

АСТРОКОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

В.Г. КУРТ

ТОЧКА БИФУРКАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ
ВНЕАТМОСФЕРНОЙ АСТРОНОМИИ

Аннотация

Рассматривается количество отечественных запусков спутников и межпланетных автоматических станций к Луне, Марсу и Венере по сравнению с запусками астрофизических спутников для УФ, рентгеновской и гамма областей спектра. Общее число последних равно пяти, из них успешных запусков было лишь три: «АСТРОН» (1983 г), рентгеновский модуль «КВАНТ», пристыкованный к орбитальной пилотируемой станции «МИР» (1987г), и «ГРАНАТ» (1989 г). Приводится краткое описание научной аппаратуры, установленной на этих спутниках, и полученные научные результаты. Для УФ диапазона был успешно запущен лишь один аппарат с 80-сантиметровым телескопом «СПИКА», работавшим только в спектральном режиме. Для рентгеновской области было запущено три успешных спутника. Анализируются причины такой диспропорции отечественной космической программы.

Содержание

1. Точка бифуркации отечественной программы внеатмосферной астрономии5
2. Рисунки19
3. Литература24

Точка бифуркации отечественной программы внеатмосферной астрономии

Конечно же, сослагательное наклонение не имеет места в истории, в том числе и в истории науки и техники. Что было бы, если бы немцы смогли сконструировать ядерное оружие в 43 или даже в 44 году? Как бы изменился ход истории или ход 2-й мировой войны? Такие вопросы, наверное, и не стоит задавать, и, однако же... В серьезных журналах до сих пор публикуются статьи о возможном ходе военных действий на фронтах Великой Отечественной Войны в случае, если бы вместо обороны Сталинграда осенью 42 года, Советские войска теми же силами Сталинградского, Степного и Центрального фронтов смогли бы осуществить наступление на Ростов, отрезав всю Северо-Кавказскую группировку немцев и окружив не 22, как в Сталинграде, а 50 дивизий, что поставило бы вермахт под угрозу окончательного разгрома на Восточном фронте. Говорят, что начальник нашего Генерального штаба маршал А.М. Василевский предлагал Сталину этот вариант, но Сталин сказал, что лучше синица в руках, чем журавль в небе.

Кроме того, подобные псевдоисторические статьи могут научить, как надо поступать, чтобы не наступать на одни и те же грабли два и более раз.

Итак, вернемся к теме нашей странной статьи. Естественно, автор, работая в этой области с 1957 года, понимает всю ее афористичность и лишь со сделанными оговорками взялся за ее написание.

Начиная с 1958 года, т.е. практически сразу же после запуска первого искусственного спутника Земли, академик С.П.Королев, Генеральный директор и Главный Конструктор ОКБ-1, а потом НПО «Энергия» и Председатель Межведомственного научно-технического совета по космическим исследованиям (МНТС по КИ) Президент АН СССР академик М.В. Келдыш стали интенсивно продвигать программу создания аппаратов для исследования Луны, Марса и Венеры. Были поставлены фантастические тогда задачи облета Луны и получения фотографий обратной, невидимой с Земли стороны Луны, посадка на поверхность Луны с передачей панорам лунной поверхности. Для Марса и Венеры начали разрабатывать аппараты для создания пролетных аппаратов, искусственных спутников Марса и Венеры и посадочных станций для высадки на поверхность этих планет. Замечу, что ни давление, ни плотность, ни химсостав атмосферы Венеры не были тогда надежно известны. Высокая яркостная температура Венеры в радиодиапазоне трактовалась тогда некоторыми специалистами, как

свидетельство мощной ионосферы Венеры с электронной плотностью в максимуме до 10^{12} ионов и электронов на см^3 . Конечно, это требовало диких значений коэффициента рекомбинации, но при неизвестном химсоставе все могло быть. Здесь стоит упомянуть добрым словом главного разработчика всех наших первых автоматических станций для исследований Луны, Марса и Венеры Глеба Юрьевича Максимова, пожалуй, самого талантливого, по моему мнению, сотрудника С.П. Королева. Первый запуск к Венере (станция «Венера-1») был осуществлен уже в 1961 году. Все наши первые запуски к Венере и Марсу были неудачными как по большому числу отказов ракеты-носителя Р7, так и по недолговечности работы самих аппаратов. Отказы ракеты-носителя в основном были связаны с отказом дополнительного разгонного блока, выводившего аппараты к планетам с круговой низкой орбитой высотой 250 км на межпланетную. После выхода на промежуточную орбиту на высоте около 200-300 км следовала 45-минутная пауза, после чего примерно над Гвинейским заливом в Африке производился запуск разгонного блока и аппарат разгонялся в нужном направлении от скорости 8 км/сек до 11 км/сек. В Гвинейском заливе тогда дежурили всегда 1-2 корабля, принимавших телеметрическую информацию с ракеты-носителя и с самих разгоняемых аппаратов. После этого вахту подхватывали большие антенны Центра Дальней Космической Связи в Евпатории или в Симферополе, которые и сопровождали аппарат до места назначения – Луны, Венеры и Марса. Первый успех был достигнут в 1967 году, когда 18 октября 1967 года станция «Венера-4» успешно достигла планеты и спускаемый аппарат (СА) опустился до 23 км над поверхностью планеты. Он был раздавлен высоким давлением углекислотной атмосферы планеты при 18 атмосферах. Однако, при следующей серии запусков, когда СА был сконструирован так, что выдерживал давления вплоть до 100 атмосфер, все прошло удачно. Были проведены масс-спектроскопические измерения химсостава атмосферы Венеры, измерения давления, температуры и плотности, получены цветные и черно-белые монохромные потрясающие панорамы окрестности места посадки, выполнены десятки замечательных экспериментов, как на поверхности, так и в окрестности планеты. Было показано, что у Венеры практически нет собственного дипольного магнитного поля и вследствие этого радиационных поясов, обнаружена протяженная водородная корона с поразительно низкой температурой, равной 400К, т.е. существенно ниже температуры экзосферы Земли, равной в свою очередь 1000-1500К. Было показано, что атмосфера Венеры состоит на 96% из углекислого газа (CO_2) и на 4 процента из аргона, являющегося продуктом радиоактивного

распада изотопа ^{40}K . Давление на поверхности Венеры оказалось равным 93-м атмосферам, а температура 750К или 477С. Все эти результаты широко обсуждались на отечественных и зарубежных конференциях и, в частности, на сессиях КОСПАР. Многие участники экспериментов были удостоены почетных званий и награждены Правительственными наградами. Апофеозом наших успехов был запуск двух летающих баллонов в атмосфере Венеры на высоте около 60 км и последующий поворот этих двух аппаратов к комете Галлея с помощью маневра в гравитационном поле Венеры.

