



В НАЧАЛЕ ГОДА ОБСЕРВАТОРИЯ «СПЕКТР-РГ» ЗАФИКСИРОВАЛА ВСПЫШКИ ИЗЛУЧЕНИЯ, ВОЗНИКШЕГО ИЗ-ЗА ТОГО, ЧТО ДВЕ СВЕРХМАССИВНЫЕ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ В ЦЕНТРАХ ГАЛАКТИК В СОЗВЕЗДИЯХ ВОЛОПАСА И ГОНЧИХ ПСОВ, С БОЛЬШОЙ ВЕРОЯТНОСТЬЮ, РАЗОРВАЛИ НА ЧАСТИ ДВЕ ЗВЕЗДЫ. ЭТО УЖЕ НЕ ПЕРВОЕ НАБЛЮДЕНИЕ, СДЕЛАННОЕ УНИКАЛЬНЫМ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ, СТАРТОВАВШИМ В ИЮЛЕ ПРОШЛОГО ГОДА С КОСМОДРОМА БАЙКОНУР.

# ОКО С ЗЕМЛИ

Игорь АФАНАСЬЕВ

«Спектр РГ» с начала декабря ведет кропотливый обзор небесной сферы с орбиты вокруг точки либрации L2 системы Земля–Солнце. Чтобы попасть в это место, обсерватория преодолела расстояние в полтора миллиона километров.

## СВЕРХЦЕННЫЕ ГИГАБАЙТЫ

Основная научная программа стартовала до прибытия обсерватории в точку L2: благодаря быстрому вводу в строй телескопа ART-XC (см. «Что такое «Спектр-РГ?»» с.13) она началась еще в августе 2019 г. С тех пор российский прибор зарегистрировал несколько миллионов жестких рентгеновских фотонов из дальнего космоса, сотни «жестких» и десятки тысяч «мягких» источников (в целом речь может идти о более двухсот тысяч источников).

Только на стадии летных калибровок и первых научных наблюдений в ходе ежедневных

сеансов связи с борта аппарата было принято 360 гигабайт научных данных. «Все эти результаты продемонстрировали, что обсерватория «Спектр-РГ» уже работает в своей максимальной конфигурации, и характеристики телескопов позволяют решать амбициозные задачи в области космологии, изучения формирования и эволюции сверхмассивных черных дыр, физики скоплений галактик, нейтронных звезд, остатков вспышек сверхновых и звезд с активными коронами», – рассказал научный руководитель миссии, академик РАН Рашид Алиевич Сюняев.

Он также сообщил, что «Спектр РГ» дает ученым возможность увидеть практически все массивные скопления галактик в наблюдаемой Вселенной, обнаружить рентгеновское излучение сотен тысяч звезд нашей Галактики, и заметил: «Мы надеемся наблюдать эффекты взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой на внешней границе Солнечной системы».

К середине июня первый обзор небесной сферы будет завершен, после чего последовательность повторится. Во время сканирования каждый объект наблюдается в течение 30–40 секунд. Поскольку космический аппарат совершает шесть оборотов вокруг оси в сутки, столько же раз в день с интервалом 4 часа будет наблю-

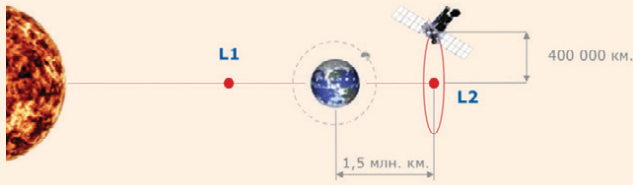
даться каждый объект. По плану, за четыре года состоится 8722 сеанса сканирования небесной сферы.

После этого еще 2.5 года «Спектр РГ» будет наблюдать точечные объекты Вселенной по заявкам мирового научного сообщества.

## ГЛАВНЫЕ ВОПРОСЫ ВСЕЛЕННОЙ

Ожидается, что в ходе обзора неба «Спектр-РГ» обнаружит около трех миллионов аккрецирующих (активно засасывающих вещество близлежащих звезд) сверхмассивных черных дыр, сто тысяч скоплений галактик, сотни тысяч звезд с активными коронами и аккрецирующих белых карликов, десятки тысяч звездообразующих галактик и многие другие объекты, в том числе





### СОЛНЦЕ НЕ ПОМЕХА

Гало-орбита (квазипериодическая траектория движения) вокруг точки L2 очень удобна для наблюдений звездного неба: вращаясь вокруг собственной оси, один конец которой направлен на Солнце, космический аппарат сможет за полгода провести полный обзор небесной сферы, при этом Солнце ни разу не попадет в поле зрения телескопов и не вызовет засветок.

