical and geostationary orbits and libration points. In particular, *Spektr-R* (*RadioAstron*) space observatory was based on this module. Another observatory under development, which is *Spektr-RG*, to be launched to the libration point L2 is also based on *Navigator*.

Spektr-RG (or *Spektr-Rentgen-Gamma*), a joint project of Russia and Germany, addresses most profound questions of cosmology — properties and evolution of the universe, nature of dark energy and dark matter, origin and growth of supermassive black holes.



Один из телескопов СРГ — немецкий телескоп eROSITA

German telescope eRosita — one of Spektr-RG instruments





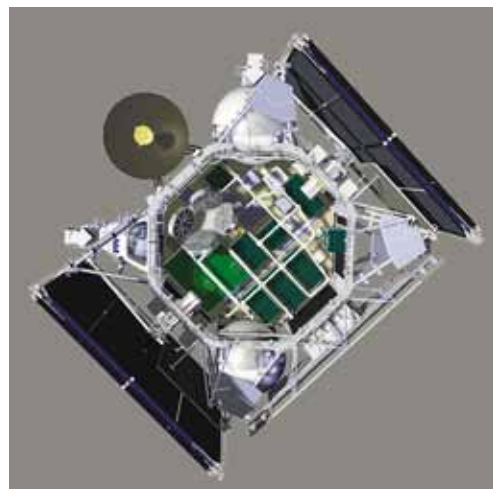
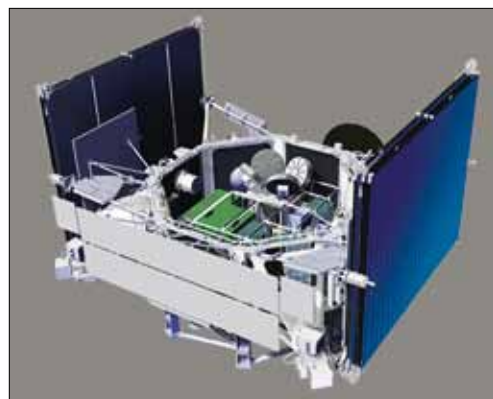
«Спектр-УФ» — всемирная ультрафиолетовая обсерватория — прецизионный инструмент исследования космоса в видимом и ультрафиолетовом диапазонах спектра

WSO-UV — World Space Observatory — Ultraviolet is a high-precision instrument to study space in visible and UV-spectral bands



Телескоп аппарата «Спектр-УФ» на испытаниях в ЛИС ИКИ РАН

WSO-UV telescope during tests in laboratory and test station in IKI



Универсальная много-целевая спутниковая негерметичная платформа «Навигатор», созданная в НПО им. С.А. Лавочкина

Navigator platform — multi-purpose universal unpressurized satellite platform, developed by Lavochkin Association

Основой обсерватории станут два рентгеновских телескопа косого падения — eROSITA (extended ROentgen Survey with an Imaging Telescope Array) (Германия) и ART-XC (Россия), совместно перекрывающих область энергий 0,2...30 кэВ. Задача обсерватории — получение рентгеновского обзора всего неба с чувствительностью, практически в сто раз превышающей чувствительность существующих обзоров неба, и продление такого обзора в области более жёсткого рентгеновского диапазона.

Перспективы ультрафиолетовой астрономии на ближайшее десятилетие связаны с запуском космической обсерватории «Спектр-УФ», также создаваемой НПО им. С.А. Лавочкина на базе «Навигатора» и предназначенной для спектроскопии слабых источников УФ-излучения.

Вселенная в УФ-диапазоне изучена очень слабо, и на ближайшие десятилетия актуальность исследований в УФ-участке спектра будет только увеличиваться. Выбранные для обсерватории направления исследований и её параметры позволят сохранить высокую научную значимость проекта и обеспечить выполнение задач на высочайшем уровне технического решения в течение следующих не менее 10–15 лет.

Глобальная цель мировой космонавтики в текущем столетии, как представляется, — это освоение Солнечной системы,

The observatory is based on two grazing incidence X-ray telescopes: eROSITA (Germany) and ART-XC (Russia), together overlapping the 0.2...30 keV energy region. It will provide an X-ray survey of the entire sky with a sensitivity of almost hundred times the sensitivity of existing sky surveys, and will extend them into hard X-ray.

Future of ultraviolet astronomy for the next decade is linked to the launch of the space observatory *Spektr-UV* (World Space Observatory — *UltraViolet*, or WSO/UV), also built by Lavochkin Association based on the *Navigator* bus and designed for spectroscopy of weak UV-bus.

The universe is poorly studied in the ultraviolet range and in the coming decade the UV-band studies will only gain importance. The areas selected for the research and the Observatory specifications will for at least the next 10–15 years maintain high scientific importance of the project and ensure that the tasks are executed at the highest technical level.