С Марсом же все обстояло гораздо хуже. Практически все наши миссии к Марсу были неудачными. Нам так и не удалось посадить на поверхность красной планеты ни одного работающего аппарата. Спутники же Марса, хотя и не по полной программе, иногда все же успешно работали.

Лунная программа была вообще достаточно успешна. Работали и спутники Луны, и посадочные станции на ее поверхности, и два аппарата, доставившие образцы лунного грунта на Землю. Наконец, блестящий триумф – два самоходных лунохода, управляемых операторами с Земли!

Цена, заплаченная за эти успехи, была, конечно, непомерно высока. Вот список наших запусков к Луне, Венере и Марсу.

К Луне было запущено 58 аппаратов, из них полностью успешных лишь 16, а у 31 были отказы или носителя, или самого лунного аппарата.

К Венере было запущено 29 аппаратов, из них полностью успешных 12 и частично успешных 3. К Марсу было направлено 20 аппаратов и из них частично успешных лишь 5 и ни одного полностью успешного. Итого, для реализации нашей амбициозной планетной программы было запущено 107 станций, а полностью успешных из них было лишь 28. Сколько она стоила, вряд ли кто-нибудь знает, денег в СССР по настоящему тогда не считали. И это не считая четырех запусков титанической пятиступенчатой ракеты Н-1 высотой 105 м, с 30 двигателями, с лунным модулем Л-3 для планируемых пилотируемых полетов на Луну. Блестящая статья, суммирующая список всех запусков к планетам Солнечной системы в XX веке (и наших и американских), была опубликована в журнале «Космические исследования» В.И. Морозом, В.Т. Хантрессом и И.Л. Шевалевым [1]. Много сведений о запусках космических аппаратов можно найти в книге Б.Е. Чертока «Ракеты и люди» [2].

Что же касается далеких, больших планет Солнечной системы: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, то к ним наши аппараты вообще не летали. Лишь Г.Ю. Максимов, насколько мне известно, пытался в ИКИ АН СССР спроектиро-

вать аппарат для полета к Юпитеру с изотопным источником питания, но дальше эскизного проекта дело не пошло. Ведь такие полеты делятся многие годы, вплоть до 20 – 30 лет, а такой надежностью наша космическая техника тогда не обладала.

Трудно объяснить столь большой интерес наших руководителей космической программы, Совета по космосу, отдела науки ЦК КПСС, ВПК и Министерства Общего машиностроения к планетной программе. Руководство же ИКИ АН СССР - академики Г.И. Петров, Р.З. Сагдеев и А.А. Галеев также были увлечены проблемами магнитосферы Земли и планетными исследованиями. А ведь существовала еще одна ветвь астрономии, гораздо более многообещающая, и несравненно более важная, нежели геофизические и планетные исследования, а именно – внеатмосферная астрономия, включавшая в себя весь спектральный диапазон от гамма лучей и до радиодиапазона. Видимый диапазон, хотя и доступный наземным телескопам, также имел большие перспективы при выводе оптического хорошо изготовленного телескопа даже умеренных размеров, скажем, диаметром 1 метр. Дрожание изображения, вызванное турбулентностью земной атмосферы, ограничивает предельное угловое разрешение телескопов до 1-2 сек. дуги, что соответствует всего лишь разрешению 10 см любительского телескопа. Уже метровый телескоп, вынесенный за пределы земной атмосферы, имел бы разрешение в оптике 0.1". Конечно, это потребовало бы создания системы стабилизации всего телескопа или его оптики на таком высоком уровне, который сегодня вполне достижим. Ошеломляющий успех телескопа «ХАББЛ» с диаметром зеркала 2,4 метра (с ИК модулем «НИКМОС») это уже доказал. Для него было достигнуто практически дифракционное разрешение, т.е. 0.04" в оптике и 0.01" в ультрафиолете! Успехи западных стран в рентгеновском диапазоне, а потом в ИК и субмиллиметровом диапазонах ни в чем не уступали УФ и оптическим исследованиям. Блестящие достижения были получены Европейским (Голландия, Великобритания и США) спутником «ИРАС» с диаметром зеркала всего 60 см. Им были открыты 250 000 источников инфракрасного излучения, главным образом – низкотемпературных звезд-карликов, несколько тысяч протяженных источников – газово-пылевых туманностей и зон звездообразования, тысячи внегалактических ИК источников с тепловым и нетепловым спектром, десятки новых астероидов и комет, исследованы планеты Солнечной системы и их спутники. Спутник «ИРАС» был выведен на солнечно-синхронную орбиту и постоянно находился в области земного терминатора. Его орбита прецессировала с угловой скоростью 1° в сутки, точно также, как перемещается Солнце относи-