неизвестной природы. Эти данные исключительно важны для понимания, как распределена материя во Вселенной, какую роль в ее развитии играла темная энергия и как в ней появлялись и росли сверхмассивные черные дыры.

За первые четыре года миссии «Спектр-РГ» позволит сформировать восемь карт звездного неба в рентгеновском диапазоне. При сравнении этих карт можно будет выявить объекты, меняющие свою яркость со временем.

«Именно так мы надеемся обнаружить процесс приливного разрушения обычных звезд тяготением сверхмассивных черных дыр, – пояснил Р.А. Сюняев. – Если звезда пролетает слишком близко от черной дыры, то приливные силы могут оказаться столь сильными, что звезда будет разорвана и превратится в газ, значительная часть которого будет захватываться черной дырой и приводить к нагреву и к колоссальной

яркости поверхности формирующегося аккреционного диска».

Астрономы уже много лет наблюдают за сверхмассивными черными дырами, стараясь больше узнать об этих объектах, а также используя их для проверки теории относительности Эйнштейна и других постулатов физики.

### ХИЩНИКИ И ИХ ЖЕРТВЫ

Современная астрономическая наука предполагает, что в центре галактики имеется одна или даже несколько сверхмассивных черных дыр. К примеру, в ядре Млечного пути находится черная дыра Sgr A (Стрелец A), которая располагается на расстоянии 26 тысяч световых лет от Земли. По мнению ученых, она тяжелее Солнца в 4 млн раз.

Как показывают наблюдения подобных объектов, вокруг черных дыр находится множество звезд. И те из них, которые оказываются в опасной близости к черной дыре, становятся жертвами этих космических хищников. Одно из таких ярких событий уже зафиксировал «Спектр-РГ».

В середине и в конце декабря с помощью германского телескопа eROSITA были обнаружены ранее неизвестные источники вспышек рентгеновского излучения в направлении созвездий Волопаса и Гончих Псов. Заметив, что яркость этих объектов внезапно увеличилась, ученые в обоих случаях пришли к выводу: это произошло из-за того, что сверхмассивные черные дыры в центрах этих галактик недавно захватили звезду и разорвали ее на части. В результате появились два облака из раскаленной плазмы, которая произвела огромное количество рентгеновского и других видов излучения.



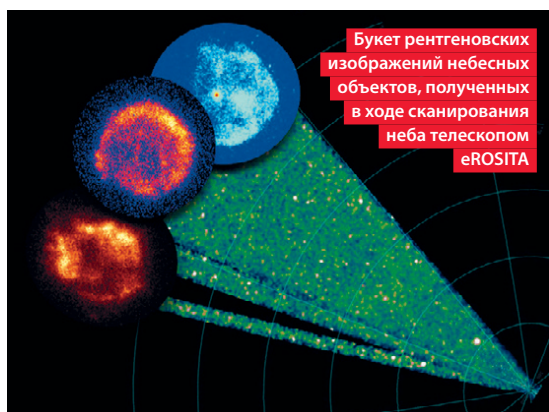
## «БОКОВОЕ ЗРЕНИЕ» И ДРУГИЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Интересные перспективы для наблюдений и совместных работ с другими обсерваториями открывает способность телескопа ART-XC на борту «Спектра-РГ» регистрировать гамма-всплески – результаты мощных взрывов звезд в далеких галактиках. Так, во время обзора всего неба 1 января 2020 г. российский телескоп зарегистрировал необычное и кратковременное (длительностью около 5 секунд) повышение интенсивности излучения в своих детекторах. При этом сигнал от этого всплеска попал на детекторы телескопа, пройдя через его боковые стенки, то есть сильно ослабленным.



Анализ всех имеющихся на сегодняшний день данных показал, что с начала работы миссии телескоп ART-XC зарегистрировал около десятка гамма-всплесков, сигналы от которых пришли с боковых сторон. Хорошее временное разрешение телескопа позволяет определить время прихода сигнала от гамма-всплеска с высокой точностью.

