

# «СПЕКТР-УФ»: НОВОЕ РОССИЙСКОЕ ОКНО ВО ВСЕЛЕННУЮ



**СИЧЕВСКИЙ Сергей Григорьевич,**  
*кандидат физико-математических наук*

**САЧКОВ Михаил Евгеньевич,**  
*доктор физико-математических наук*

**ШУСТОВ Борис Михайлович,**  
*академик РАН*

**АРХАНГЕЛЬСКИЙ Роман Николаевич**

**ВЛАСЕНКО Олег Викторович**

**ИОСИПЕНКО Сергей Владимирович,**  
*кандидат технических наук*

**ШМАГИН Владимир Евгеньевич**

**ШУГАРОВ Андрей Сергеевич**

*Институт астрономии РАН*



DOI: 10.7868/S00044394826020039

Поступила в редакцию: 13.01.2026  
Принята к публикации: 16.01.2026

**Н**аше небо в оптическом диапазоне – это лишь одна из множества «страниц» космической книги. Чтобы прочесть ее полностью, нужно увидеть все во Вселенной – рентгеновские «скелеты» взорвавшихся звезд и инфракрасное «тепло» зарождающихся планет, и особенно ультрафиолетовое сияние горячего и энергичного вещества. Именно в ультрафиолете (УФ) наиболее ярко светятся молодые, массивные звезды, раскаленный газ в окрестностях черных дыр и квазаров, именно в УФ «видны» такие важные атомы и молекулы, как водород в атмосферах далеких планет. УФ-свет – это ключ к пониманию того, как рождаются, живут и умирают космические объекты.

Но есть проблема: наше родное небо обманчиво. Земная атмосфера надежно, как щит, блокирует почти все УФ-излучение из космоса (и хорошо, что так – иначе жизнь на поверхности была бы невозможна!). Поэтому «ультрафиолетовыми глазами» на Вселенную можно смотреть только из космоса. Десятилетиями эту роль блистательно выполнял Космический телескоп им. Хаббла (КТХ). Но его миссия близится к завершению, и мир стоит на пороге «ультрафиолетового голода». Кто же откроет нам это окно в горячую Вселенную заново? Наш ответ – российский проект «Спектр-УФ», готовый стать главным УФ-телескопом планеты на ближайшие десятилетия.

---

## РОССИЙСКИЙ ОТВЕТ НА ВЫЗОВ ВРЕМЕНИ

---

«Спектр-УФ» – это не просто космический аппарат, это космическая обсерватория, создаваемая в России. Ее сердце – телескоп с главным зеркалом диаметром 1.7 м (для сравнения,

у знаменитого КТХ зеркало размером 2.4 м). Как же меньший телескоп сможет его заменить? Секрет – в технологиях.

За 30 лет, прошедших с запуска КТХ, наука и техника шагнули далеко вперед. Новые зеркала с высочайшей точностью поверхности, современные чувствительные детекторы и системы обработки данных позволяют «Спектру-УФ», несмотря на меньший размер, быть сравнимым, а в чем-то и превосходящим своего легендарного предшественника по эффективности. Он будет работать в ключевом УФ-диапазоне (115–320 нм), исследуя космос с помощью спектрографов высокого разрешения (своего рода «космических призм», раскладывающих свет на детальные спектры) и специальных камер для получения четких изображений.

Этот проект – закономерное продолжение российской и советской школы космической астрономии, у истоков которой стояла созданная под руководством академика А.А. Боярчука уникальная обсерватория «Астрон» с 80-сантиметровым телескопом, работавшая на орбите в 1980-х гг. «Спектр-УФ» – это шаг на новый уровень, проект, реализуемый силами кооперации ведущих научных институтов и предприятий России под руководством Института астрономии РАН и АО «НПО Лавочкина».

Как будет выглядеть этот исследователь Вселенной? Художественное изображение обсерватории на орбите (рис. 1) дает нам первое представление: надежная платформа «Навигатор» с «крыльями» солнечных батарей, строгий тубус телескопа с открытой защитной крышкой (блендой). Вся эта конструкция, показанная на рисунке – воплощение сложнейших инженерных решений.

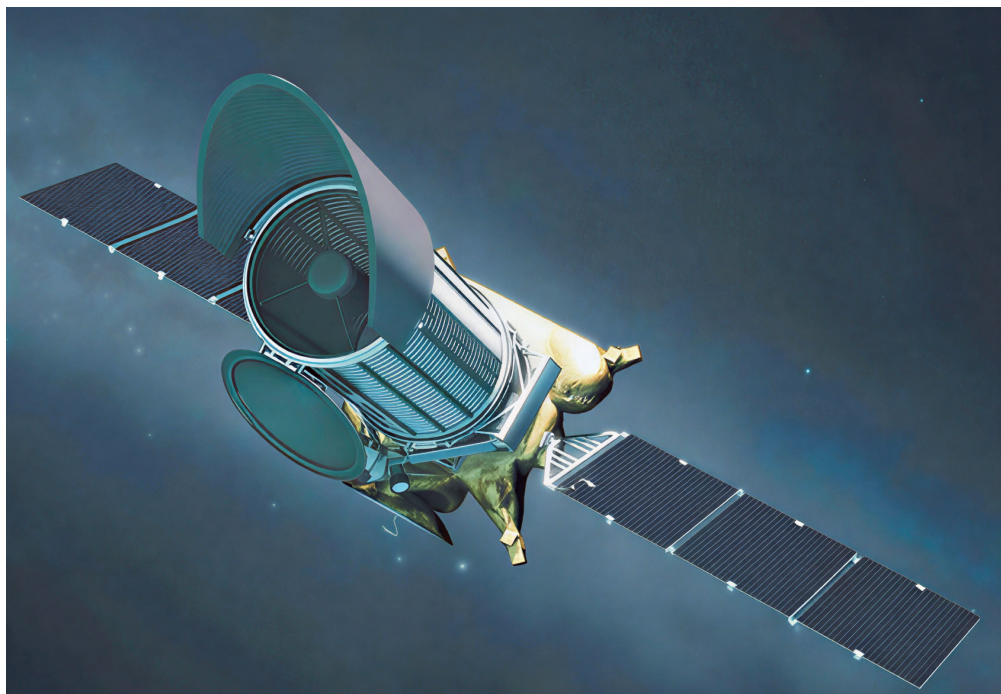


Рис. 1. Художественное представление космической обсерватории «Спектр-УФ» на орбите. Справа – служебная платформа «Навигатор» с солнечными батареями и антеннами, слева – телескоп Т-170М с открытой защитной крышкой.