тельно звезд. Высота орбиты составляла 900 км, а наклонение к экватору Земли равнялось $i = 98^\circ$, т.е. спутник вращался в обратном направлении. Оптическая ось спутника всегда смотрела в местный зенит, сканируя за полгода всю небесную сферу. Спутник имел охлаждаемую до близких к жидкому гелию температур всю оптику, а детекторы охлаждались до температуры жидкого гелия (2,7 К) с откачкой в космический вакуум. Для измерений использовались 64 детектора для 4-х диапазонов 12, 20, 60 и 100 мкм. После испарения более чем за полгода из криостата всего жидкого гелия спутник прекратил свою работу, обеспечив полный обзор неба. Вслед за ним в 1995 году был запущен Европейский спутник ISO с примерно таким же комплексом аппаратуры, но на вытянутую орбиту с высоким апогеем. Спутник, в отличие от «IRAS», был ориентирован в основном на исследование отдельных дискретных источников ИК диапазона от 2,5 до 250 мкм, тогда как режим сканирования был для него лишь вспомогательным. Еще более совершенным был спутник «СПИТЦЕР» (США) с зеркалом диаметром 85 см. «СПИТЦЕР» стал первой инфракрасной обсерваторией, выведенной не на геоцентрическую (вокруг Земли), а на гелиоцентрическую (вокруг Солнца) траекторию. Ее выбрали потому, что глубокий космос много «холоднее» околоземного пространства. Инфракрасное излучение нашей планеты может нагреть спутник до -200 C , в то время как в отдалении от нее спутники остывают до -240 C (именно это и дает возможность экономить гелий и удлинить срок функционирования станции в 10 раз). «СПИТЦЕР» движется по околосолнечной орбите вслед за Землей, но каждый год отстает от нее приблизительно на 0,1 астрономической единицы (15 млн. км). Перечень достижений спутника «СПИТЦЕР» весьма впечатляет. Год назад он впервые непосредственно разглядел (естественно, в инфракрасных лучах) две внесолнечные планеты, что ранее было не под силу ни одному инструменту. Его аппаратура позволила открыть несколько сверхмассивных черных дыр и гигантские пылевые облака, окружающие некоторые звезды. Совсем недавно он обнаружил органические вещества в газовом окружении звезды IRS 46 на расстоянии 375 световых лет от нашего Солнца. «СПИТЦЕР» имеет три прибора (камеры изображений и спектрометры) для диапазонов 3 - 180 мкм, 5-40 мкм и 5-100 мкм.

В одной статье нет возможности описать десятки рентгеновских спутников, запущенных в США, Голландии, Японии, Англии, а также аналогичные спутники для исследования астрономических объектов в жестком рентгене и в гамма диапазоне. Здесь и спутники со счетчиками рентгеновских квантов, и спутники с зеркалами косоугольного падения для мягкого рентгеновского диапазона с

длиной волны более 10\AA . Начало им положил американский аппарат «Эйнштейновская обсерватория», а затем Европейский спутник «ROSAT», зарегистрировавший около 10 000 дискретных источников рентгеновского излучения и, наконец, спутник «ЧАНДРА» с зеркалом диаметром свыше 1 м и пространственным разрешением лучше 1" - как в оптике для наземных телескопов. Для жесткого диапазона, где зеркала косоугольного падения уже не эффективны, Европа запустила спутник «ИНТЕГРАЛ» с апертурной кодированной маской. В этом спутнике большое участие принимает Российская сторона, имеющая 25% наблюдательного времени как плату за его запуск на орбиту отечественным тяжелым и очень дорогим носителем «Протон». Спутник отлично работает уже 5 лет, получая первоклассные научные результаты.

А каковы же наши отечественные успехи в области «большой» астрономии? Какие аппараты мы запустили для ИК, субмиллиметровой, рентгеновской и гамма-астрономии? По сравнению с более чем 100 аппаратами для планетной программы исследований Марса, Венеры и Луны, счет таких спутников легко исчисляется на пальцах одной руки. В 1983 году на базе станции для исследования Венеры НПО им. Лавочкина разработало спутник «АСТРОН», запущенный 19 марта 1983 года на орбиту с высотой апогея 200 000 км и перигеем около 2000 км. На его борту был установлен 80-сантиметровый УФ телескоп «СПИКА» (КрАО АН СССР) и рентгеновский телескоп СКР-02М (ИКИ АН СССР) [3]. Руководителями УФ эксперимента являлись академики А.Б. Северный и А.А. Боярчук. Руководителями рентгеновского эксперимента были сотрудники ИКИ АН СССР и ГАИШ МГУ - автор этой статьи и Е.К. Шеффер. Спутник имел солнечно-звездную систему астроориентации с точностью наведения и стабилизации 1-2', обеспечивающую наведение обоих инструментов практически в любую точку неба за полгода наблюдений. Для системы наведения и стабилизации использовались 15 ярчайших звезд: Канопус, Сириус, Вега и т.д. Для рентгеновского телескопа с диапазоном от 2 и до 25 КэВ этого было вполне достаточно, а для УФ телескопа «СПИКА» ОКБ «ГРАНИТ» (Гарни, Армения) под руководством Ю.М. Ходжоянца была разработана и изготовлена система точной ориентации по регистрируемой звезде или по офсетной, близкой звезде с точностью 0.1". Спутник имел хорошо выбранную орбиту, что обеспечило почти десятилетнюю нормальную работу всей аппаратуры вне радиационных поясов Земли на удалениях свыше 50 000 км от Земли. Это позволило иметь малый фон от заряженных частиц радиационных поясов и космических лучей и практически его постоянную величину в течение сеанса измерений

длительностью от 3 до 5 часов. Конечно, такая система Солнечно-звездной ориентации для астрофизических исследований не являлась идеальной. Ведь Солнце смещается на 1° в день, или на $10'$ за 4 часа сеанса измерений. Это требовало перерыва в сеансах и необходимости выдавать на борт новые установки для солнечного и звездного датчиков. Вторым недостатком аппарата являлось отсутствие запоминающего устройства (ЗУ) на борту для всей научной аппаратуры. Приходилось использовать только режим непосредственной передачи (НП) с максимальной скоростью 3072 бит/сек. К сожалению, более быстрая система передачи данных по сантиметрово-радиолинии телеметрии не могла работать из-за досадной ошибки в изготовлении аппарата и проведении его испытаний. Все 8 лет работы станции пришлось обходиться дециметрово-линией передачи. Вот, пожалуй, и все замечания по работе спутника «АСТРОН». За почти десятилетие его нормального функционирования на борт было выдано около 100 000 радиокоманд, из которых не прошли всего 3 или 4. Эволюция орбиты станции была заранее просчитана, что позволило полностью выполнить его научную программу. В таблице 1 приведены основные параметры орбиты за 8-летний период его работы. Начальные данные на день запуска 23 марта 1983 г были таковы:

Высота апогея 201230 км

Высота перигея 1996 км

Наклонение к земному экватору $i = 51.5^\circ$

Аргумент перигея $\Delta = 284.9^\circ$

Период обращения $P = 98$ часов

ТАБЛИЦА 1

Дата	Высота перигея, км	Высота апогея, км	Аргумент перигея, $^\circ$	Наклонение, $^\circ$	Долгота восходящего узла, $^\circ$
23.03.83	1996	201230	284.9	51.5	20.9
23.03.84	10000	192900	307.7	69.0	336.5
23.03.85	24800	178000	316.6	76.6	322.9
23.03.86	34900	167700	328.7	78.4	317.2
23.03.87	35800	166700	343.0	77.1	313.8
23.03.88	27500	176600	356.6	73.3	310.4
23.03.89	14700	189400	4.3	61.7	306.8
23.03.90	5700	198400	13.3	34.8	297.3
23.03.91	7800	196300	125.9	10.5	185.4

