

Александр Гурьянов

# Флагман астрореволюции



► Уже в 2005 году полноразмерную модель телескопа выставили и на лужайке перед Годдардовским центром космических полетов

▼ Так выглядит телескоп им. Дж. Уэбба. Внизу — платформа, над ней расположен пятислойный экран, защищающий от Солнца. Выше — система зеркал. Посередине рисунка самое большое, главное зеркало, на штангах, уходящих вправо, закреплено второе зеркало, а третье, самое маленькое, расположилось внутри конструкции



Событие

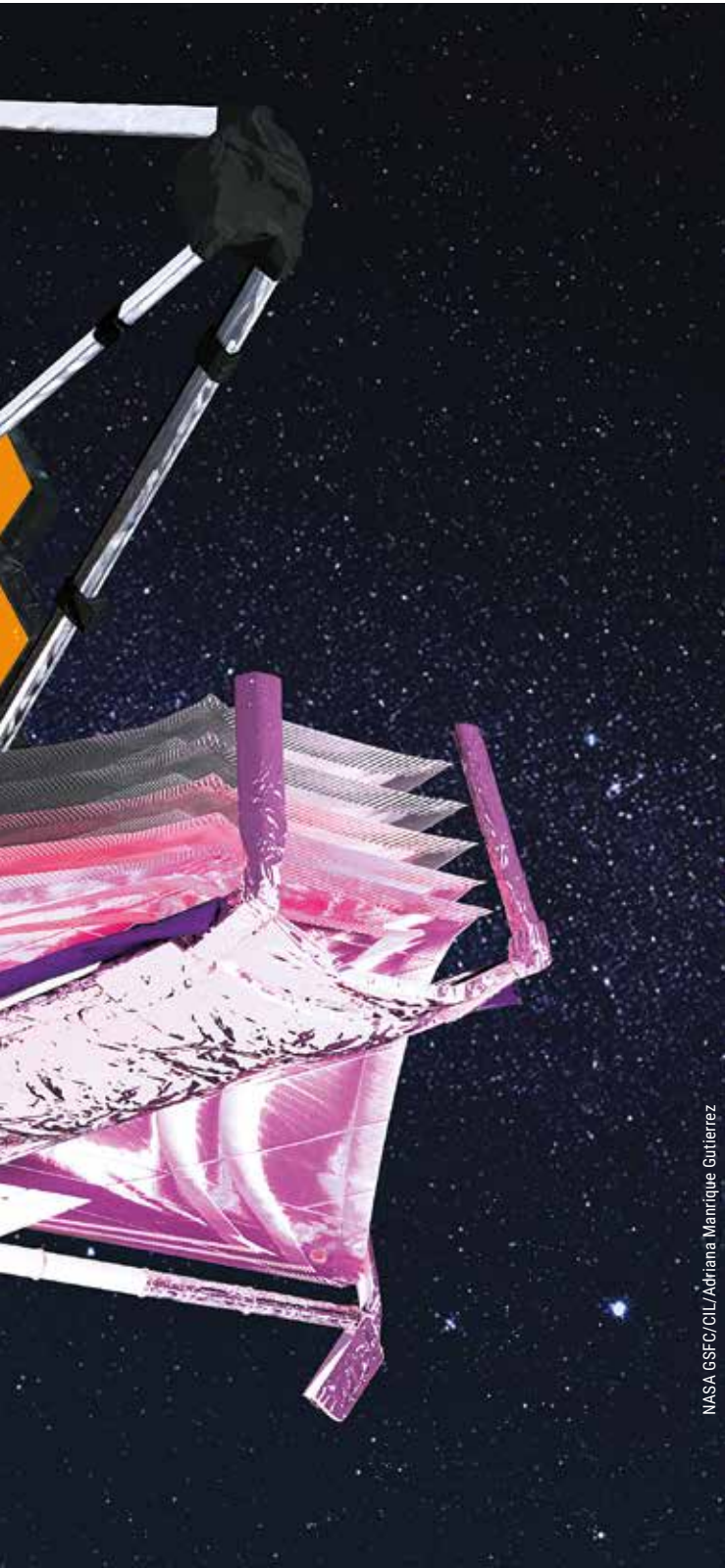
Прямо перед Новым годом началась новая эра наблюдательной астрономии: с космодрома Куру во французской Гвиане наконец запущен инфракрасный телескоп имени Джеймса Уэбба (James Webb Space Telescope, JWST). Эта космическая обсерватория нового поколения разработана НАСА при участии Канадского и Европейского космических агентств. Ее создали тысячи ученых и инженеров из нескольких сотен компаний и организаций семнадцати стран мира.

