

# НЕВИДИМЫЕ ЦВЕТА ВСЕЛЕННОЙ

РЫБЫ НЕ СМОГЛИ БЫ ПОЙТИ ДАЛЕКО В АСТРОНОМИИ. ЧЕРЕЗ ТОЛЩУ ВОДЫ ОЧЕНЬ ПЛОХО ВИДНО. КАК И ЧЕРЕЗ ТОЛЩУ АТМОСФЕРЫ. НО В СРАВНЕНИИ С РЫБАМИ У НАС ЕСТЬ РЯД ПРЕИМУЩЕСТВ, НАПРИМЕР, СПОСОБНОСТЬ ПОДНЯТЬ СВОИ ОБСЕРВАТОРИИ НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ НАШЕЙ «РЕКИ»





НИКОЛАЙ ЛОСЕВ

**Галактика Сигара (M82)** относится к классу спиральных и видна нам почти с ребра. Это **изображение в искусственных цветах** объединяет данные рентгеновской обсерватории «Чандра» (голубой цвет), инфракрасной обсерватории «Спитцер» (красный) и оптические снимки орбитального телескопа «Хаббл» (зеленый и оранжевый).

Если бы атмосфера Земли вдруг перешла в жидкую фазу, оказалось бы, что мы живем на 10-метровой глубине. Большая удача, что сквозь такой толстый слой вещества вообще хоть что-то видно. О том, сколь многого мы не видим, долгое время даже не догадывались из-за ограниченных возможностей человеческого глаза: мы воспринимаем лишь крошечный диапазон электромагнитного излучения с длиной волны от одной трети до двух третей микрона, в который укладываются все известные нам цвета. В этом диапазоне особенно ярко светит Солнце, а атмосфера почти прозрачна.

Но в природе встречаются электромагнитные волны в миллиарды раз длиннее и в триллионы раз короче волн видимого света. И для большей части этого излучения наша атмосфера не прозрачнее бетонной стены. Чтобы увидеть Вселенную во всей красе, нам, как и рыбам, надо выбраться из привычной среды обитания туда, где нечем дышать, но зато и нет препятствий, чтобы смотреть. Или не выбираться самим, а послать туда «глаза»: спутники с телескопами.

### УТРАЧЕННЫЕ ПРИОРИТЕТЫ

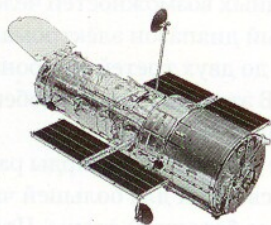
На сегодня безоговорочное лидерство в области космических обсерваторий принадлежит NASA, но первой солнечной обсерваторией был «Спутник-2», выведенный на орбиту в Советском Союзе 3 ноября 1957 года, который регистрировал излучение в нескольких участках спектра — от жесткого ультрафиолета до мягкого рентгена. Изображений этот примитивный «телескоп» не давал, но тогда для дальнейшего развития космической техники достаточно было просто знать уровень жесткого излучения на орбите. Американцы запустили свои солнечные обсерватории «Пионер-5» и SOLRAD I только в 1960 году. А первая общастрономическая обсерватория OAO-1 (*Orbital Astronomical Observatory*) была выведена ими на орбиту 8 апреля 1966 года. Сразу после запуска на ее борту возникли проблемы с электропитанием, и спутник вышел из строя, так и не приступив к наблюдениям. Вторую попытку NASA предприняло лишь в конце 1968 года, уже после того, как стартовал советский спутник «Космос-215», несущий восемь небольших 70-миллиметровых ультрафиолетовых телескопов и детектор рентгеновского излучения. Основной его задачей было изучение горячих звезд спектральных классов O и B, чье излучение по большей части приходится на ультрафиолетовый диапазон. Аппарат был устроен предельно просто: в полете он стабилизировался вращением и потому не мог получать изображения звезд, а лишь измерял их блеск в разных спектральных диапазонах. Этот запуск закрепил приоритет в области космического телескопостроения за Советским Союзом, но детекторы излучения для этого спутника разрабатывались в Эстонии, что дает ей некоторые основания претендовать на соучастие в этом приоритете. «Космос-215» проработал всего полтора месяца, насколько хватило заряда батарей, после чего СССР на 15 лет утратил интерес к орбитальной астрономии (за исключением исследований Солнца, которыми занимались несколько спутников по программе «Интеркосмос»).