Данные приведены на эпоху 1975.0 в экваториальной геоцентрической системе координат с учетом гравитационных возмущений от Солнца и Луны и с учетом основных гармоник геопотенциала Земли. Вначале высота перигея быстро растет с уменьшением апогея при постоянстве большой полуоси с максимумом 38800 км через 3,65 года после старта. Одновременно растет и наклонение, тогда как линия апсид медленно вращается, приближаясь к эклиптике. После перехода апогея в южное полушарие относительно плоскости эклиптики высота перигея начинает уменьшаться, а апогея расти. Через 7,5 лет после запуска орбита ложится в плоскость эклиптики, аргумент перигея начинает быстро расти, а долгота восходящего узла быстро начинает уменьшаться. Далее, наклонение возрастает, достигая 30° , а перигей возрастает до 27000 км, а после 1993 года, когда аппарат уже не функционировал, вновь началось уменьшение высоты перигея и наклона. Таким образом, отлично выбранная орбита обеспечила многолетнюю нормальную работу станции.

Основные результаты, полученные с УФ телескопом «СПИКА», работавшим более 6 лет, за более чем 600 сеансов связи кратко можно суммировать так:

проведено определение распределения энергии в ультрафиолете в спектрах более 100 звезд с четкими эффектами вариации эффективной температуры и величины межзвездного покраснения;

обнаружены вариации интенсивности в ультрафиолете излучения активных галактик;

обнаружены вспышки красной карликовой звезды общей длительностью около 2 сек;

обнаружены продукты термоядерного синтеза во вспышке Сверхновой 1987 года в Магеллановом Облаке более чем за 100 суток до такого обнаружения другими методами;

выполнена оценка темпа потери массы кометой Галлея и времени ее жизни;

выполнено прямое обнаружение горячих компонент в тесных двойных системах на поздних стадиях их эволюции.

20-25 лет тому назад – во времена IUE и задолго до космического телескопа им. Э.Хаббла – все эти результаты были на уровне лучших мировых достижений.

Рентгеновский телескоп СКР-02М имел эффективную площадь 1750 см^2 для диапазона энергий 2-25 кэВ и прекрасное временное разрешение 2,7 мсек, что даже для сегодняшнего дня неплохо. С помощью такого временного разре-

шения и были проведены наблюдения всех известных на то время рентгеновских пульсаров, включая пульсар в Крабовидной туманности с периодом 33 мс. Раз в году проводились его наблюдения для спектральной калибровки каналов спектрометра. Спектрометр позволял измерять рентгеновский поток (спектр) в 11 спектральных логарифмически расположенных по энергии каналах. Диаграмма направленности почти треугольной формы была образована механическим сотовым шестигранным коллиматором и имела полуширину 3° .

Вся научная аппаратура спутника (телескоп со спектрометром УФ диапазона «СПИКА» и рентгеновский телескоп СКР-02М) нормально работала столь длительный период, ранее не реализованный на аппаратах серии «Марс» и «Венера» и малых, сравнительно простых спутниках серии «Космос», предназначенных для исследования магнитосферы, верхней атмосферы Земли и радиационных поясов.

Какие же усовершенствования могли бы быть осуществлены на аппаратах, подобных аппарату «АСТРОН»? Необходимо было поставить не очень сложное ЗУ или просто установить на станции винчестер (жесткий диск), взятый из любого серийного хорошего компьютера, как это и осуществил Л.С.Чесалин (ИКИ РАН) на спутнике «ОРЕОЛ». Далее, можно было бы установить второй звездный датчик, полностью идентичный имеющемуся на борту. В этом случае экспозиция для НА могла бы быть неограниченно длительной и ограничение длительности сеанса определялось бы лишь необходимостью зарядки химических источников тока от солнечных батарей. Так и было частично осуществлено через 6 лет на следующем спутнике этой серии «ГРАНАТ» [4]. Все остальные параметры станции вполне подошли бы для проведения всех типов астрофизических наблюдений в ИК, субмиллиметровом, рентгеновском и УФ диапазонах. Через шесть лет после запуска столь успешного спутника «АСТРОН», 1 декабря 1989 года на орбиту был выведен второй спутник «ГРАНАТ» с французской камерой с кодированной маской для жесткого рентгена «СИГМА». Руководителем этого блестящего научного эксперимента был академик РАН Р.А. Сюняев. Спутник «ГРАНАТ» проработал на орбите почти 10 лет. На его борту уже было установлено емкое ЗУ, и, конечно, нормально функционировала сантиметровая радиопередача телеметрической информации со скоростью передачи 64 кбод в сек. Результаты спутника «ГРАНАТ» были впечатляющи даже в сравнении с американскими и Европейскими рентгеновскими аппаратами.

На борту спутника «ГРАНАТ» было установлено шесть научных приборов, которые перекрывали широкий диапазон рентгеновского и гамма излучения:

1) основной прибор, изготовленный и разработанный во Франции, – рентгеновский детектор с кодирующей маской «СИГМА» на диапазон от 40 кэВ до 1.3 МэВ,

2, 3) два отечественных рентгеновских спектрометра АРТ-П (4-60 кэВ) и АРТ-С (10-100 кэВ),

4) детектор гамма всплесков «ФЕБУС» (100 кэВ – 100 МэВ),

5) рентгеновский 4▲ монитор всего неба «ВОТЧ» (6-180 кэВ)

6) прибор Ленинградского физико-технического института им. А.Ф. Иоффе «КОНУС-Б» для регистрации гамма-всплесков и рентгеновских короткоживущих транзиентов (10 кэВ – 8 МэВ).

Имелся еще и неработавший, правда, прибор «Подсолнух» для регистрации мягкого рентгеновского и оптического излучения космических гамма-всплесков. Именно такой прибор на итальянском спутнике «БЕППО-САКС» и позволил решить проблему природы всплесков.