The global goal of the world space flights in this century is to explore the Solar system, to take human civilization to a higher level of development, while ensuring its security and survival in conditions of potential natural and man-made disasters of both terrestrial and cosmic origin. The main strategic goals of space exploration in the near and more distant future will be advancement in various areas of the Solar system in order to obtain new data on the Earth, the



Наиболее интересное место для исследований на Луне — кратер Богуславского, вблизи её южного полюса

Crater Boguslawsky near the South pole of the Moon is the most interesting site for exploration



Марс и его спутники — Фобос и Деймос — объекты перспективных российских научных миссий

Mars and its moons Phobos and Deimos are the objectives of future Russian science missions

Комплексные, системные исследования нашего естественного спутника — Луны, планеты Марс и его спутников — Фобоса и Деймоса — представляют большой интерес не только для практической космонавтики, но и для фундаментальной науки

Comprehensive exploration of the Moon, Mars and its companions Phobos and Deimos are interesting not only for practical cosmonautics, but for fundamental science as well

«Луна-25» — первый аппарат лунной программы на облегчённой платформе и с небольшой полезной нагрузкой (30 кг) для отработки систем и технологии мягкой посадки и работы на поверхности Луны

Luna-25 is the first spacecraft of lunar program on a lightweight platform with small-scale payload (30 kg) for development of soft landing technologies and operations on the surface of the Moon

достижение более высокого уровня развития земной цивилизации при безусловном обеспечении её безопасности и выживаемости в условиях возможных природных и техногенных катастроф как наземного, так и космического происхождения. Основными стратегическими задачами космонавтики на ближайшее и более отдалённое будущее будет продвижение в различные области в пределах Солнечной системы в интересах получения новых данных о Земле, Солнечной системе и Вселенной в целом, развитие направления использования космического пространства земной цивилизацией.

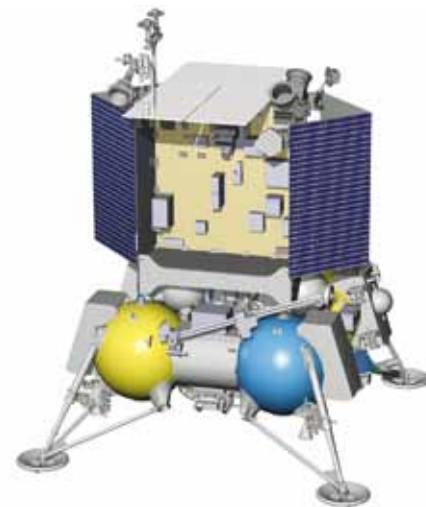
Собственно, сейчас только два небесных тела претендуют на то, чтобы войти в сферу интересов человечества по освоению. Это — Луна и Марс. Наш природный спутник уже посещали американские астронавты. Но их полёты стали промежуточным финишем относительно короткого забега. Если говорить о планомерном освоении, в частности, о создании лунной базы с экспедициями посещения или даже постоянным пребыванием человека, то первым этапом на этом пути должны стать тщательная разведка Луны, определение её наиболее интересных регионов, выработка задач освоения.

Для решения этих предварительных задач необходим запуск серии автоматических станций. Именно такая серия запланирована на 2018–2020-е годы.

Solar system and the universe as a whole, progress the use of outer space by human civilization.

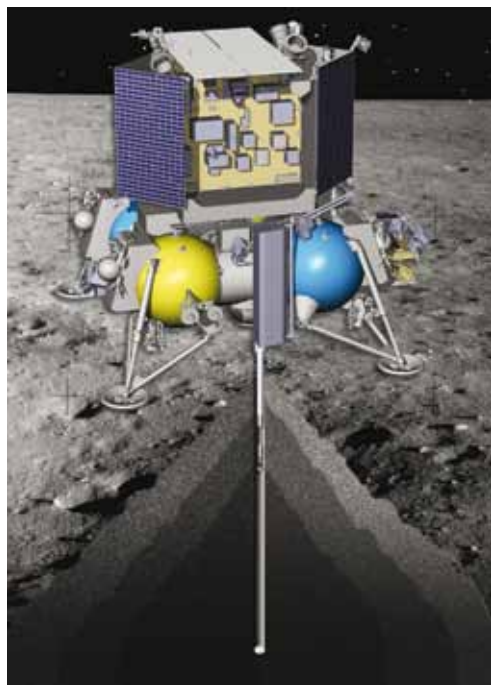
As of today only two celestial bodies are the nominates for potential area of interest for human exploration. They are the Moon and Mars. The US astronauts have already visited our celestial satellite. But their visits were an intermediate finish in the long race. Speaking of continuous exploration, in particular establishment of a lunar base with visiting crews or even permanent human habitation, the first step should be to explore the Moon carefully, define its most interesting regions, and point the directions of exploration.

Those preliminary tasks need a series of automated stations. Such a series is scheduled for 2018–2020's.