Лишь в 1980-х годах Советский Союз вновь вернулся к орбитальной астрономии. Были запущены обсерватории «Астрон», «Гранат» и «Гамма» для исследований в рентгеновском и гамма-диапазонах, а к станции «Мир» пристыкован астрофизический модуль «Квант» с обсерваторией «Рентген», которая, правда, использовалась довольно мало. С распадом СССР почти все астрономические проекты в космосе были вновь заморожены (за исключением солнечных обсерваторий «Корона»).



## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

## «Хаббл»



Диапазон — видимый, ближний УФ, ближний ИК  
 Объектив —  $\varnothing$  2,4 м  
 Собирающая площадь — 4,5 м<sup>2</sup>  
 Масса — 11 тонн  
 Орбита — низкая околоземная (550 км)  
 Год запуска — 1990  
 Годы модернизации — 1993, 1997, 1999, 2002, 2009



Снимок галактики M82 в видимом диапазоне, сделанный «Хабблом» и вошедший в композитное изображение на с. 160. Видны звезды галактического диска и яркие области активного звездообразования. Темные прожилки на их фоне — пылевые облака

## ОТКРЫТИЯ «ХАББЛА»

**Наблюдение** протопланетных дисков у других звезд.

Пятикратное **уточнение** скорости расширения Вселенной.

**Наблюдения** далеких сверхновых, указывающие на существование темной энергии.

## ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ КВАНТЫ

Из более чем сотни обсерваторий, запущенных в космос за полвека, большинство вели наблюдения в рентгеновском диапазоне. Рентгеновское излучение испускается веществом с температурой в миллионы градусов. Такое бывает, например, когда газ падает на сверхплотный объект — нейтронную звезду или черную дыру, закручиваясь в диск и разогреваясь динамическим трением. Другой случай — солнечная корона. Здесь магнитные поля, питаемые энергией из глубин светила, нагревают крайне разреженное вещество до миллиона градусов и выше. А иногда на Солнце появляются активные области, рентгеновское излучение которых намного превосходит обычный фоновый уровень. Наконец, встречается и нетепловое, так называемое синхротронное рентгеновское излучение, возникающее, когда поток быстрых электронов попадает в сильное магнитное поле, например, молодой нейтронной звезды, закручивается под его влиянием и начинает тратить энергию на излучение.

Таким образом, в рентгеновском диапазоне можно наблюдать за веществом в самых экстремальных состояниях. Но и сами рентгеновские кванты — весьма экстремальны. Их энергии достаточно, чтобы оторвать от атома практически любой электрон, разрушить любую молекулу, а жесткий рентген может даже возбуждать атомные ядра. Обычным зеркалом фокусировать рентгеновское излучение можно с тем же успехом, что и поток автоматных пуль. Если мягкое рентгеновское излучение еще может отражаться от полированного металла при скользящем падении под углом менее одного градуса, то жесткий рентген и гамма-кванты регистрируются иначе. Для выбора направления используют узкие трубки, отсекающие кванты, приходящие сбоку, а приемником служит сцинтиллятор, в котором энергичные кванты ионизируют атомы. Вновь объединяясь с электронами, атомы испускают видимое или ультрафиолетовое излучение, которое регистрируют при помощи фотоэлектронных умножителей. По сути, в таких телескопах ведется подсчет отдельных квантов излучения и уже потом при помощи компьютера формируется изображение.