© Роскосмос

## «СПЕКТР-УФ» ОТВЕТИТ НА ВЕЛИКИЕ ЗАГАДКИ ВСЕЛЕННОЙ

Каждый день «Спектр-УФ» будет получать данные, которые помогут ответить на вопросы, волнующие не только астрономов, но и всех, кто размышляет о нашем месте во Вселенной.

*В поисках пропавшей материи.* Известно, что из вещества, из которого состоим мы, планеты и звезды (барионной материи), наблюдается далеко не все. Около 40% всего «обычного» вещества в ближней Вселенной «потерялось». В англоязычной литературе эту проблему обозначают как *missing baryons*. Ближняя Вселенная – это наибольшая по объему область, в которой красное

смещение  $z < 2$ . Похожая проблема называется *missing metals* (скрытые металлы). Оказывается, что наблюдаемое количество тяжелых элементов (астрофизики называют их металлами) намного меньше, чем предсказывает теория (см. статью Б.М. Шустова в данном выпуске). Ученые подозревают, что это вещество скрывается в виде разреженного, но горячего газа в межгалактическом пространстве – в нитях «космической паутины». Обнаружить его можно только по слабым следам поглощения в УФ-спектрах далеких квазаров. «Спектр-УФ» с его мощными спектрографами – идеальный охотник за этой скрытой материей.

*От звездных колыбелей к планетным системам.* «Спектр-УФ» позволит детально изучать бурные процессы

в регионах звездообразования внутри галактик, увидеть, как из облаков газа и пыли рождаются новые солнца. Более того, он сможет анализировать состав и свойства атмосфер экзопланет – планет у других звезд. Особый интерес – поиск так называемых *биомаркеров*, в частности, озона ( $O_3$ ), который в атмосфере планет земного типа может являться индикатором потенциальной биологической активности.

*В эпицентре космических катастроф.* Окрестности черных дыр, взрывы сверхновых, вспышки на нейтронных звездах – это «кухня» Вселенной, где выделяются колоссальные энергии. УФ-излучение – главный «информатор» о физике этих экстремальных процессов. «Спектр-УФ» станет нашим главным свидетелем, помогая понять, как работают самые мощные «двигатели» космоса.

---

## НЕ ТОЛЬКО НАУКА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЫВОК, РОЖДЕННЫЙ «СПЕКТРОМ-УФ»

---

Создание такой обсерватории – вызов для технологий всей страны. Проект становится катализатором для развития целых направлений, которые найдут применение далеко за пределами астрономии.

*Точность ювелира в космических масштабах.* Чтобы получить четкое изображение или спектр далекой галактики, телескоп должен *невероятно точно навестись* на цель и сохранять это направление, несмотря на все микро-вибрации на борту. Для «Спектра-УФ» создается система прецизионного наведения с точностью *лучше 0.1 угловой секунды* и стабилизации с точностью 0.03 угловой секунды (разрешение камеры на уровне 0.1 угловой секунды позволяет увидеть обложку журнала «Земля и Вселенная» с расстояния

500 км). Подобные технологии – основа для будущих систем лазерной космической связи, где луч должен быть направлен с фантастической точностью.

*Искусство зеркал и покрытий.* Для УФ-диапазона нужны не просто зеркала, а зеркала с почти идеальной поверхностью и специальными покрытиями, эффективно отражающими УФ-свет. В рамках проекта создан *уникальный в России стенд для нанесения многофункциональных интерференционных покрытий* (совместное использование Роскосмосом, Росатомом и РАН). Это оборудование позволяет создавать покрытия с заданными свойствами, что критически важно не только для астрономии, но и для лазерной техники и оптического приборостроения.

*Процесс нанесения такого покрытия похож на ювелирное искусство.* Специалисты на фото (рис. 2) проводят визуальный контроль поверхности 1.7-метрового зеркала после вакуумного напыления. Каждое такое зеркало представляет собой уникальное произведение, от качества которого зависит, сколько драгоценных УФ-фотонов «поймает» телескоп.

---

## «ГЛАЗА» ТЕЛЕСКОПА: ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ФОТОКАТОДЫ, ПРЕВОСХОДЯЩИЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ АНАЛОГИ

---

Яркая история технологического прорыва связана с «глазами» обсерватории – устройствами, которые преобразуют слабый УФ-свет в электрический сигнал. Ключевой элемент таких детекторов для блока камер поля – электронно-оптический преобразователь. Его принцип работы основан на усилении сигнала: сначала УФ-фотон попадает на фотокатод и выбивает из него электрон; затем этот электрон попа-