Возможный вид орбитального исследовательского аппарата «Луна-26», над приборами для которого работают учёные и специалисты ИКИ РАН. В полёте и с орбиты Луны аппарат должен будет исследовать не только Луну, но и космическое пространство

Artistic view of Luna-26 exploration orbiter, which will study the Moon and space environment both during cruise and mission phases. Instruments for it are currently under development in IKI



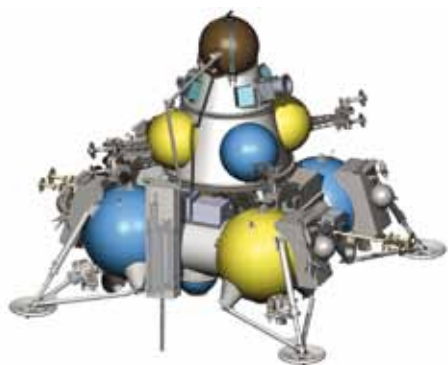
Возможный вид посадочного аппарата «Луна-27» с криогенной буровой установкой, разработанной в ИКИ РАН для анализа проб грунта на месте

Artistic view of Luna-27 lander with cryogen sampling device for in situ analysis, developed in IKI



На полюсе Луны с посадочного аппарата сходит микролуноход

Lunokhod — moon rover egresses from the lander



«Луна-28» — бурение грунта и загрузка пробы в возвращаемую ракету

Luna-28 drilling the surface and loading the sample into the return rocket



Посадочный аппарат спутника «Луна-29» с луноходом нового поколения

Luna-29 lander with new-generation lunokhod

Кроме изучения самой Луны, в ходе её реализации предстоит отработать ключевые технологические моменты и будущих планетных экспедиций, прежде всего — марсианских: посадку, забор грунта, управление самоходным аппаратом на поверхности другой планеты, наконец, автоматическую доставку грунта других небесных тел на Землю.

Чтобы подчеркнуть преемственность российской и советской лунных программ, в названиях новых миссий будет продолжена нумерация, начатая советскими «Лунами». Первый аппарат серии — «Луна-25» (запуск в 2018 году) — планируется посадить в полярной области. Затем к нашему спутнику отправятся лунная орбитальная станция «Луна-26» и позже — второй посадочный аппарат «Луна-27» с бурильной установкой (посадка на другой полюс Луны). Вторым шагом лунной программы станут возврат грунта из полярной области («Луна-28») и доставка туда лунохода — «Луна-29» (планируются на 2020-е годы).

Ожидается, что срок жизни аппаратов составит около года. Посадочные аппараты будут выполнять исследования в районе лунных полюсов. Основная работа орбитального аппарата по изучению Луны и окололунного пространства пройдёт на низкой окололунной орбите высотой порядка 200 километров, после чего он будет уведён на более высокую орбиту (500...700 километров), где начнутся эксперименты по изучению космических лучей.

Along with studying the Moon some key technological aspects are also to be addressed during the implementation: landing, soil sampling, driving a vehicle on the surface of another planet, finally, automatic delivery of soil samples to the Earth.

To emphasize the continuity of Russian and Soviet lunar programs, the names of the new missions will continue the numbering started by the Soviet *Lunas*. The first of the series, *Luna-25* (or *Luna Glob* to be launched in 2018) will land in the polar region. Then the orbiter *Luna-26* (otherwise *Luna Resurs Orbiter*) will be launched, and later — the second lander *Luna-27* (*Luna Resurs Lander*) with a drilling unit. The second step of the program is to bring lunar soil from the polar region (*Luna-28*) and deliver the rover *Luna-29* (scheduled for 2020's).

Each spacecraft lifetime is estimated to be about a year. The landers will do research near the lunar poles. The orbiter will mainly work to study the Moon and near-moon space at a low circumlunar orbit of 200 km, after that it will be put into a higher orbit (500–700 km), and proceed with experiments to study cosmic rays.

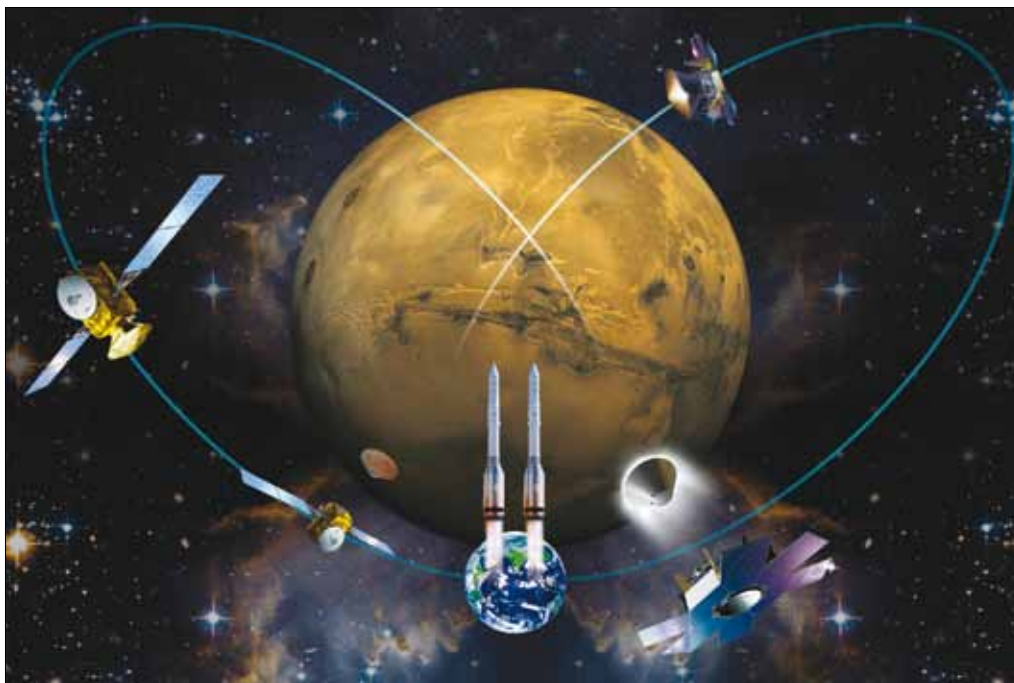


Схема комплексного между-народного проекта ЭКЗО-МАРС — спутники «Экзомарс-1» и «Экзомарс-2». Выведение российскими ракетами «Протон» и доставка к Марсу орбитальных и посадочных аппаратов