Научные результаты спутника «ГРАНАТ» весьма впечатляющие. Получены глубокие изображения с достаточно слабыми источниками в Центре Галактики в двух спектральных диапазонах 40-150 кэВ и 4-20 кэВ. На этих изображениях видны множество неизвестных ранее черных дыр и нейтронных звезд в окрестностях Центра Галактики. Открыты несколько кандидатов в черные дыры, среди которых наибольший интерес представляет источник GRX 1915+105. Открыты квазипериодические флуктуации рентгеновского потока ряда галактических черных дыр с аккрецией таких как Лебедь X-1 и GX 339-4. Наблюдалась эмиссионная анигиляционная линия 512 кэВ в спектрах двух рентгеновских источников 1E1740-294 и GRS 1124-683.

Были проведены высокоточные наблюдения в широком диапазоне рентгеновского излучения ряда кандидатов в черные дыры и нейтронные звезды.

Было открыто диффузное излучение (8-22 кэВ) около Центра Галактики, по-видимому связанное с активностью сверхмассивной черной дыры Стрелец А.

Вполне заслуженно коллективы разработчиков аппаратов «АСТРОН» и «ГРАНАТ» из КраО АН СССР, ИКИ РАН, НПО им.Лавочкина и НПО «ГРАНИТ» были удостоены Правительственных наград, а руководители научных и технических коллективов. получили Государственную Премию СССР.

Третьим и последним успешным аппаратом был рентгеновский модуль «КВАНТ», пристыкованный к орбитальной пилотируемой станции «МИР» [5]. На нем был установлен большой комплекс отечественной рентгеновской аппаратуры. Этот эксперимент, возможно, и уступал по числу решенных задач спутнику «ГРАНАТ», однако был более чем успешным. Вообще, кажется, пилотируемые станции и у нас, и в США не слишком приспособлены для проведения астрофизических экспериментов. Много времени на них тратится для медицинских опытов и для поддержания систем жизнеобеспечения. Их слишком низкая по точности ориентация и стабилизация не годятся для подавляющего числа астрономических наблюдений, где требуются точности в доли угловой секунды дуги.

Рентгеновский модуль «КВАНТ» был разработан в НПО «Энергия» и выведен на орбиту 31 марта 1987 года, а 12 апреля 1987 года успешно пристыкован к пилотируемой орбитальной станции «МИР». На его борту было установлено 4 рентгеновских телескопа:

1. Спектрометр с кодирующей маской, разработанный в Нидерландах, широкоугольная камера, использующая в качестве входной апертуры кодирующую маску для определения положения источников. Прибор работал в энергетическом диапазоне 2-30 кэВ с полным полем зрения $15 \times 15^\circ$. Геометрическая площадь его составила 655 см^2 . Угловое разрешение составляло $2'$, а временное разрешение 1 с;

2. Рентгеновский спектрометр «НЕХЕ», состоящий из четырех идентичных детекторов типа «фосвич», собранных из кристаллов NaI/CsI и чувствительных к рентгеновскому излучению в диапазоне от 15 до 200 кэВ. Поле зрения каждого детектора составляет $1.6 \times 1.6^\circ$ и было ограничено качающимся коллиматором, который поворачивался с двухминутными интервалами для измерения рентгеновского фона. Геометрическая площадь каждого детектора составляла 200 см^2 , а максимальное временное разрешение равнялось 0,3-25 мс;

3. Газовый сцинтилляционный пропорциональный счетчик. «СИРЕН-2», рассчитанный на энергетический диапазон 2-100 кэВ с полем зрения $3 \times 3^\circ$. Геометрическая площадь детектора равнялась 300 см^2 . Максимальное временное разрешение прибора составляло 1,25 – 2,5 мс;

4. Рентгеновский спектрометр «ПУЛЬСАР X-1» состоял из 4 детекторов типа «фосвич», чувствительных к жесткому диапазону рентгеновского излучения от 30 до 800 кэВ с полем зрения $3 \times 3^\circ$. Геометрическая площадь каждого детектора равнялась 314 см^2 , а максимальное временное разрешение 10 с. Модуль

успешно проработал на орбите свыше 5 лет. С его помощью в очень широком диапазоне длин волн в рентгене были получены замечательные результаты.

На этом перечень отечественных успехов в области астрофизических экспериментов можно, пожалуй, и закончить. Упомянем лишь еще об эксперименте «ГАММА-1» для наблюдений в жестком гамма диапазоне от 30 МэВ и до тысячи МэВ. Специализированный спутник с искровой камерой на борту с рекордной площадью $0,25 \text{ м}^2$, разработанной совместно в ИКИ АН СССР и CNRS во Франции, был создан в НПО «Энергия» и успешно выведен на низкую орбиту. Однако из-за поломки блока низковольтного питания генератора импульсного напряжения (ГИН) искровая камера была «слепой», т.е. у нее не было возможности определить направление прихода каждого кванта, что свело результаты этого сложнейшего и очень дорогого эксперимента почти к нулю. Удалось получить качественные результаты лишь для солнечного гамма-излучения, когда направление ориентации оси искровой камеры и так было заранее известно. Были проведены также наблюдения трех гамма-пульсаров: Вела-1, пульсара в Крабовидной туманности и известного яркого гамма источника Геминга.

Некоторый успех был достигнут в эксперименте «РЕЛИКТ-1» на почти серийном спутнике «ПРОГНОЗ-9», выведенном 2 июля 1983 года на высокоапогейную орбиту с апогеем 700 000 км [6]. С его помощью на одной длине волны $\ll 8 \text{ мм}$ была построена полная карта неба с разрешением 6° для изучения космологического 3К реликтового излучения. На этой карте была хорошо заметна дипольная компонента, но не более того! 3-диапазонный с пространственным разрешением 6° и с гораздо более высокой чувствительностью эксперимент «РЕЛИКТ-2» так и не был осуществлен, хотя вся научная аппаратура была разработана в ИКИ РАН и готова к запуску. Наступила эпоха развала Союза и всей промышленности. Стало не до космологии. А успех был так близок и вполне возможен.

Вот и вся немногочисленная история трех отечественных астрофизических экспериментов.