## Уравновешенный телескоп

*Теперь у «Уэбба» наступили критические двадцать девять дней. Он исполнит самую сложную последовательность разворачивания, когда-либо предпринятую в космосе. Как только ввод в эксплуатацию будет завершен, мы увидим впечатляющие изображения, которые поразят ваше воображение.*

Грегори Робинсон, НАСА

Еще в 2002 году этот самый крупный и сложный из космических телескопов назвали именем второго по счету директора НАСА. Во время его руководства (1961—1968) США достигли успеха в выполнении программы «Аполлон». За долгие годы строительства телескопа создан десяток новейших технологий двойного назначения. Например, методы прецизионного управления фасетками большого зеркала ныне успешно применяют при офтальмологических операциях, а новейшие датчики инфракрасного излучения — в приборах ночного видения. На орбитальном телескопе имени Эдвина



NASA GSFC/CIL/Adriana Manrique Gutierrez





- ◀ *Телескоп собран и готов к упаковке*
- ◀ *Техники готовятся к монтажу второго зеркала*

- ▲ *В космосе телескоп должен безошибочно раскрыться. Идет проверка системы выдвижения второго зеркала на длинных штангах*

Хаббла ремонтники давно установили компактную микропроцессорную электронику, созданную для «Уэбба».

Строительство новейшей инфракрасной обсерватории длилось два десятилетия. И вот 25 декабря 2021 года ракета «Ариан-5» вывела в космос телескоп в сложенном виде. Далее его движение к месту назначения на орбите вокруг Солнца корректировали собственные реактивные двигатели. Всего их двенадцать, четыре больших и восемь маленьких. Одновременно целый месяц продолжалась уникальная операция развертки шеститонного аппарата в пространственную конструкцию размером 14 на 20 метров. Неспешное путешествие в открытом космосе к месту назначения позволит ему охладиться до штатных температур ниже  $-223^{\circ}\text{C}$ . Низкие температуры необходимы, чтобы тепловое ИК-излучение частей телескопа не создавало помех его оптическим приборам.

А движется аппарат к региону точки Лагранжа L2. Эта точка расположена за орбитой Земли на расстоянии 1,5 млн км от планеты. Здесь центробежная сила, силы притяжения Солнца и Земли компенсируют друг друга. «Уэбб» станет облетать точку L2 за полгода по окружности радиусом 0,8 млн км, почти не тратя своей

энергии из-за равновесия сил инерции и гравитации. Для сравнения: Луна удалена от Земли на 0,4 млн км. На своей траектории телескоп всегда будет пребывать вне солнечной тени от Луны или Земли.

Человечество уже неплохо освоило этот регион космоса: сравнительно недавно здесь находились две обсерватории ЕКА — «Планк», которая строила карту неоднородностей реликтового излучения, и «Гершель», орбитальный телескоп для изучения Вселенной в инфракрасном диапазоне, у него диаметр зеркала составлял 3,5 м. Здесь же располагался и американский WMAP, который первым построил карту анизотропии реликтового фона, за что творческий коллектив, управлявший спутником, получил Нобелевскую премию по физике за 2006 год. Сейчас в точке L2 работают оптический телескоп ЕКА «Гаяя» и российско-немецкая обсерватория «Спектр-РГ»; ее задача — построить полную карту Вселенной в рентгеновском диапазоне.