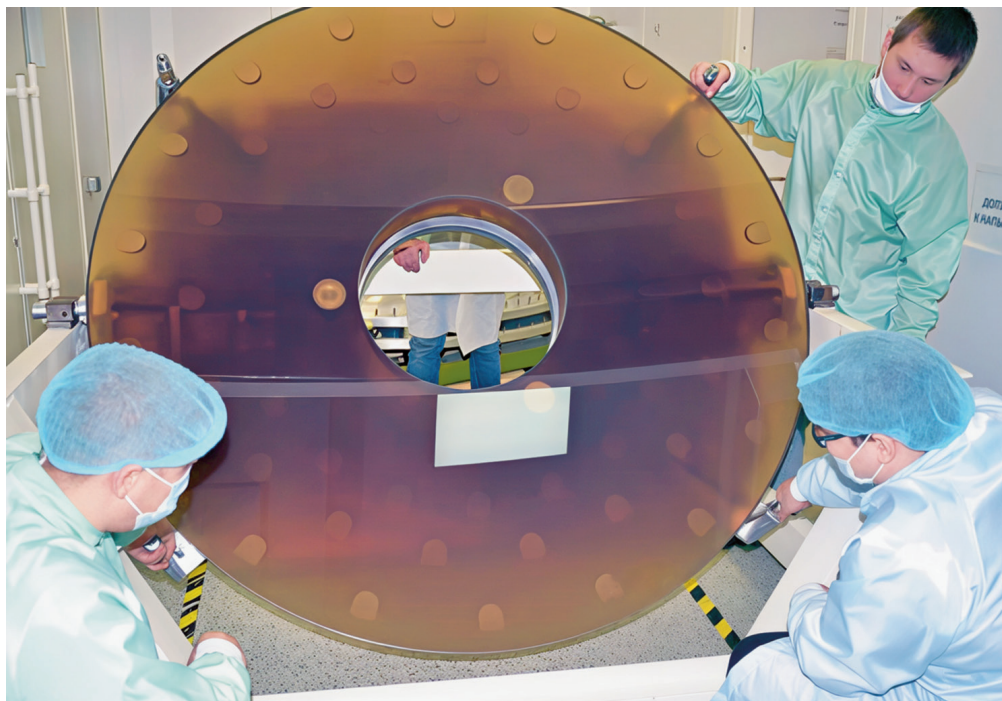


Рис. 2. Ювелирная работа. Контроль поверхности главного зеркала телескопа в АО «НИИ НПО «Луч»» (вверху). Специальное покрытие, нанесенное в вакуумной камере, должно обеспечить максимальное отражение ультрафиолетового света и выдержать годы в космосе. © ИНАСАН

дает в микроканальную пластину, где, пролетая по микроскопическим каналам, порождает лавину из тысяч вторичных электронов. Эта лавина, в свою очередь, бомбардирует люминофорный экран, создавая уже видимое изображение, которое и фиксирует микроканальная матрица.

Изначально в проекте планировалось использовать приемники иностранного, в частности испанского, производства. Однако санкции и логика технологического суверенитета заставили искать отечественное решение. И оно было не просто найдено, а превзошло ожидания.

Ученые Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (ИФП СО РАН, Новосибирск) разработали и изготовили фотокатоды на основе соединения цезий-йод (CsI). Полученные многослойные структуры обладают даже большей квантовой эффективностью, чем требовалось по проекту (рис. 3). Но создать чувствитель-



Рис. 3. Установка молекулярно-лучевой эпитаксии в ИФП СО РАН. В условиях сверхвысокого вакуума здесь слой за слоем, с атомарной точностью, выращиваются многослойные структуры будущих фотокатодов. © ИФП СО РАН

ный фотокатод – только половина дела. Чтобы электроны не потерялись по дороге от фотокатода к регистрирующему устройству, нужен усилитель, которым служит эффективная микроканальная пластина (рис. 4).

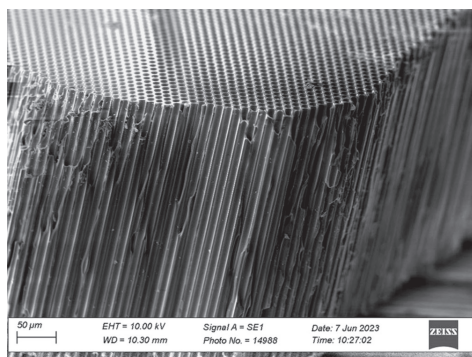


Рис. 4. Взгляд внутрь усилителя: снимок скола микроканальной пластины под сканирующим электронным микроскопом. Видны бесчисленные микроскопические каналы (диаметром в несколько микрон), по которым, как по водопроводу, бегут электроны, умножаясь в геометрической прогрессии. © ИФМ РАН

Для повышения эффективности захвата электронов входные отверстия этих каналов можно формировать в специальные «воронки» (раструбы). Это делается с помощью сложной технологии ионно-лучевого травления (рис. 5). Пластину бомбардируют потоком ионов аргона под строго выверенным углом, соизмеримым с углом наклона самих каналов (около  $5-10^\circ$ ), при этом ее непрерывно вращают. В результате материал у входов в каналы выбивается быстрее, создавая идеальную воронку для «засасывания» электронов (рис. 6).

Однако проверить эффективность такой сверхчувствительной системы для дальнего ультрафиолета – отдельная задача. Это излучение полностью по-

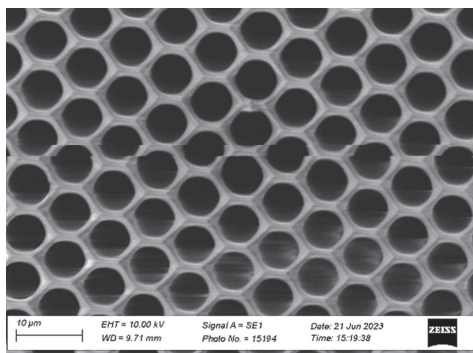
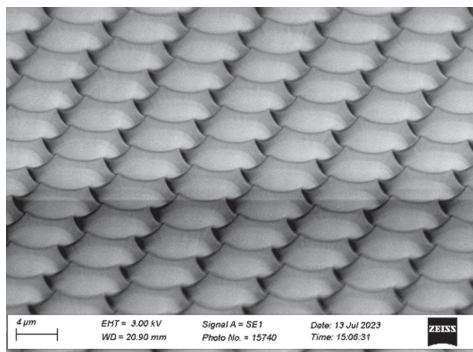


Рис. 5. Технология на острие иона: сверху – поверхность микроканальной пластины после ионно-лучевого травления в Институте физики микроструктур РАН; внизу – четко видны аккуратные «воронки» на входе в каждый микроскопический канал, которые повышают вероятность попадания в него электрона, летящего с фотокатода. © ИФМ РАН

глощается земной атмосферой, и обычные источники света для калибровки не подходят. Ключевая проверка фотокатодов была проведена на уникальной в России установке – станции синхротронного излучения «Космос» в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН. Мощный управляемый пучок синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-4 позволил с высочайшей точностью измерить, как фотокатоды реагируют на фотоны с разной длиной волны, включая важную для астрономии линию Лайман-альфа (~121.6 нм).