Достаточно широкие поля зрения телескопов обсерватории дают возможность обнаруживать послесвечения гамма-всплесков уже в самих детекторах инструментов. Такое событие произошло 20 января 2020 г., когда «Спектр-РГ» на-



## ЧТО ТАКОЕ «СПЕКТР-РГ»?

«Спектр-РГ» создан в России для длительного изучения Вселенной в рентгеновском диапазоне с высокой чувствительностью, угловым и энергетическим разрешением по заказу Российской академии наук (РАН) с участием Германии. С помощью обсерватории ученые получают полную «карту» видимой Вселенной в рентгеновском диапазоне.

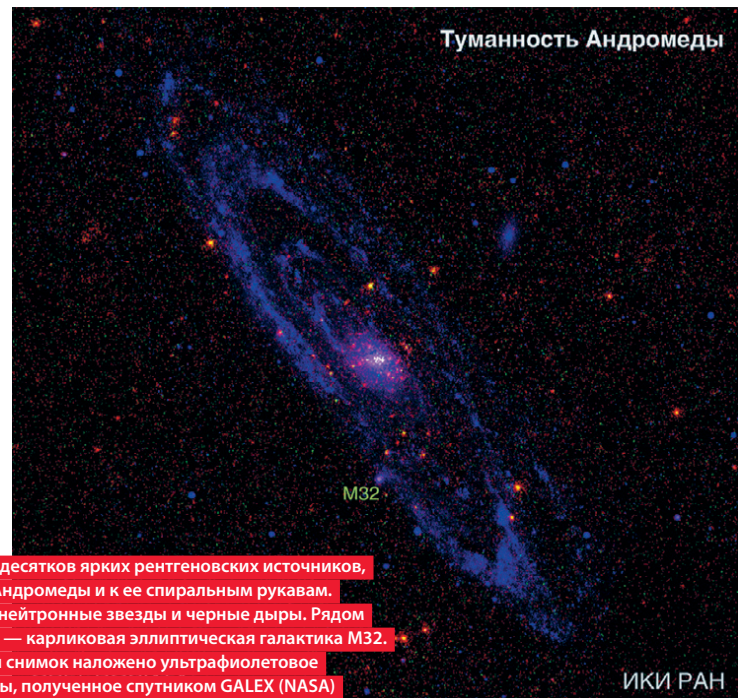
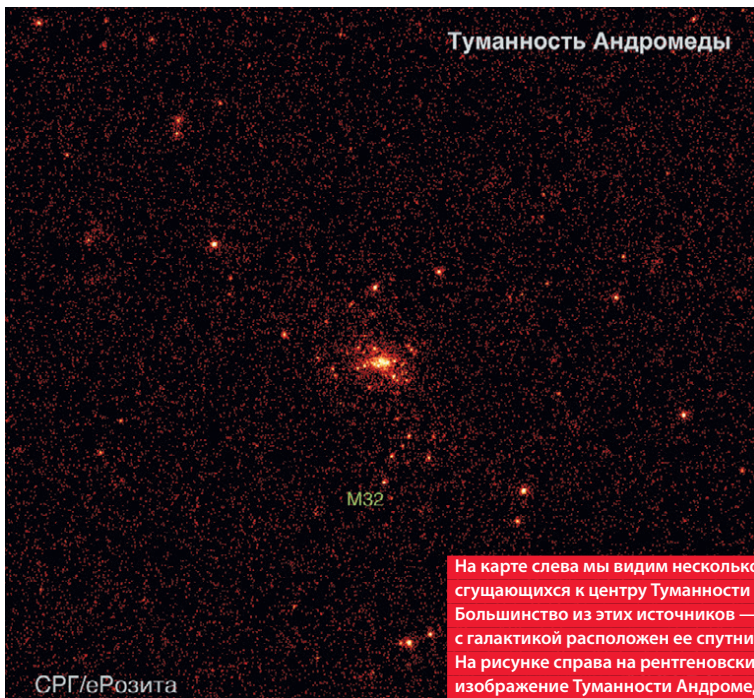
Аппарат, разработанный в НПО Лавочкина на базе космической платформы «Навигатор», оснащен российским рентгеновским телескопом-концентратором ART-XC и германским сканирующим телескопом eROSITA. Эти инструменты позволяют вести наблюдения одновременно в жестком и в мягком «рентгене». Российский телескоп ART-XC создан специалистами Института космических исследований РАН и Российского федерального ядерного центра – ВНИИ экспериментальной физики, а eROSITA – учеными Института внеземной физики Общества Макса Планка в Германии.

Научным руководителем миссии является академик РАН Рашид Алиевич Сюняев, научным руководителем по телескопу ART-XC – доктор физико-математических наук Михаил Николаевич Павлинский, а по телескопу eROSITA – доктор Петер Предель.