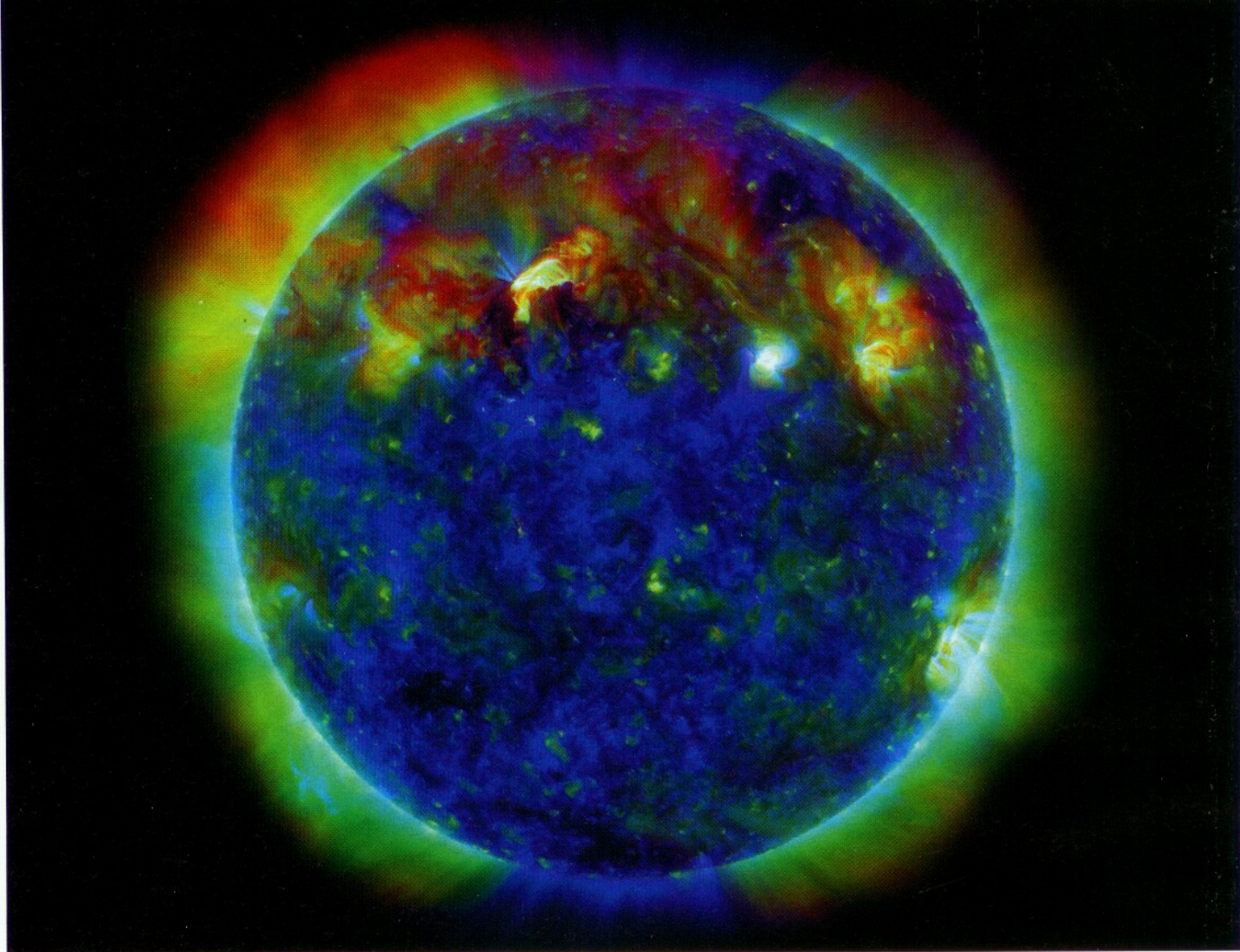
## ТЕПЛО И ХОЛОД

Интерес астрономов к рентгеновскому и окружающим его ультрафиолетовому и гамма-диапазонам был столь велик, что за первые 15 лет развития космической астрономии не было запущено ни одной обсерватории для наблюдений в других диапазонах. Только в 1983 году NASA отправило на орбиту инфракрасную обсерваторию *IRAS*, которая за 10 месяцев построила первую в мире тепловую карту неба.

Впрочем, основная причина такой задержки, конечно, не в недостатке интереса. На самом деле создать инфракрасный телескоп сложнее, чем рентгеновский. Да, здесь нет квантов с разрушительной энергией, и зеркала прекрасно отражают инфракрасное излучение. Вот только вдобавок эти зеркала сами его испускают. Если не принимать специальных мер, температура спутника на околоземной орбите составляет 200–300 градусов Кельвина, а значит, все его детали интенсивно светят как раз в том самом инфракрасном диапазоне, в котором планируется вести наблюдения.

Представьте, что линзы вашего фотоаппарата стали светиться, как лампы дневного света. Ясно, что ничего хорошего в кадре не получится. Поэтому всю оптику и детекторы орбитальных инфракрасных телескопов приходится охлаждать жидким гелием, запас которого привозится с Земли в сосуде Дьюара. И как только гелий заканчивается, телескоп выходит из строя. Поэтому раньше инфракрасные обсерватории обычно не работали больше двух лет. Но в последние годы благодаря совершенствованию криогенной техники срок работы обсерваторий удалось продлить. Новая европейская инфракрасная обсерватория «Гершель» рассчитана на три года эксплуатации. Столько же должна проработать микроволновая обсерватория «Планк», требованию к охлаждению телескопа которой еще более жесткие.