Казалось бы, успех аппаратов «АСТРОН» и «ГРАНАТ» мог бы стать той отправной точкой бифуркации нашей программы, которая могла бы повернуть весь ход наших успехов. Если бы число запусков к Венере, Марсу и Луне можно было уменьшить на 10-20%, что вряд ли сказалось бы на отечественном престиже в чисто научном мире планетных исследований, а число астрофизических запусков на базе того же аппарата, переделанного из станции «Венера», увеличить на 10-20 запусков, все могло бы сложиться иначе. Все необходимые переделки

самого аппарата были приведены мною выше. Наша научная приборостроительная база была достаточно высока, а кооперация с Европейским Космическим Агентством (ESA) или даже только с CNES (Франция) могла бы вполне создать несколько спутников-обсерваторий для ИК и субмиллиметровой областей, для мягкого и жесткого рентгена, для УФ и оптического диапазона «до Хаббловской эпохи» и для радиоастрономии с антеннами диаметром менее 10м. Наша криогенная наука и промышленность до развала СССР были вполне на уровне, не говоря уже об оптико-механической промышленности (ГОИ, ЛОМО, КОМЗ и ГИПО). Нам вполне «по зубам» были бы спутники инфракрасного диапазона типа «ИРАС» и радиодиапазона вроде японского аппарата «VSOP», работавшего в интерферометрическом режиме около 5 лет совместно с большими антеннами многих стран, включая и наши антенны.

В чем же причина такого неприятного и странного хода событий? Наверное, ответ прост. Руководству нашей науки и промышленности вполне понятны были задачи получения фотографий поверхности Луны, Венеры и Марса, радиолокационное картографирование поверхности Венеры, скрытой под облачным слоем большой оптической толщины, создание лунохода и т.д. Задачи же изучения тонких эффектов аккреции вещества на компактные объекты (нейтронные звезды или черные дыры), изучение пространственных флуктуаций реликтового 3-х градусного космологического излучения и т.д., конечно же, не являлись столь впечатляющими для средств массовой информации и популярных изданий. Это же не поиски жизни на поверхности Марса! Кроме того, создание астрофизических станций типа «АСТРОН» или «ГРАНАТ» существенно сложнее, нежели создание малых неориентированных спутников для изучения окрестностей Земли. Руководство же Академии Наук, наверное, не смогло повернуть руль космической политики так круто. Академики М.В. Келдыш, Б.П. Константинов, А.П. Александров не прислушались к призывам мировых авторитетов физики и астрономии в лице академиков Я.Б. Зельдовича, В.Л. Гинзбурга, И.С. Шкловского и не смогли уменьшить хотя бы незначительно число запусков к Венере, Марсу и Луне в пользу астрофизических аппаратов. Конечно, после успеха аппаратов «АСТРОН» и «ГРАНАТ» НПО им. Лавочкина обещало создать новый тип специализированных спутников для астрономии серии «СПЕКТР». В первую очередь, предполагалось разработать 5-6 аппаратов для оптического, УФ, ИК и субмиллиметрового, рентгеновского и гамма диапазонов и самый сложный - спутник «СПЕКТР-Р» для наземно-космического интерферометра «РАДИОАСТРОН» с раскрывающейся как зонтик параболической антенной

диаметром 10 м на 4 спектральных диапазона 1,35 см, 6 см, 18 см и 91 см. Все эти обещания так и остались не выполненными, и шансы на их реализацию, пожалуй, невелики. Ведь вся научная аппаратура для «СПЕКТРА СРГ» с огромной международной кооперацией была полностью готова, «СПЕКТР-Р («РАДИОАСТРОН») создается почти 20 лет и давно ожидает старта. А ведь его научное значение невозможно переоценить. При апогее орбиты около 300 000 км угловое разрешение на самой короткой длине волны 1,5 см составит 10 микросекунд дуги! А это в 30 раз лучше самого высокого разрешения, достигнутого в радиоастрономии, и в 10 000 раз лучше разрешения в оптике на Земле. Какое огромное количество открытий это может дать. И если шанс на запуск этого спутника достаточно велик, то до остальных двух еще очень и очень далеко. А ведь научные приборы и эксперименты стареют очень быстро. Достаточно сравнить программу 27-километровых ускорителей типа ЦЕРНовского коллайдера с ускорителями, созданными 10 - 20 лет тому назад.

Кажется, начини в середине 80-х годов еще до развала СССР наша страна осуществлять программу, подобную программам на аппаратах «АСТРОН» и «ГРАНАТ», весь ход нашей внеатмосферной астрономии пошел бы по-другому. Но, к сожалению, историю не повернешь вспять. Сослагательного наклонения в истории не бывает. И все же... Все же... На ошибках ведь учатся следующие поколения.

Автор искренне благодарен сотрудникам АКЦ ФИАН Е.Н. Мироновой и Л.А. Малаховой за помощь в подготовке работы к печати.

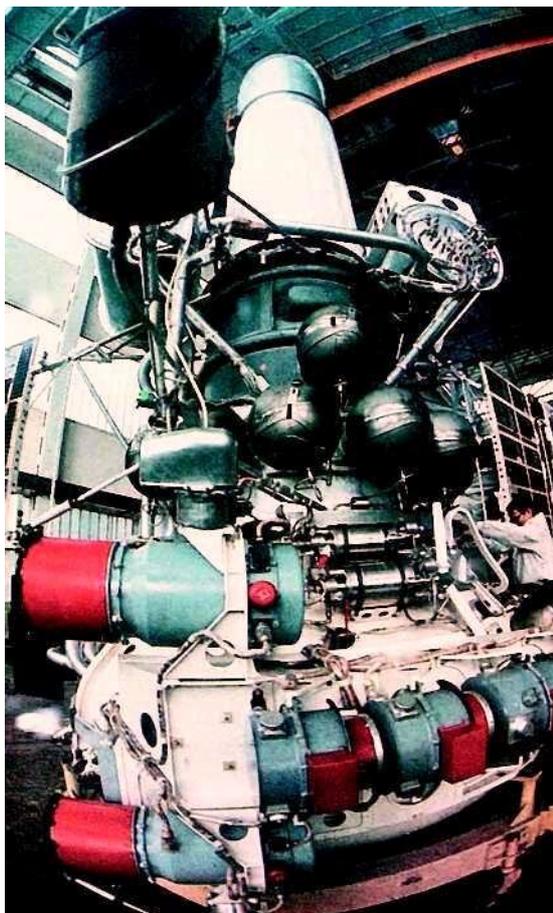


Рис. 1. Астрофизическая станция «АСТРОН» с 80 см УФ телескопом «СПИКА» и рентгеновским телескопом СКР-02М