The scheme of ExoMars international project, which includes two stages. Russian Proton launchers insert the orbiters and landers into the orbit to Mars

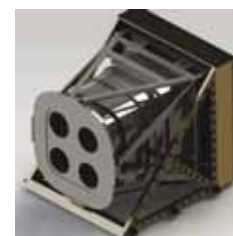
Справа: посадочная платформа НПО им. С.А. Лавочкина и европейский марсоход (© ESA)

Right: The landing platform developed in Lavochkin Association and European rover (© ESA)



ФРЕНД — один из российских приборов проекта ЭКЗОМАРС — нейтронный прибор с коллиматором и модулем дозиметрии

FRENД — one of Russian instrument for ExoMars payload, neutron detector with collimator and dosimetry module



На аппаратах проекта ЭКЗОМАРС будут размещены несколько прецизионных приборов, разработанных в ИКИ РАН: эшелле-спектрометры ACS-NIR и ACS-MIR, фурье-спектрометр TIRVIM (в составе комплекса ACS), нейтронные детекторы FRENД и ADRON. Все эти приборы — новые, современные версии инструментов, хорошо зарекомендовавших себя в различных миссиях по исследованию Луны, Марса и Венеры

ExoMars spacecraft shall bear several instruments built in IKI: Echelle spectrometers ACS-NIR and ACS-MIR, Fourier spectrometer TIRVIM (all three in the ACS spectrometric package), neutron detectors FRENД and ADRON. All of them are new and advanced versions of successful instruments, working in missions to Moon, Mars, and Venus

Активно обсуждается возможное участие в российской лунной программе Европейского космического агентства. В частности, в проекте ЛУНА-25 европейский вклад может состоять в значительном улучшении точности посадки станции на лунную поверхность. Также европейские коллеги с интересом относятся к возможности поставить бурильную установку на станцию «Луна-27».

Следует отметить, что исследования, которые будут проводиться в рамках этой программы, — не повторение советских. Современные планы лунных экспедиций нацелены, в первую очередь, на полярные области Луны, мало похожие на экваториальные районы, которые исследовались в 1969–1970 годах.

В частности, по данным недавних исследований, в том числе с помощью российского прибора ЛЕНД на американском аппарате LRO, выяснилось, что в грунте полярных областей могут содержаться значительные запасы водяного льда. Задача исследователей — выяснить, как они могли там образоваться (возможно, воду занесли кометы), а инженеров — понять, можно ли использовать эту воду в качестве ресурсов для лунной базы.

Технологии, которые станут отрабатываться в ходе лунных миссий, будут также использоваться в последующих марсианских проектах. Марсианская программа России включает в первую очередь полномасштабное участие в европейском проекте ЭКЗОМАРС, который содержит не только совместное проведение научных экспериментов, но и создание

The European Space Agency is a potential candidate for participation in the Russian lunar program. In particular, European partners may significantly improve *Luna-25* landing accuracy. Also, European colleagues have an interest to supply their drilling equipment for *Luna-27*.

It should be noted that the schedule for this program is not a reiteration of Soviet undertakings. The scheduled lunar missions are aimed primarily at the polar regions of the Moon, which barely resemble the equatorial regions explored in 1969–1970.

In particular, according to recent studies performed among others with the Russian LEND instrument aboard the US LRO orbiter, soil of the lunar polar regions may contain reservoirs of water ice. The researchers will have to discover their origin (perhaps, it was brought by comets), and engineers — to see whether it is possible to use this water as a resource for a lunar base.

Technologies employed during the lunar missions will also be used in future Martian projects. Russian Mars program primarily includes full participation in the European *ExoMars* project with not only joint experiments, but also joint infrastructure: ground communication and deep space mission control center.