Это не просто успешное импортозамещение, а пример *технологического лидерства*: от фундаментальных исследований и выращивания материалов до ювелирной обработки компонентов и их проверки на уникальном научном оборудовании. Благодаря этим «глазам» российского производства «Спектр-УФ» сможет видеть дальше и отчетливее, чем планировалось изначально.



Рис. 6. Собранный «глаз» телескопа. Прототипы электронно-оптических преобразователей, изготовленные в ИФП СО РАН. В вакуумном корпусе собраны воедино фотокатод, микроканальная пластина и экран – ключевые элементы для регистрации ультрафиолетовых изображений. © ИНАСАН

## ИСПЫТАНИЕ КОСМОСОМ. ПОЧЕМУ СОЗДАТЬ «СПЕКТР-УФ» СЛОЖНО?

Когда мы смотрим на красивую трехмерную модель космического аппарата, легко забыть одну простую, но суровую истину: *космос – это враждебная для техники среда*. «Спектр-УФ» не просто собирают в чистой комнате и запускают.

Каждый его винтик, каждая микросхема проходит многолетний отбор и проверку на выживание в условиях, которые сложно даже представить.

Представьте себе идеальный, абсолютный вакуум. В космосе вакуум приводит к «испарению» (сублимации) многих привычных смазок, клейких материалов и даже компонентов сплавов. Корпус, оптику, механизмы – все приходится делать из специальных «нелетучих» материалов, которые годами не будут выделять даже микроскопические количества газа, способные загрязнить сверхчувствительные зеркала.

Теперь добавьте к этому *температурный ад*. На орбите нет воздуха, который смягчал бы перепады тепла. Обращенная к Солнцу сторона аппарата раскаляется выше  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в то время как теневая сторона остывает значительно ниже нуля, до  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Телескоп и его приборы должны не просто выжить в этой «духовке–морозилке», но и *сохранить свою точнейшую форму*. Зеркало диаметром 1.7 м не имеет права изогнуться даже на микрон от таких перепадов! Для этого создаются уникальные композитные материалы и сложнейшие системы терморегуляции, которые выравнивают температуру.

Именно поэтому телескоп, готовящийся к испытаниям (рис. 7), закутан в золотистую «шубу». Эта многослойная экранно-вакуумная теплоизоляция спа-

сает от перепадов температуры. Визуально видно, насколько крупногабаритным является инструмент – его диаметр в человеческий рост!

Но самый коварный враг – *космическая радиация*. Землю от нее защищают магнитное поле и атмосфера. На высокой орбите «Спектра-УФ» его электроника будет постоянно бомбардироваться потоками высокоэнергетических частиц от Солнца и из глубин Галактики. Обычный компьютерный процессор или чип памяти в таких условиях «сойдет с ума» за считанные дни: в нем начнут самопроизвольно переключаться биты данных (так называемые *single-event upsets*), разрушаться кристаллические решетки. Поэтому здесь не подходит ни одна готовая микросхема с полки магазина. Вся электроника – от процессоров управления до детекторов – это *специальная радиационно стойкая элементная база*. Ее проектируют и производят с огромным запасом прочности, а алгоритмы работы насыщают множественными проверками на ошибки.

И наконец, ключевое условие: *никакого обслуживания и ремонта*. Когда обсерватория уйдет в космос, инженеры смогут лишь передавать команды и получать данные. Нельзя, как с КТХ, отправить к ней «Спейс шаттл» для починки. Это означает, что надежность должна быть запредельной. Каждая система дублируется, а иногда и троится.

Рис. 7. Телескоп Т-170М в цехе АО «НПО Лавочкина». Золотистая многослойная термоизоляция (так называемая «золотая фольга») защитит телескоп и его оптику от перегрева и переохлаждения. © АО «НПО Лавочкина»



Перед полетом каждый узел проходит цикл жесточайших испытаний: его трясут на вибростендах, имитируя ужасы запуска на ракете, месяцами «выпекают» и «замораживают» в термобарокамерах, облучают на ускорителях частиц.

Именно поэтому создание такой обсерватории, как «Спектр-УФ», занимает не месяцы и даже не несколько лет, а целое десятилетие и более. Это неизбежный, кропотливый процесс борьбы за безотказность в безжалостной среде. Каждый грамм, каждый ватт, каждый сигнал здесь – на вес золота. И тот факт, что мы видим этот проект на финишной прямой, – это титаническая победа сотен инженеров, технологов и ученых, которые заставили земные технологии выжить в космическом аду.

Каждая характеристика проверяется отдельно. Например, на фото (рис. 8) показан телескоп на специальном стенде, чтобы инженеры могли удостовериться, что в его тубус не просочится ни один случайный луч света – даже от далеких тел, как Луны и Юпитера, или отраженный свет от Земли. Это испытание проходит на абсолютную светоизоляцию.



Рис. 8. Проверка на абсолютную темноту. Телескоп на стенде для испытаний светогерметичности. Любая, даже самая слабая засветка извне способна испортить наблюдения слабых звезд. Инженеры проверяют, насколько хорошо конструкция защищает внутренний объем от внешнего света. © АО «НПО Лавочкина»

---

## «СПЕКТР-УФ»: ИНСТРУМЕНТЫ ОТКРЫТИЙ

---

Представьте, что перед вами не просто спутник, а целая автоматическая космическая обсерватория, способная работать в открытом космосе годами, самостоятельно наводяся на заданные цели и возвращая бесценные данные. «Спектр-УФ» – это именно такой высокотехнологичный комплекс, архитектуру которого можно разделить на три ключевых элемента: *платформа, телескоп и научные приборы*. Вместе они образуют единый «организм», созданный для решения фундаментальных задач.