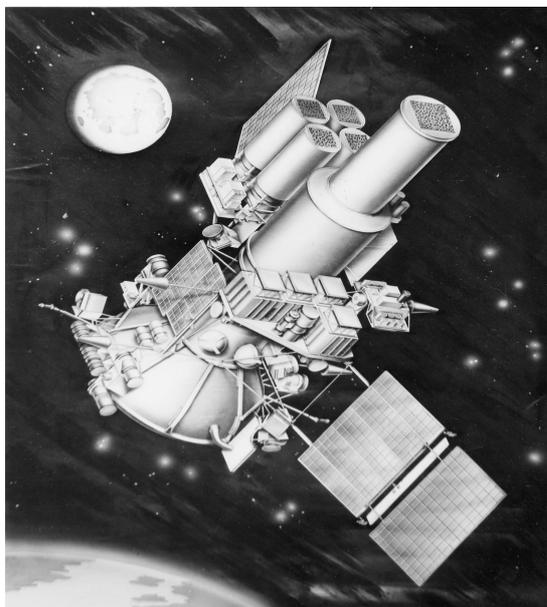


Рис. 2. Спутник «ГРАНАТ» с рентгеновским телескопом жесткого диапазона «СИГМА»

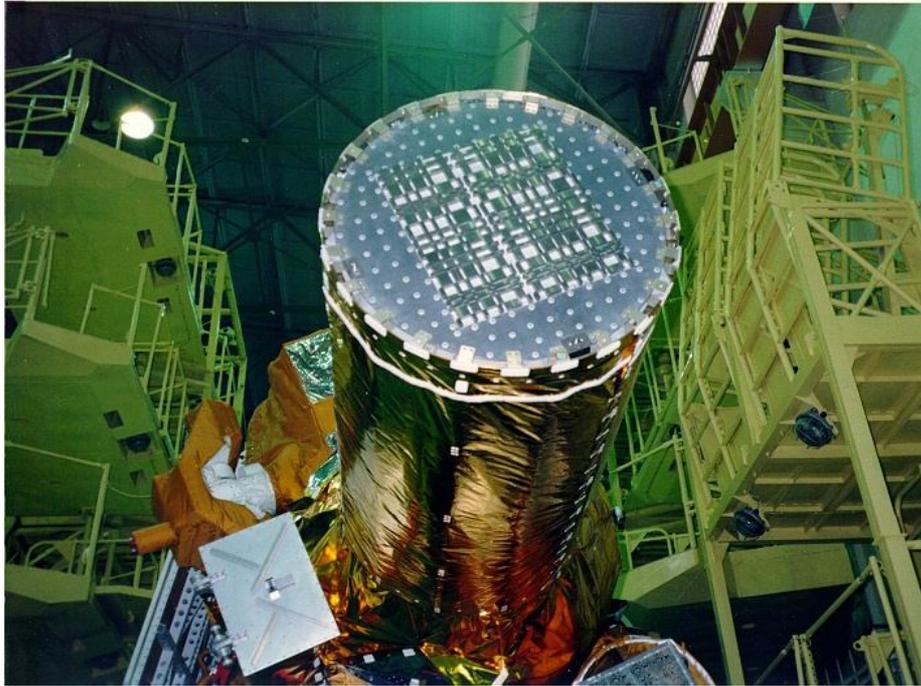


Рис. 3. Кодированная маска, предназначенная для определения координат рентгеновских источников, смонтированная на рентгеновском телескопе «СИГМА» станции «ГРАНАТ»

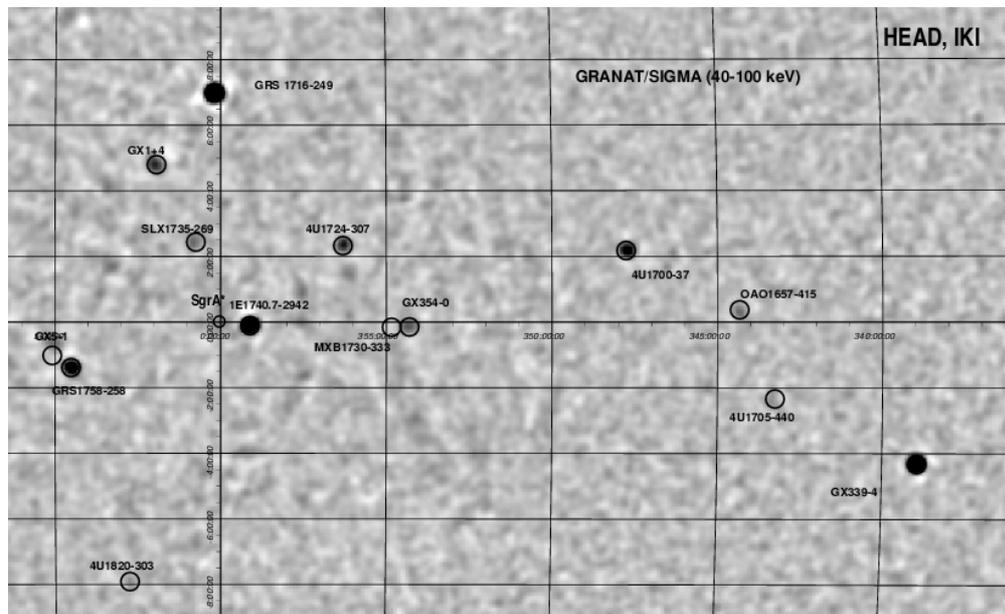


Рис. 4. Карта Центра Галактики, полученная со спутника «ГРАНАТ» прибором «СИГМА»