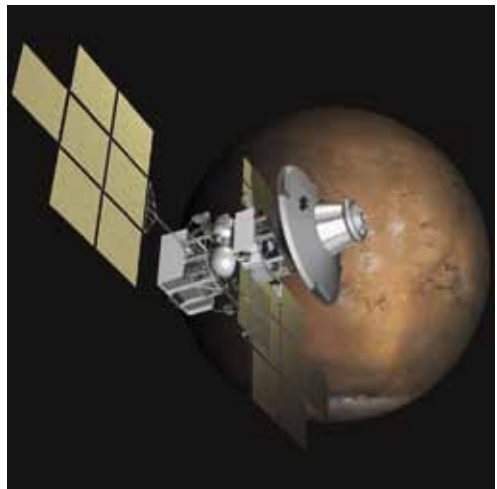
**Возможно так
будет выглядеть
космический аппарат
НПО им. С.А. Лавочкина
для миссии БУМЕРАНГ**

*Probable design of the
spacecraft for Boomerang
mission. Lavochkin Association*



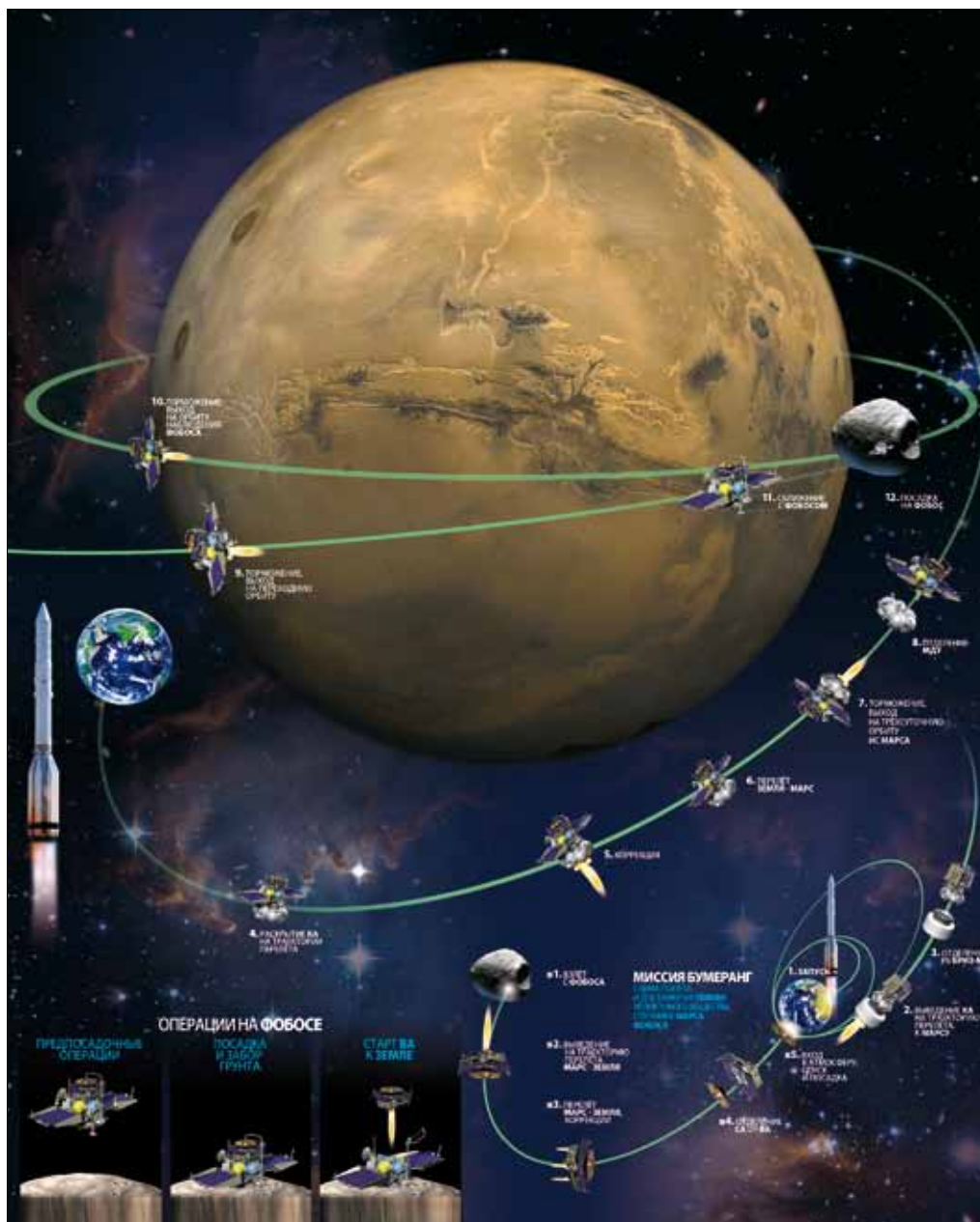
**Проект миссии по мо-
ниторингу параметров
климата Марса MetNet
(остановлен). Некоторые
элементы этой миссии
планируется развить
в проекте «ЭкзоМарс»**

*MetNet — mission to study
Martian climate (suspended).
Some of its elements are used
for ExoMars project*