Взглянем на «анатомию» аппарата. На схеме (рис. 9) четко видны два основных модуля: служебная платформа «Навигатор» (справа) и телескоп с полезной нагрузкой (слева). Эта компоновка выбрана не случайно, она обеспечивает устойчивость, необходимое энергоснабжение и защиту хрупкой оптики.

---

## ПЛАТФОРМА «НАВИГАТОР»: НЕСУЩИЙ КАРКАС И СИСТЕМА ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

---

В основе всего лежит служебная платформа «Навигатор», разработанная в АО «НПО Лавочкина». Это не уникальная разработка под один проект, а универсальная и уже проверенная космосом «рабочая лошадка» российской науки. На базе «Навигатора» уже успешно летала космическая обсерватория «Спектр-Р» («Радиоастрон») и летает «Спектр-РГ». Платформа «Навигатор» – это восьмигранный модуль, к которому, словно к позвоночнику, крепятся все системы:

— *система управления и ориентации:* мозг и вестибулярный аппарат обсер-



Рис. 9. Анатомия обсерватории: схематичное устройство космического аппарата «Спектр-УФ». Хорошо видны служебный модуль «Навигатор», телескоп Т-170М с комплексом научных приборов, а также солнечные батареи. © ИНАСАН

ватории. Она обеспечивает развороты, точнейшую стабилизацию и удержание телескопа на цели с феноменальной точностью;

- *система электроснабжения*: раскрывающиеся солнечные батареи и аккумуляторы – это «сердечно-сосудистая система», питающая энергией всю сложную аппаратуру;

- *двигательная установка*: позволяет корректировать орбиту и маневрировать;

- *система терморегуляции*: критически важна для сохранения работоспособности точной оптики и электроники в условиях резких перепадов температур в космосе.

Платформа «Навигатор» – надежный и проверенный фундамент, который несет на себе главное сокровище: телескоп Т-170М и комплекс научной аппаратуры.

## ТЕЛЕСКОП Т-170М: СЕРДЦЕ ОБСЕРВАТОРИИ

Главный оптический инструмент обсерватории – это телескоп Т-170М. Он создается по схеме Ричи–Кретьена, той же, что использовалась на КТХ. Такая схема с двумя гиперболическими зеркалами обеспечивает широкое поле зрения с высоким качеством изображения и минимумом искажений.

Почему именно 1.7 м и почему в УФ-области? Большой диаметр собирает много света, позволяя изучать очень слабые объекты. УФ-диапазон ставит особую задачу. Для него нужны специальные, необычайно чистые и гладкие зеркала (шероховатость должна не превышать единиц нанометров!), а также специальные покрытия для максимального отражения именно

УФ-лучей. Российские оптики с Лыткаринского завода оптического стекла успешно справляются с этой задачей. Чтобы телескоп работал как часы, его окружает «служебный комплекс» – система датчиков и приводов, которые управляют защитными крышками, следят за температурой и, что самое главное, *гидируют*, то есть обеспечивают сверхточное наведение.

Устройство телескопа, как видно на схеме (рис. 10), – это тщательно продуманная оптическая цепочка. Свет попадает на главное зеркало, отражается на вторичное, и только затем фокусируется в районе научных приборов. Вся механика и системы управления обеспечивают жизнь этой сложной системе в космосе.

## СИСТЕМА ДАТЧИКОВ ГИДА: ЗВЕЗДНЫЙ КОМПАС И АВТОПИЛОТ

Перед началом наблюдений телескоп приблизительно наводится на цель. Затем в дело вступает *система датчиков гида*, создаваемая в Институте космических исследований РАН. Это три «подзорные трубы», направленные на разные участки неба вблизи цели. Они снимают небольшие области, находят в них звезды и сравнивают их положение с гигантским «*Мастер-каталогом*», специально созданным в Институте астрономии РАН для этого проекта на основе обзора всего

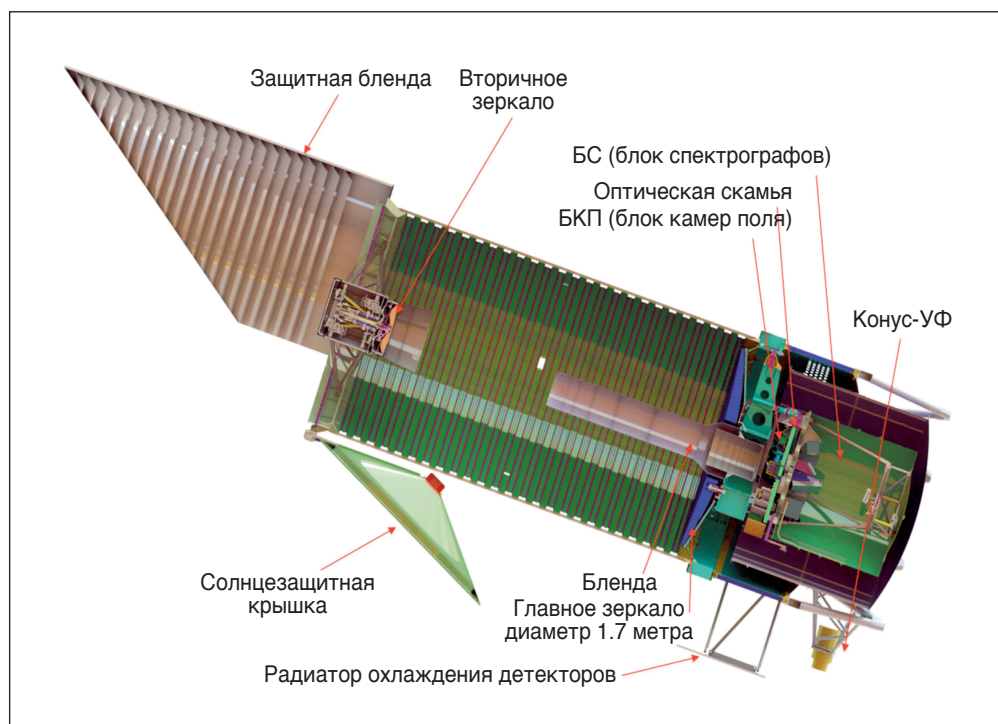


Рис. 10. Сердце космической обсерватории «Спектр-УФ» – конструктивная схема телескопа T-170M: главное зеркало, вторичное зеркало, блок спектрографов, блок камер поля. Вся эта конструкция должна сохранять идеальную геометрию в экстремальных перепадах температур. © ИНАСАН