Как объяснил президент РАН Александр Михайлович Сергеев, «[«Спектр-РГ»] собирает информацию об источниках рентгеновского излучения по всей небесной сфере, которая является более полной и детальной, чем имеют американские, европейские и китайские аппараты».







На карте слева мы видим несколько десятков ярких рентгеновских источников, сгущающихся к центру Туманности Андромеды и к ее спиральным рукавам. Большинство из этих источников — нейтронные звезды и черные дыры. Рядом с галактикой расположен ее спутник — карликовая эллиптическая галактика M32. На рисунке справа на рентгеновский снимок наложено ультрафиолетовое изображение Туманности Андромеды, полученное спутником GALEX (NASA)

## ФИКСАЦИЯ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ

**Александр ЛУТОВИНОВ,**  
заместитель директора по научной работе  
Института космических исследований РАН

Все, что оказывается в поле зрения телескопов «Спектра-РГ», попадает на детекторы. Что касается ART-XC: если сигнал идет сбоку и он достаточно мощный, то у него есть шанс – несмотря на алюминий, олово и медь в корпусе детектора – пройти сбоку, правда, сильно ослабленным. Тогда мы никакого изображения, естественно, не увидим, но на детекторе будет заметно, что есть какой-то сигнал. Почему мы уверены, что это гамма-всплеск? По той простой причине, что в этот момент, на несколько секунд раньше, он был зарегистрирован другими инструментами, присутствующими на околоземной орбите.



Телескоп eROSITA не видит гамма-всплеска – в силу того, что его детекторы более чувствительные и поэтому «спрятаны» под мощным слоем меди, в которой поглощается гамма-излучение. Кроме того, eROSITA работает в диапазоне до 10 кэВ. Между тем ART-XC функционирует до 30 кэВ как телескоп (зеркала фокусируют), но сами детекторы позволяют работать до 120 кэВ и даже выше. Благодаря такой особенности мы можем называть «Спектр-РГ» и полноценной гамма-обсерваторией.

блюдал область гамма-всплеска спустя 13 минут после самого события. Поскольку гамма-всплеск произошел на стороне неба, обозреваемой в этот момент германским телескопом, российские ученые проинформировали немецких коллег о такой возможности.

При обработке данных был обнаружен неизвестный ранее объект, интенсивность которого чрезвычайно быстро падала: через 4 часа, во время следующего прохода телескопов обсерватории через эту точку, объект уже оказался слабее более чем в 10 раз. Этот факт интерпретировали как первую регистрацию «Спектр-РГ» послесвечения гамма-всплеска, о чем было сообщено научному сообществу. Более того, данные обсерватории позволили определить место гамма-всплеска с высокой точностью, что дало возможность провести его наблюдение наземными оптическими телескопами.

## НА ПОРОГЕ ОТКРЫТИЙ

Теперь, когда с момента старта прошло восемь месяцев, можно сказать, что начальный этап миссии «Спектр-РГ» – запуск, прибытие в точку Лагранжа L2, подтверждение работоспособности и качества целевого оборудования – успешно выполнен. «Мы убедились в исправности телескопов и увидели высокое качество работы аппаратов... Идет этап сканирования небесной сферы. У нас нет никаких замечаний к работе [«Спектра-РГ»]», – отметил глава Роскосмоса Д.О. Рогозин.

## У КАЖДОГО СВОЯ ЗАДАЧА

При сравнении возможностей «Спектра-РГ» с зарубежными аналогами необходимо помнить, что каждый из созданных аппаратов направлен на решение своей строго специфической задачи.

Телескопы российско-германской обсерватории наблюдают небо примерно в одном диапазоне, так же как и американская обсерватория Chandra и совместный (NASA – ЕКА) космический аппарат XMM-Newton. Вместе с тем рентгеновское «зрение» «Ньютона» в 3, а у «Чандры» даже в 90 раз острее. Диапазон наблюдения международной обсерватории рентгеновских лучей INTEGRAL гораздо шире, но разрешение в 16 раз хуже, чем у «Спектра-РГ».