**Перспективная
русская миссия
доставки на Землю
образцов грунта Марса
МАРС- ГРУНТ**

*Mars Sample Return — future
Russian mission to return
samples of Martian soil*



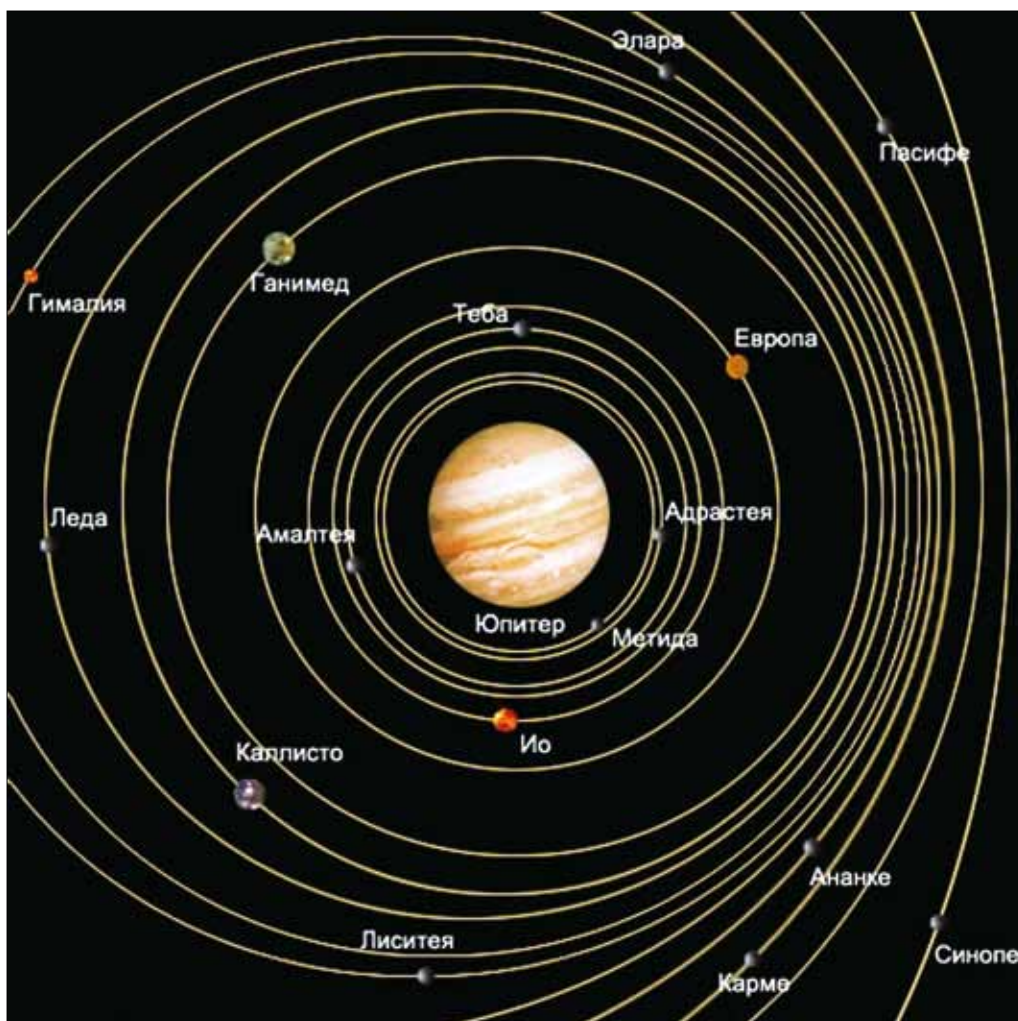
**Баллистическая схема миссии БУМЕРАНГ с целью
доставки на Землю образцов вещества
спутника Марса — Фобоса**

*Ballistic scheme of Boomerang mission to deliver samples
of Martian moon Phobos to the Earth*

инфраструктуры, в частности, объединённого наземного комплекса приёма данных и управления межпланетными миссиями.

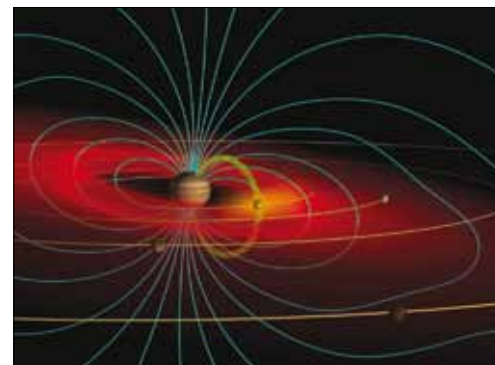
Проект предполагает запуск с помощью российских носителей «Протон» двух космических аппаратов. На втором, с помощью разрабатываемого в НПО им. С.А. Лавочкина десантного модуля, будет доставлен на поверхность Марса марсоход Европейского космического агентства (ЕКА). Задача марсохода — геологические исследования и поиск следов жизни в подповерхностном слое грунта около места посадки.

In the course of the project Russian *Proton* launchers will loft two mission. Then ESA's Mars rover *Pasteur* will land on the planet using Lavochkin Association descent module. The rover will do geological studies and search for life in the subsurface layer of soil near the landing site.