неба 2MASS<sup>1</sup>. Этот каталог содержит координаты сотен миллионов звезд. Сравнивая «увиденное» с каталогом, система определяет микроскопические отклонения оси телескопа от заданного направления и подает сигналы на систему управления платформы для коррекции. Именно так достигается уникальная точность наведения и удержания в 0.1 угловую секунду, без чего все остальные приборы были бы бесполезны.

## НАУЧНЫЕ ПРИБОРЫ ОБСЕРВАТОРИИ

Собранный телескопом свет фокусируется в одной точке, где его «ловят» и анализируют два основных научных прибора (блок спектрографов, блок камер поля). Вместе с прибором «Конус-УФ» они образуют универсальную лабораторию для исследования Вселенной.

Если камеры показывают, как выглядит объект, то спектрографы рассказывают, из чего он состоит и что с ним происходит. Они раскладывают свет

на спектр, в котором каждая линия – это отпечаток конкретного атома или молекулы, а ее форма и смещение говорят о температуре, скорости и магнитных полях.

УФЭС (УФ-эшелле-спектрограф) – главный «тяжеловес» для спектроскопии высокого разрешения. Он позволит детально изучать химический состав, плотность и скорости движения газа в атмосферах звезд, в окрестностях черных дыр и в межгалактической среде.

ВУФЭС (вакуумный ультрафиолетовый спектрограф) работает в еще более коротковолновой («дальней») УФ-области. Это ключ к изучению самых холодных и нейтральных компонентов космоса, вроде молекулярного водорода и скрытого барионного вещества.

СДЩ (спектрограф с длинной щелью) идеален для наблюдения протяженных объектов, таких как туманности, галактики, кометы. Он одновременно получает спектр для каждой точки вдоль щели, создавая двумерную карту состава и движения вещества. Сначала создали инженерную модель блока спектрографов, на основе которой изготовлен опытный образец, проходящий комплекс наземных испытаний (рис. 11). Каждый такой блок перед по-

<sup>1</sup> Планируется модернизация «Мастер-каталога» с учетом новых данных, полученных космической обсерваторией GAIA (ESA).

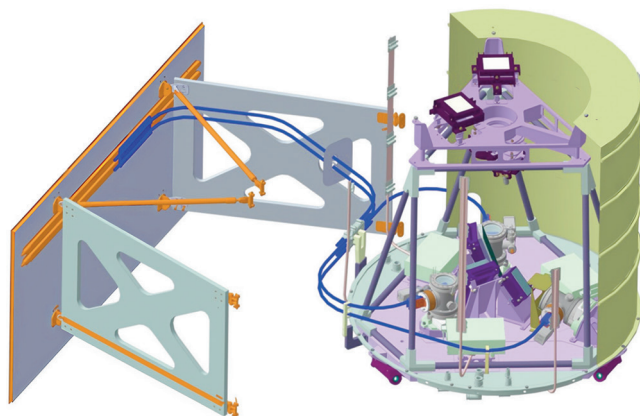


Рис. 11. Инженерная модель блока спектрографов с выносным радиатором для охлаждения приемников до температуры  $-100^{\circ}\text{C}$ . Каждый провод, каждый разъем проверяется на надежность. Образцы идентичны летным, они проходят все циклы наземных испытаний. © ИНАСАН

летом будет проверен десятки раз, чтобы в космосе он работал безупречно.

Блок камер поля представляет собой «цифровой фотоаппарат для Вселенной». Этот прибор создан для получения прямых, четких изображений в УФ и видимом свете. Он оснащен набором

светофильтров, позволяющих выделять излучение в определенных диапазонах.

Как же устроен этот сложный «фотоаппарат»? На схеме (рис. 12) видны основные узлы блока камер поля и можно представить путь света от телескопа: он попадает в блок, где систе-