**Изображение Солнца в рентгеновском диапазоне** с новой орбитальной обсерватории *SDO* (*Solar Dynamics Observatory*). Большинство специализированных космических обсерваторий занимаются изучением Солнца. Некоторые из них, например *SOHO* (*Solar and Heliospheric Observatory*), работают в точке Лагранжа *L1* и никогда не попадают в земную тень. Но поскольку *SDO* должна передавать огромный поток данных, она помещена ближе к Земле — на геостационарную орбиту

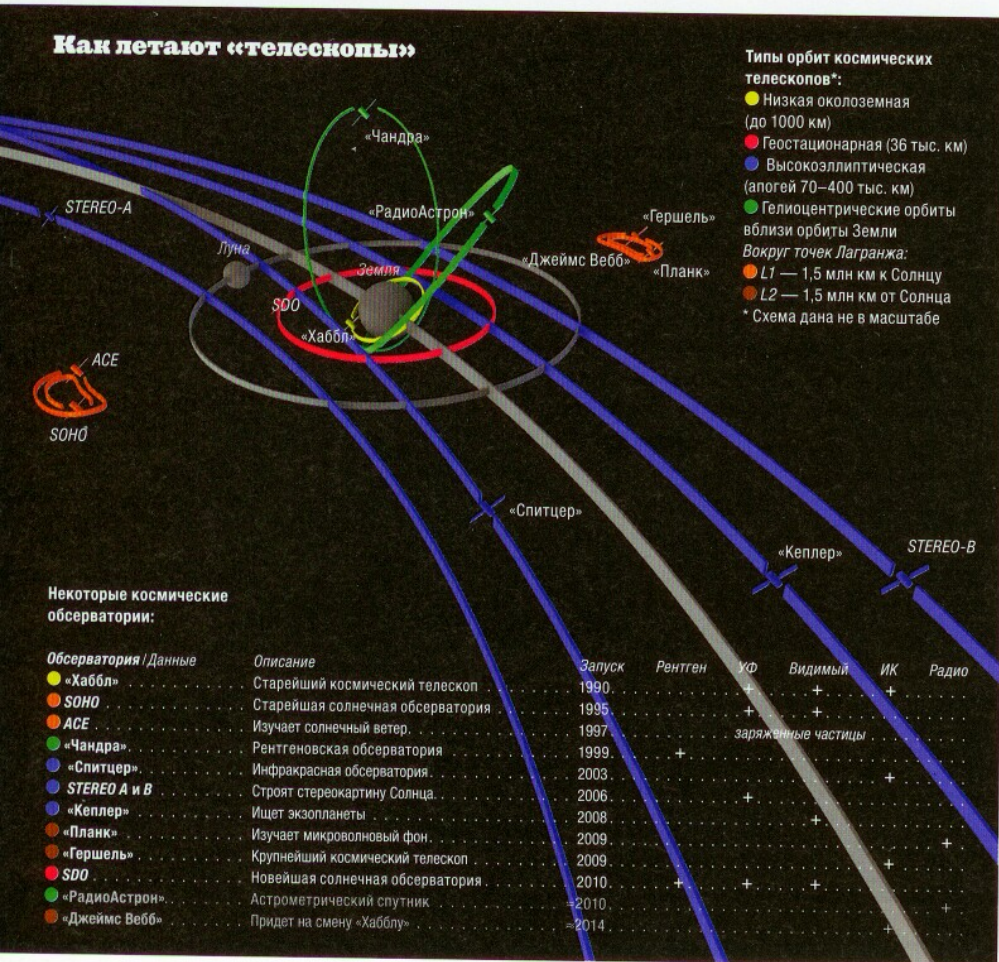
## БОЛЬШИЕ ТЕЛЕСКОПЫ

Еще дальше, чем ИК-телескопы, не появлялись в космосе обычные инструменты видимого диапазона. Но тут причина была иная. В запуске такого инструмента просто не было большой необходимости, поскольку видимый свет неплохо наблюдается и с Земли. Впрочем, к 1989 году одна «космическая» задача в видимом свете все же созрела. Она касалась точного измерения координат большого числа звезд. Помехи от земной атмосферы оказались на порядок выше погрешностей измерительной техники. И тогда был запущен европейский астрометрический спутник «Гиппарх», определивший точные координаты и собственные движения примерно миллиона звезд. Это позволило измерить геометрические параллаксы, то есть расстояния до звезд, в радиусе нескольких сотен парсек от Солнца (вместо прежних десятков), а также значительно уточнить параметры вращения нашей Галактики.