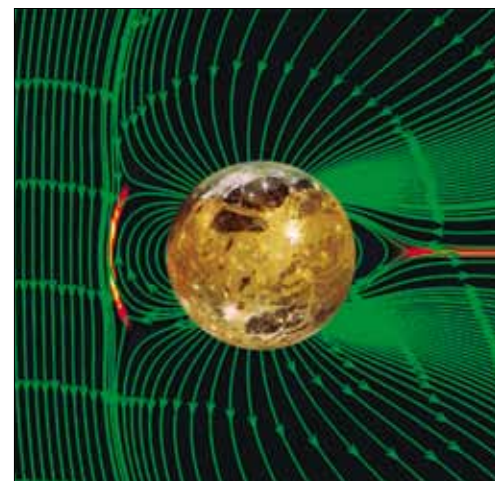
Система спутников планеты-гиганта — Юпитер

System of the giant planet Jupiter's moons



Мощнейшая магнитосфера Юпитера — основное препятствие для миссии в систему Юпитера и предмет большого интереса учёных

Jupiter's immense magnetosphere is the primary threat for the mission to the planet and the phenomenon of great interest for scientists



Цель миссии к системе Юпитера — Ганимед имеет и свою мощную магнитосферу

Ganymede, the target of mission to Jupiter's system, possesses a magnetosphere of its own

Затем, в начале 2020-х годов, планируется вернуться к задаче исследования спутника Марса — Фобоса, которая стояла перед проектом ФОБОС-ГРУНТ. Этот возврат символизирует и само название нового проекта БУМЕРАНГ. Доставка грунта с Фобоса остаётся интересной научной задачей, которую пока не предполагается решать в космических программах других стран. Кроме того, операции по забору грунта Фобоса и его транспортировке на Землю позволят отработать технологии доставки грунта уже непосредственно с Марса.

Большой интерес представляет и изучение дальних рубежей Солнечной системы, что важно для понимания её происхождения и эволюции. После 2020 года Россия планирует запустить к Юпитеру, точнее к его спутнику Ганимеду, свою первую миссию с посадкой аппарата на его поверхность.

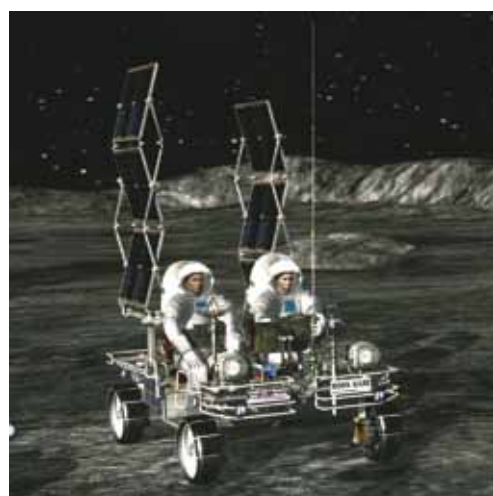
Then in 2020's the Martian moon Phobos is planned to be revisited. This task was previously assigned to the failed *Phobos Sample Return* project. The very name of the new project *Boomerang* represents this return. Delivery of soil samples from Phobos is an interesting scientific problem, which is not yet scheduled in the space programs of other nations. Moreover, sampling soil from Phobos and bringing it back to the Earth is an exercise of technology for delivering soil from Mars.

Exploration of the outer reaches of our Solar system is of great importance for understanding its origin and evolution. After 2020 Russia plans to launch to Jupiter, or rather to its satellite Ganymede, its first mission, which will land on the moon's surface.



Очень интересна и миссия МЕРКУРИЙ-П к ближайшей к Солнцу планете — Меркурию

Mercury-P mission to the planet closest to the Sun



Вверху: проработки элементов лунной программы Роскосмоса головным НИИ отрасли — ЦНИИМАШ. Визуализация НИИ Высших технологий (Ижевск), представленная на выставке «Наука на МКС» в рамках международной конференции «Научные и прикладные исследования на МКС», прошедшей в ИКИ РАН в 2015 году

Top. Some elements of Roscosmos lunar program, as imaged by TSIIMASH, the head institute of space industry. Visualisation by "High Technologies" Institute (Izhevsk), presented at "Science at the ISS" exhibition (2015, IKI)



Полностью автоматизированный «Лунный полигон» в представлении специалистов НПО им. С. А. Лавочкина

Fully automatic lunar base. Image by Lavochkin Association

Полёт в систему Юпитера займёт около восьми лет и будет проходить по комбинированной баллистической схеме, включающей четыре гравитационных манёвра у Венеры и Земли на гелиоцентрическом этапе миссии и завершающейся целым каскадом таких манёвров около юпитерианских лун. Отдельную сложную задачу представляет и посадка на Ганимед. В целом, как по научным задачам, так и по технической сложности такая миссия может стать лидерским проектом отечественной космонавтики.