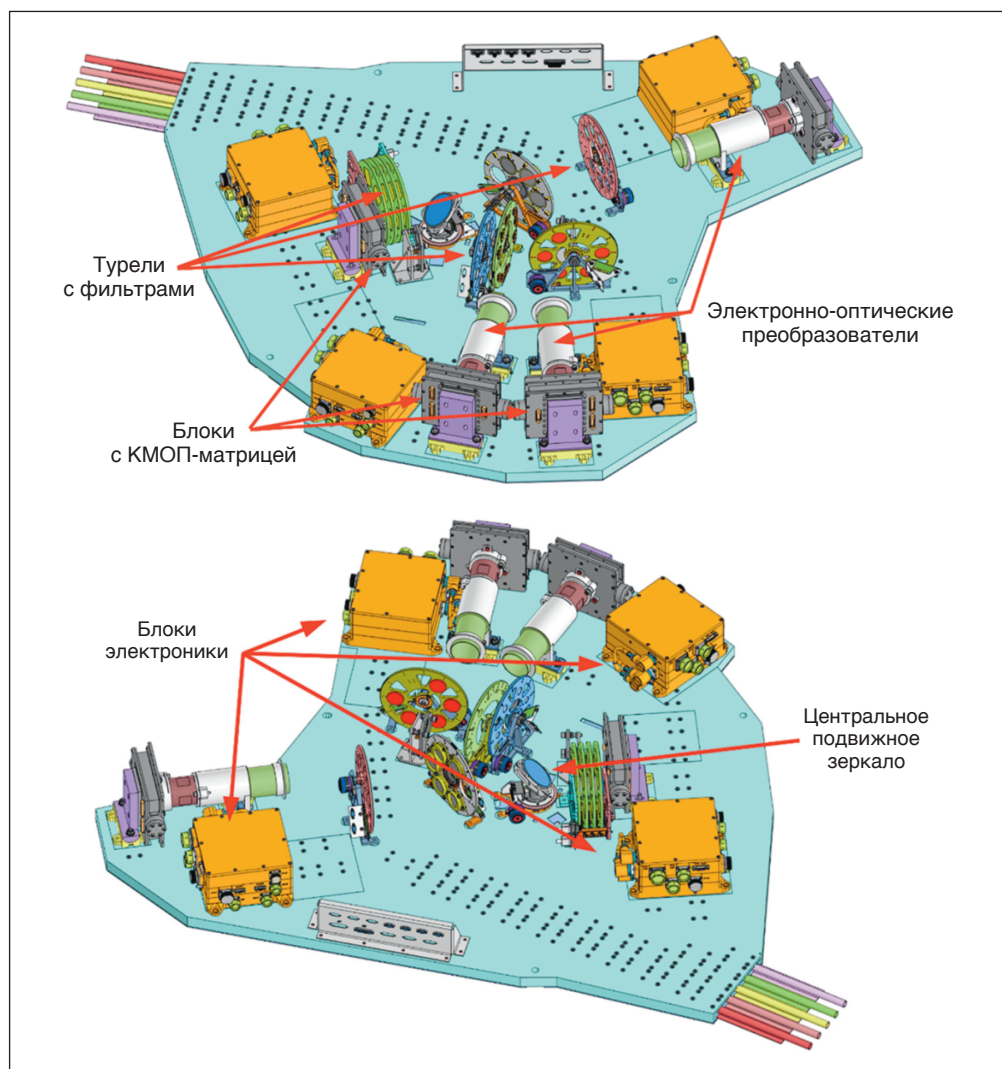


Рис. 12. Устройство «глаза» обсерватории: вверху и внизу – вид с разных сторон на инженерную модель основных узлов блока камер поля. Свет от телескопа проходит через систему зеркал и светофильтров, попадает на электронно-оптический преобразователь, где ультрафиолетовое изображение усиливается и преобразуется в видимое, которое фиксирует микроканальная матрица. Эта многоступенчатая цепочка позволяет увидеть невидимое. © ИНАСАН

ма зеркал и светофильтров выделяет нужный диапазон. Затем УФ-свет падает на сердце прибора – электронно-оптического преобразователя, о котором мы рассказывали ранее. Там сигнал от УФ-изображения усиливается в тысячи раз и превращается в видимое излучение, которое уже фиксирует цифровая камера. Эта многоступенчатая магия преобразования и позволяет получить снимки дифракционного качества. С его помощью можно:

- строить карту области звездообразования в далеких галактиках;
- изучать структуру газовых хвостов комет и атмосфер планет;
- проводить «полевую спектроскопию низкого разрешения» – получать грубые спектры для каждого пикселя изображения, что идеально для изучения гигантских туманностей.

*Прибор «Конус-УФ»* – это «страж космических гроз», т.е. «особый агент» в составе обсерватории, предназначенный для изучения самого высокоэнергетического излучения – *гамма-всплесков*. Эти колоссальные взрывы, длящиеся от долей секунды до минут, – самые яркие события во Вселенной после Большого взрыва. «Конус-УФ» будет постоянно «дежурить», а в случае регистрации всплеска мгновенно оповестит обсерваторию, чтобы та развернулась и направила спектрографы и камеры в сторону взрыва, чтобы изучить его «послесвечение» в УФ-диапазоне. Это уникальная возможность поймать и детально исследовать рождение черной дыры или слияние нейтронных звезд.

---

## ФОТОПРИЕМНИКИ: «СЕТЧАТКА ГЛАЗА»

---

Важнейшая часть приборов – это фотоприемные устройства, которые и преобразуют собранные фотоны в цифровые данные. «Сетчаткой» спектро-

графов служат сверхчувствительные ПЗС-матрицы (рис. 13, верхнее фото) и сложная электроника для их управления (рис. 13, нижнее фото). Эти детекторы были специально заказаны и доработаны, обладают высокой чувствительностью в УФ-спектре, низким уровнем шума и радиационной стойкостью. Именно на них проецируется свет, прошедший через всю оптическую систему телескопа и блока спектрографа.

Таким образом, «Спектр-УФ» – это не монолит, а самый сложный симбиоз проверенной платформы, точнейшей оптики, умной системы наведения и трех взаимодополняющих научных инструментов. Каждый из них играет свою партию в космической симфонии, которую предстоит записать этой уникальной российской обсерватории.

---

## ОТ ТЕЛЕСКОПА ДО АРХИВА: КАК ЭТО РАБОТАЕТ

---

Работа «Спектра-УФ» – это сложный механизм взаимодействия ученых не только из России, но и по всему миру. Это происходит поэтапно.

— **Идея.** Исследователь из России, Европы, Китая или любой другой страны подает заявку на наблюдательное время, обосновывая научную ценность своего проекта.

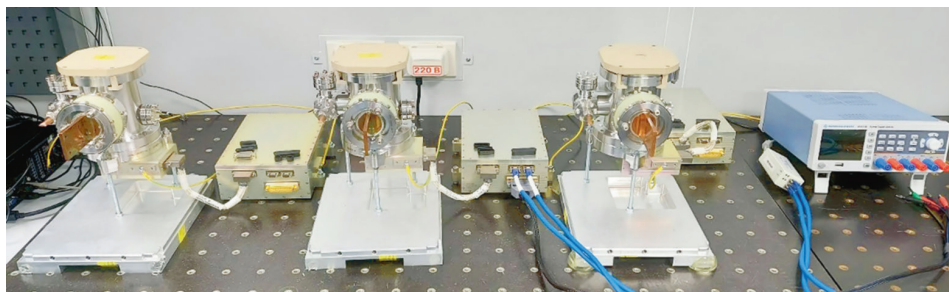
— **Отбор.** Комитет экспертов отбирает лучшие заявки и формирует программу наблюдений.