А на следующий год пришла очередь знаменитого «Хаббла». С главным зеркалом диаметром 2,4 метра он долго оставался самым большим космическим телескопом, пока в прошлом году Европейское космическое агентство не запустило инфракрасный телескоп «Гершель» диаметром 3,5 метра. На Земле такого размера инструменты не могут полностью реализовать свою разрешающую способность: дрожание атмосферы размывает изображение. Но по иронии судьбы «Хаббл», выйдя на орбиту, дал изображение хуже, чем такой же наземный телескоп. Причиной оказалась ошибка в изготовлении главного зеркала. Проект мог бы закончиться полным провалом, если бы телескоп не был рассчитан на обслуживание астронавтами, которым удалось этот дефект исправить, установив специальный компенсатор.

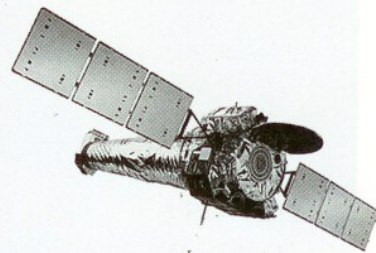


Как летают «телескопы»

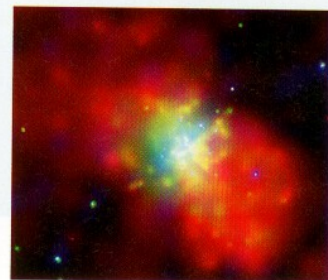


ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

«Чандра»



Диапазон — мягкий рентген  
 Объектив —  $\varnothing$  1,2 м, сборка из четырех концентрических зеркал скользящего падения с покрытием из иридия и золота  
 Собирающая площадь — 0,04 м<sup>2</sup>  
 Масса — 5 тонн  
 Орбита — высокоэллиптическая (апогей 130 тыс. км)  
 Год запуска — 1999



Рентгеновское изображение M82, полученное «Чандрой» и вошедшее в композитный кадр на с. 160. В рентгене видны источники, связанные с черными дырами вблизи центра галактики, а также выбрасываемые из ядра галактики потоки горячего газа

ОТКРЫТИЯ «ЧАНДРЫ»

**Открытие** рентгеновского излучения сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики.

Первая **регистрация** рентгеновского излучения от гамма-всплеска.

**Открытие** в галактике M82 нового класса черных дыр с промежуточными массами — между звездными и сверхмассивными.

На сегодня «Хаббл» — старейшая космическая обсерватория. Стать долгожителем и до сих пор получать первоклассные научные результаты «Хаббл» позволили еще четыре пилотируемые миссии обслуживания. Каждый раз астронавты не только заменяли изношенные узлы, но и устанавливали усовершенствованное оборудование. Достаточно сказать, что первоначально разрешение ПЗС-матрицы основной камеры космического телескопа составляло всего 800 × 800 точек — как у современной дешевой веб-камеры. Во время последнего полета к «Хаббл» в мае прошлого года астронавты установили на нем новую камеру с матрицей 4096 × 4096 точек и еще одну инфракрасную ПЗС с разрешением 1024 × 1024 точки.

И все же серьезных перспектив у «Хаббла» уже нет. За время его жизни в телескопостроении случилась настоящая революция: системы адаптивной оптики позволили почти полностью избавиться от атмосферных помех при наблюдениях прямо с поверхности Земли. Поэтому нет смысла запускать на смену «Хаббл» новый большой телескоп видимого диапазона. Вместо этого в 2014 году в космос отправится 6,5-метровый инфракрасный телескоп «Джеймс Вебб».

УЗКИЕ СПЕЦИАЛИСТЫ

Впрочем, отдельные задачи все-таки и сейчас осмысленно решать в космосе с помощью инструментов видимого диапазона. Так, например, запущенный в прошлом году телескоп «Кеплер» будет три с половиной года подряд непрерывно следить



за одним и тем же участком неба на границе созвездий Лебедя и Лиры, фиксируя любые колебания блеска сотен тысяч звезд, подобных нашему Солнцу. Ожидается, что у некоторых из этих звезд будут обнаружены затмения, вызванные планетами земного типа. Космическое базирование телескопа обеспечивает непрерывность наблюдений вне зависимости от погоды и смены дня и ночи. За первый год работы «Кеплер» выявил 400 кандидатов в экзопланеты — примерно столько же найдено за все 15 предшествующих лет их изучения.