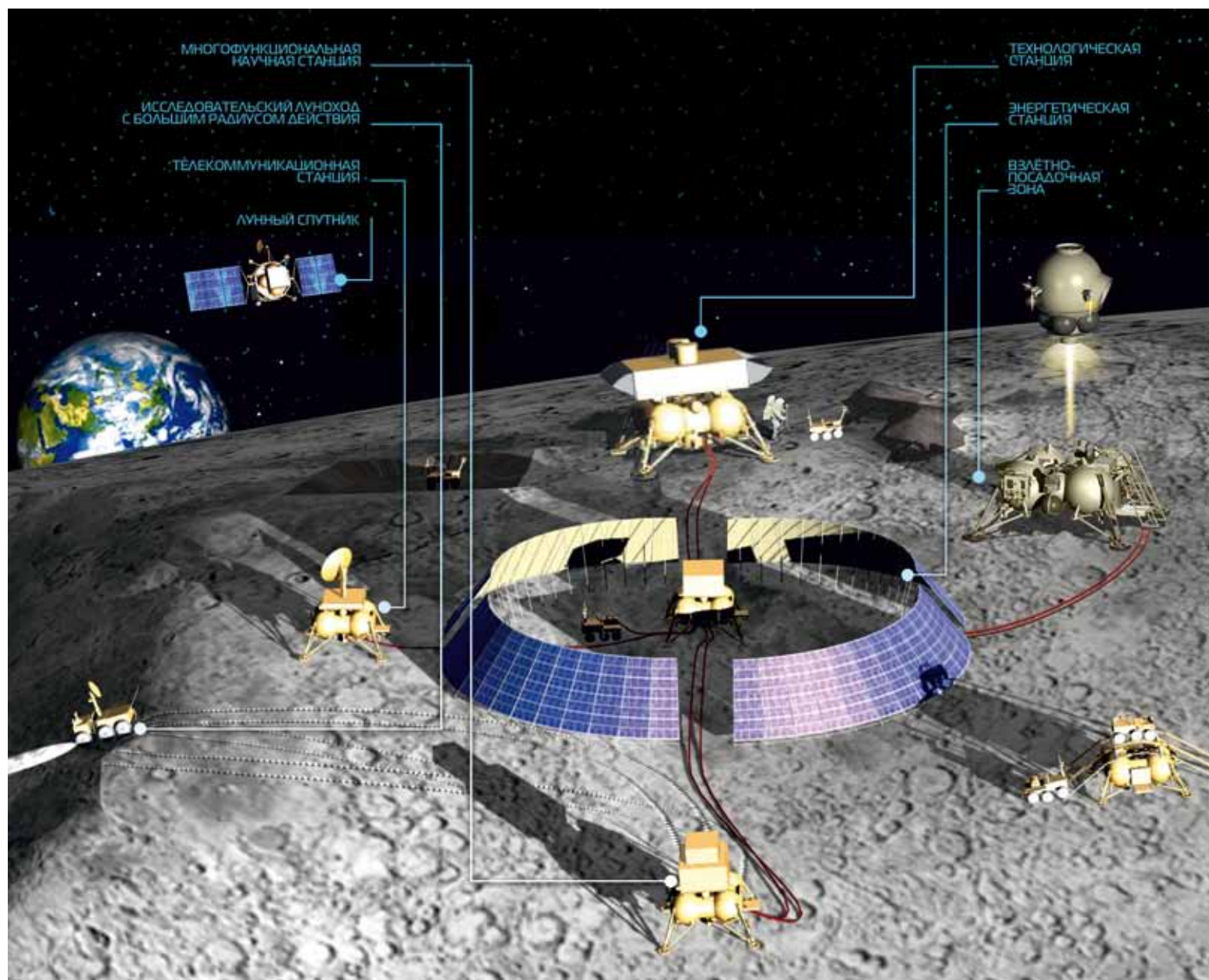
Что касается Марса, то он пока так и останется предметом изучения, а не освоения: планета находится от нас слишком далеко, чтобы сегодня можно было говорить об её реальной пользе для человечества. Да и сами возможности полёта туда человека пока под большим вопросом, прежде всего, с точки зрения обеспечения радиационной безопасности экипажа миссии.

Луна — иное дело. Кроме научного, она представляет и практический интерес. В частности, на Луне можно расположить астрономические обсерватории, наблюдениям которых не будут мешать атмосфера и радиоизлучения, как это имеет место на Земле и околоземных орбитах. И, безусловно, Луна как спутник может стать источником ресурсов, прежде всего, редких элементов, запасы которых на Земле ограничены. Луна, очевидно, будет и первым этапом подготовки пилотируемой экспедиции на Марс, если трудности её реализации всё-таки удастся преодолеть.

The trip to Jupiter will take about eight years and will use combined ballistic scheme consisting of four gravity assists from Earth and Venus at the mission's heliocentric stage and will complete with a whole cascade of such maneuvers around Jupiter's moons. Landing on Ganymede is a separate difficult undertaking. Both in scientific terms and its technical complexity such a mission may become a flagman project for Russian cosmonautics.

As for Mars, it still remains the subject of scientific studies rather than exploration: the planet is too far away to discuss its real benefits to mankind today. Even the possibility of a single human flight is questionable, first of all with regard to radiation safety of the crew during the mission.

The Moon is a different case. It has a practical interest besides its scientific potential. In particular it may be used as a site for astronomical observatories with no hindering atmosphere and ionosphere, as is the case on the Earth and near-Earth orbits. And, of course, the Moon as our satellite may become a source of fossils, especially rare metals, since they are limited on Earth. The Moon is likely to become the first stage of preparation for the manned expedition to Mars, should we overcome the difficulties of interplanetary flight.



**Развитие большой
ЛУННОЙ БАЗЫ из полно-
стью автоматической
в многоцелевой комплекс,
обслуживаемый космонав-
тами, в представлении
специалистов НПО
им. С. А. Лавочкина**

*Further development of fully
automatic lunar base to
a multi-purpose complex
attended by cosmonauts.
Image by Lavochkin
Association*