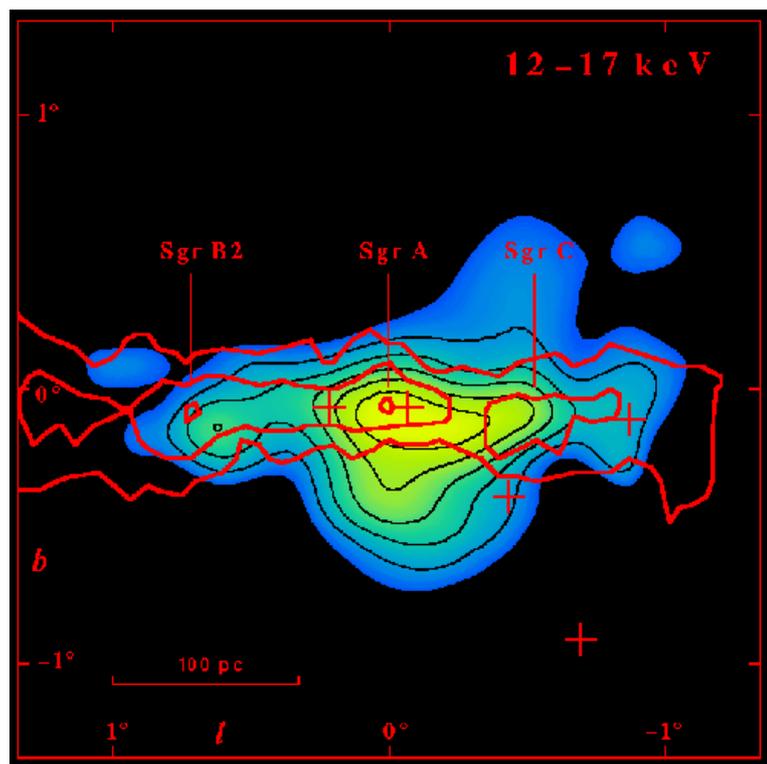


Рис. 5. Карта Центра Галактики, полученная со спутника «ГРАНАТ» прибором АРТ-П

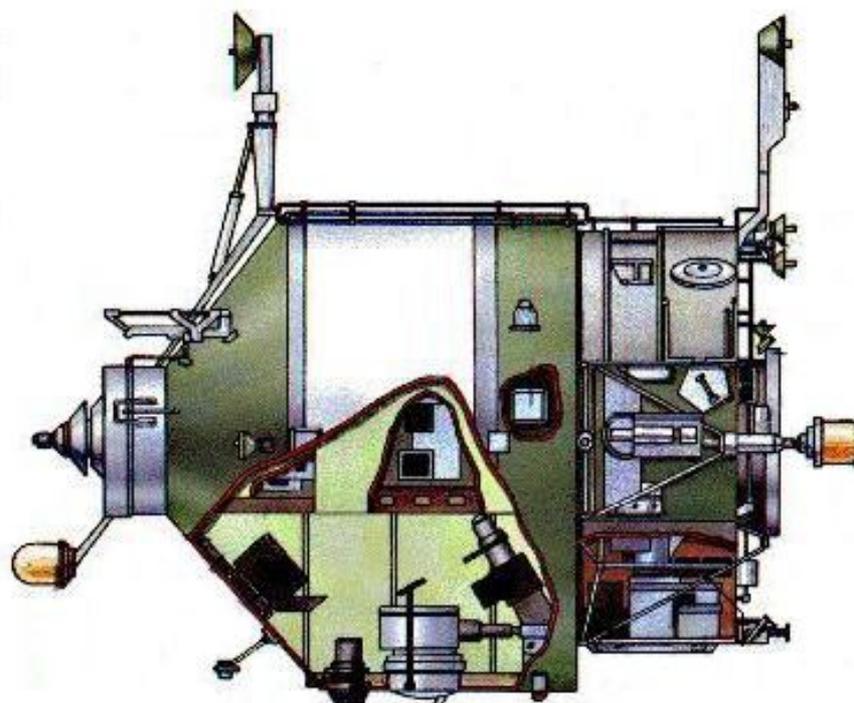


Рис. 6. Рентгеновский модуль «КВАНТ», пристыкованный к орбитальной пилотируемой станции «МИР»

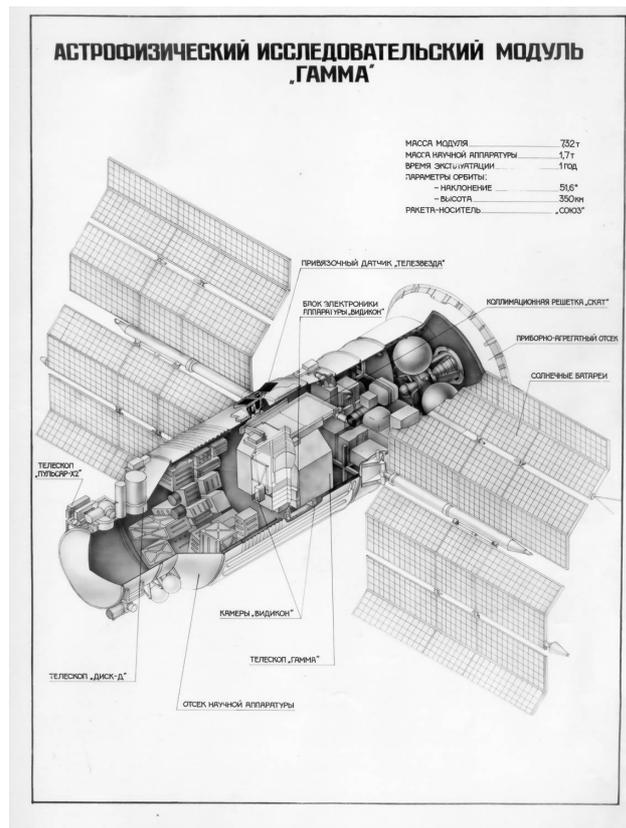


Рис. 7. Рисунок астрофизического модуля «ГAMMA-1»



Рис. 8. Спутник «ПРОГНОЗ-9», на котором был установлен радиометр 8 мм диапазона «РЕЛИКТ-1»



Рис. 9. Фотография спутника «РАДИОАСТРОН» для наземно-космического радиointерферометра

Литература

1. В.И. Мороз, В.Т. Хантресс, И.Л. Шевалев Космические исследования, 2002, т.40, №5, стр.451-481.
2. Б.Е. Черток, Ракеты и люди, 2-е изд., М.,Машиностроение, 1999.
3. Астрофизические исследования на космической станции «АСТРОН», М., Наука, 1994.
4. Земля и Вселенная, 1994, №2.
5. «HEXE» - X-ray observatory in space // Astronautik (ISSN 0004-6221),vol. 24, Apr.-June 1987,p. 41, 42. In German.
6. И.А. Струков, Р.С. Кремнев, А.И. Смирнов, Взгляд в прошлое Вселенной, Наука в России, 1992, №4, стр.4-11.