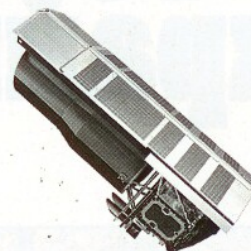
Надо сказать, что на большинстве космических обсерваторий установлены как раз не универсальные, а специализированные инструменты, нацеленные на решение конкретных задач, недоступных наземным телескопам. Взять, к примеру, аппараты, изучавшие космический микроволновый фон — излучение на границе между инфракрасным и радиодиапазонами, сохранившееся, как считается, с эпохи горячей Вселенной. Наблюдать это излучение можно и с Земли — так оно и было обнаружено в 1964 году, но для точного измерения его спектра и построения детальной температурной карты всей небесной сферы необходимы наблюдения с орбиты. Первый такой инструмент «Реликт-1» полетел в 1983 году на борту советского метеоспутника «Прогноз-9», но в СССР это направление исследований дальнейшего развития не получило. Запущенный в 1989 году американский *COBE* (*Cosmic Background Explorer*) имел сравнимые показатели точности, но зато смог измерить спектр излучения, за что разработчикам в 2006 году досталась Нобелевская премия. У следующего аппарата *NASA* — *WMAP*, стартовавшего в 2001 году, чувствительность и разрешение были в 30–40 раз выше, чем у *COBE*, а в прошлом году приступил к работе европейский спутник «Планк», чувствительность которого поднята еще на порядок. Каждый такой шаг становится серьезной вехой в космологических исследованиях.

Другой яркий пример специализированного проекта — обсерватория «Свифт», предназначенная для слежения за гамма-всплесками. Колоссальные взрывы, происходящие в миллиардах световых лет от нас, дают короткие, но невероятно мощные импульсы гамма-излучения. Для понимания природы этих взрывов необходимо наблюдать их во всех диапазонах электромагнитного спектра. Сигнал о всплеске, полученный обсерваторией «Свифт», немедленно сопоставляется с данными других гамма-обсерваторий, и по задержке распространения сигнала определяется местоположение источника на небе. Не более чем через минуту автоматизированные телескопы на Земле получают указание, куда наводиться, а астрономам рассылаются информационные SMS. Сама обсерватория «Свифт» тоже не теряет времени и немедленно начинает наблюдения всеми своими инструментами, охватывающими спектр от видимого до гамма-диапазона.

Орбитальные астрономические обсерватории продолжают развиваться, и в скором будущем нас ждет много интересных проектов. Еще в этом году должен стартовать долгожданный российский проект «РадиоАстрон», который позволит путем совместных наблюдений с наземными радиотелескопами в разных странах мира достичь столь фантастической точности определения координат, что можно будет измерять параллаксы других галактик. Через два года назначен старт европейского астрометрического спутника «Гейя», которому предстоит построить каталог миллиарда звезд с точностью на порядок-два выше, чем прежние измерения «Гиппарха». Через четыре года стартует «Джеймс Вебб». В 2015 году, если не будет отсрочек, состоится запуск двух обсерваторий, *NASA* — *TPF* (*Terrestrial Planet Finder*) и *SIM* (*Space Interferometry Mission*), которые займутся поисками экзопланет, подобных Земле. Но, пожалуй, самый интригующий проект — это *LISA* (*Laser Interferometer Space Antenna*), попытка зарегистрировать неуловимые гравитационные волны. Он должен стартовать в 2018 году. 🌌

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

«СПИТЦЕР»



Диапазон — средний и дальний ИК  
 Объектив —  $\varnothing$  0,85 м, бериллиевое зеркало, охлаждаемое до 5,5 кельвина  
 Собирающая площадь — 0,57 м<sup>2</sup>  
 Масса — 1 тонна  
 Орбита — гелиоцентрическая  
 Год запуска — 2003



Трехканальный инфракрасный снимок M82, сделанный «Спитцером» и вошедший в композитное изображение на с. 160. Видны клубы холодной межзвездной пыли (красные), выдуваемые прочь из галактики излучением горячих звезд (голубые)

ОТКРЫТИЯ «СПИТЦЕРА»

Первое прямое **наблюдение** экзопланеты и первая карта температур на экзопланете.  
**Обнаружение** самых молодых известных звезд, скрытых в пылевом коконе.  
**Регистрация** света самого первого поколения звезд во Вселенной.