Сравнительные характеристики обсерваторий

Характеристика	«Спектр-РГ»	Chandra	XMM-Newton	INTEGRAL
Принадлежность	Россия – Германия	NASA	ЕКА – NASA	ЕКА – Россия – NASA
Дата старта	13 июля 2019 г.	23 июля 1999 г.	10 декабря 1999 г.	17 октября 2002 г.
Угловое (пространственное) разрешение	16–28 угловых секунд / 45 угловых секунд*	0.20–0.50 угловой секунды	5–14 угловых секунд	12 угловых минут
Диапазон наблюдения	0.13–10 / 4–14 кэВ*	0.1–10 кэВ	0.1–12 кэВ	15 кэВ – 10 МэВ

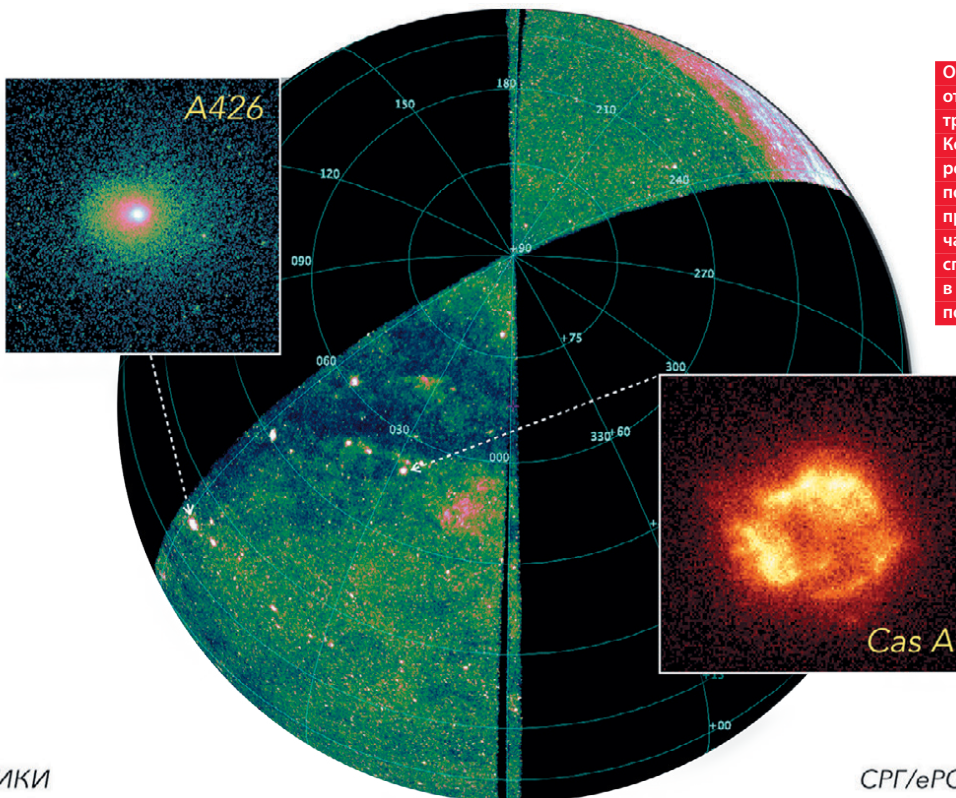
\* В числителе – для телескопа eROSITA, в знаменателе – для ART-XC.

Безусловно, основная задача миссии – научные открытия, но выполнение задач важно и с практической точки зрения, поскольку в проекте «Спектр-РГ» предстоит освоить работу с уникальной аппаратурой обсерватории – с момента получения информации до всех этапов ее обработки.

«Чтобы получить хорошие научные результаты, требуется не только создать уникальную научную установку – нужно еще приобрести достаточный опыт в ее эксплуатации, выяснить все тонкости и научиться максимально использовать ее сильные стороны», – заметил по этому поводу М.Н. Павлинский, ведущий ученый по телескопу

ART-XC и заместитель научного руководителя проекта «Спектр-РГ».

Аналогичного мнения придерживается и президент РАН А.М. Сергеев: «Мы стали обладателями уникального инструмента с возможностями, которые позволяют получить результаты, превышающие собранные до сих пор. С запуском «Спектра-РГ» мировая астрономия приобрела инструмент с совершенно новыми возможностями. Уже сегодня мы можем заявить о получении уникальных снимков. Таких изображений будет много. Мы обнаружим новые процессы, связанные с горячими объектами во Вселенной». ■



Орбитальная обсерватория «Спектр-РГ» отмечает важный этап: построена одна треть рентгеновской карты всего неба. Количество зарегистрированных рентгеновских источников на российской половине этой карты (16.7% всего неба) превышает 95 000. Лишь одна шестая их часть была задетектирована немецким спутником ROSAT на единственной в мире полной рентгеновской карте неба, полученной в далеком 1990 году.