— **Команда.** Программа преобразуется в команды для бортового компьютера космического аппарата.

— **Управление.** Центр управления полетами в АО «НПО Лавочкина» (Химки, Московская обл.) через наземные станции (например, в Центре космической связи в Медвежьих Озерах) передает эти команды на борт.

— **Наблюдение.** Телескоп наводится, стабилизируется и в течение сеанса

Рис. 13. «Глаза» блока спектрографа. Сверхчувствительные ПЗС-матрицы (вверху – испытания на производстве), которые станут детекторами для блока спектрографов, и полный комплект, включая электронные блоки управления для них (внизу). Без таких специализированных приемников света уникальные возможности спектрографов остались бы нераскрытыми. © ИНАСАН



(от минут до часов) собирает драгоценные фотоны от далекого объекта.

— **Передача.** Собранные данные по высокоскоростному радиоканалу (до 8 Мбит/с) передаются на наземные станции приема научных данных в Звенигороде и Симеизе (Крым).

— **Обработка.** Данные поступают в Центр обработки научной информации, где их «очищают», калибруют и преобразуют в удобный для анализа формат.

— **Архив.** Данные попадают в открытый научный архив, доступный астрономическому сообществу всего мира. Так рождаются открытия.

Ключевое звено в этой цепочке – наземные станции. Одна из них, с большой параболической антенной, расположена в подмосковных Медвежьих Озерах (рис. 14). Именно такая «тарелка» будет ловить от телескопа и пере-

давать радиопоток данных через десятки тысяч километров.

## «СПЕКТР-УФ» В МИРОВОМ КОНТЕКСТЕ

Судьба подарила России и мировому научному сообществу уникальный исторический шанс. КТХ, верой и правдой прослуживший более 30 лет, близок к завершению своей миссии. Планы NASA по созданию крупной УФ-обсерватории следующего поколения (например, в рамках концепта Habitable Worlds Observatory) реализуются не ранее 2040-х гг.

В период с конца 2020-х и до середины 2030-х гг. «Спектр-УФ» будет единственной в мире обсерваторией-долгожителем, способной вести мас-



Рис. 14. Земная связь с небом: антенна диаметром 64 м наземной станции управления в Медвежьих Озерах. Именно через такие «тарелки» на Землю будут поступать бесценные данные от обсерватории, находящейся в десятках тысяч километров от Земли. © Александр Казаков/ТАСС

штабные исследования в УФ-диапазоне. Это беспрецедентная ситуация, делающая проект абсолютно уникальным и стратегически важным. Он станет магнитом для лучших научных умов планеты. Уже сегодня налаживаются контакты с китайскими коллегами, которые планируют запустить свою крупную космическую станцию с телескопом (CSST), и синергия между двумя проектами сулит грандиозные открытия. Россия получит возможность на десятилетие стать мировым лидером в УФ-астрономии.

## ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ ИЗ УФ-ОКНА

«Спектр-УФ» – это гораздо больше, чем очередной научный спутник. Это проект-символ. Символ того, что Россия способна замышлять и реализовывать научные проекты уровня «большой науки», сравнимые с легендарным КТХ. Символ того, что даже в сложных усло-

виях рождаются не просто импортозамещающие, а опережающие решения, как те самые фотокатоды из Новосибирска. И, наконец, это символ непрекращающегося стремления человечества к познанию окружающего мира.

Необходимый компонент успеха – ученые, конструкторы, инженеры, высококвалифицированные специалисты, которые посвятили свою жизнь работе над созданием будущей самой крупной космической обсерватории России (рис. 15).

В конце этого – начале следующего десятилетия ракета «Ангара-А5М» (рис. 16) унесет «Спектр-УФ» на высокую геосинхронную орбиту, где и начнется многолетняя вахта обсерватории. Запуск станет финальным аккордом многолетней земной работы, и мы откроем новое, российское окно во Вселенную.

Взгляд через это окно обещает уточнить, а возможно, и перевернуть наши представления о космосе: найти пропавшую материю, узнать секреты ро-



Рис. 15. Коллектив специалистов, участвующих в создании космической обсерватории «Спектр-УФ». © АО «НПО Лавочкина»

ждения звезд и, возможно, получить первые намеки на то, что мы не одиноки под этим УФ-небом. Поддерживая такие проекты, мы инвестируем не только в технологии и престиж страны, но и в самое ценное – в наше общее знание о мире, в котором живем. Будущее астрономии будет написано, в том числе и данными с российского «Спектра-УФ». И это будущее выглядит ярким.

### Рекомендуем прочитать

1. Ультрафиолетовая Вселенная II: по материалам Всероссийской конференции, прошедшей 19–20 мая 2008 г., Москва, Россия.
2. Зайдель А.Н., Шрейдер Е.Я. Спектроскопия вакуумного ультрафиолета. М.: Наука, 1967.
3. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика (Серия «Наука для всех»). 3-е изд., испр. и доп. Фрязино: Век 2, 2011; 4-е изд. М.: ДМК Пресс, 2021.
4. Многоканальная астрономия». Редактор-составитель академик А.М. Черепашук. Фрязино: Век-2, 2019; 2-е изд. М.: ДМК Пресс, 2022.



Рис. 16. Новая ракета-носитель тяжелого класса «Ангара-А5» на космодроме «Восточный». Именно этой российской ракете предстоит вывести обсерваторию «Спектр-УФ» на рабочую орбиту, преодолев земное притяжение и все нагрузки старта. © Роскосмос