Обсерватория состоит из нескольких крупных частей. Прежде всего, это несущая платформа, освещаемая Солнцем. От открытого космоса телескоп ее отделяет экран, который защищает собственно телескоп от солнечного нагрева. Нагретые детали спо-





◀ *Телескоп сложен и готов к отправке*

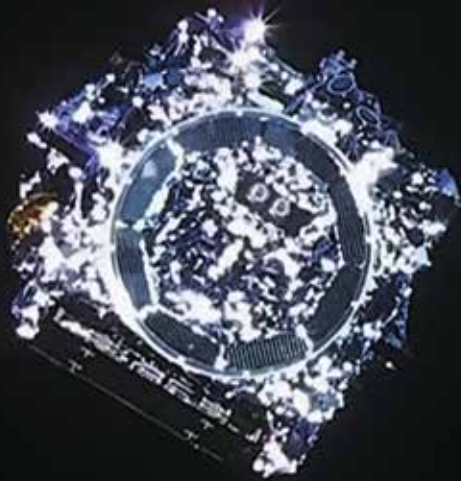
способны излучать тепловое ИК-излучение, которое будет снижать чувствительность обсерватории. Пятислойный защитный экран размером с теннисный корт исключает солнечную засветку при наблюдениях слабых космических объектов. Он резко снижает поток солнечной энергии и космических излучений, достигающих зеркала, деталей телескопа, а также детекторов излучений. Экран состоит из пяти отдельных слоев пористого пластика толщиной в человеческий волос. Каждый с обеих сторон покрыт алюминиевой пленкой, а два верхних — еще и кремниевой. Расчеты показали, что на экран падает пара сотен киловатт энергии Солнца, поэтому максимальная температура первого экранирующего слоя достигнет  $110^{\circ}\text{C}$ , но до самого телескопа дойдут лишь доли ватта.

Главный прибор — открытый космосу телескоп-рефлектор Корша. В нем использована система из

▲ *Ракета «Ариан-5» с телескопом стартует почти из болот Гвианы*

трех изогнутых зеркал, что позволяет устранить основные оптические аберрации, которые искажают форму и расположение наблюдаемых через телескоп объектов. Как правило, аберрации нарастают к краям кадра, поэтому, чем они меньше, тем больше оказывается площадь качественного изображения. Антенны обсерватории всегда находятся в прямой видимости Земли: это позволяет аппарату постоянно оставаться на связи с центром управления через сеть наземных радиотелескопов.

Небольшие реактивные двигатели платформы перемещают обсерваторию как для смены орбиты, так и для грубого наведения на нужную область неба. Вращение шести гиродиннов (маховиков) позволяет точно выбирать ориентацию в пространстве. Ее автоматика контролирует как по данным гироскопов, так и по положению звезд. Электроэнергией обсерваторию



▲ *Телескоп покинул Землю и направляется к месту назначения*

обеспечивают солнечные панели, плоскости которых развернуты в сторону Солнца. Срок службы телескопа определен его способностью маневрировать на орбите. После выхода на место дислокации будет понятно, сколько у него останется топлива, однако сейчас специалисты НАСА оценивают срок до его исчерпания более чем в 10 лет.

## Чудеса научного приборостроения

*Мы стоим на пороге поистине захватывающего времени открытий, мы увидим то, что раньше не только не видели, но даже себе не представляли.*

*Томас Цюрбухен, НАСА*

«Уэбб» не первый инфракрасный телескоп, он продолжает работу, начатую «Хабблом», на котором в 2009 году установили инфракрасный детектор, «Спитцером» и «Гершелем», причем последний также вел наблюдения из окрестностей точки L2. Правда, спектральный диапазон «Уэбба» имеет существенное отличие. Так, если «Спитцер» видел в диапазоне 3—180 мкм, а «Гершель» 60—672 мкм, то длина воспринимаемых «Уэббом» волн составляет 0,6—28 мкм, то есть частично захвачены оранжевая и красная области видимого спектра.

Ближний и средний ИК-диапазоны излучения выбраны неслучайно. Вот что рассказывает младший научный сотрудник А.Ю. Авдеев, пресс-секретарь Астрокосмического центра ФИАНа им. П.Н. Лебедева: «Межзвездная пыль поглощает и рассеивает свет, длина волны которого меньше или равна размеру пылинки. Размер самих пылинок может варьироваться от 0,1 до нескольких десятков микрон. Таким образом, чем короче длина волны, тем больше препятствий свет встречает на пути и тем сильнее ослабляется. Например, видимый свет, идущий к нам из центра Галактики, ослабнет примерно в 2,5 миллиона раз! Выход — уходить на более длинные волны, то есть в ИК-диапазон. По спектральному диапазону «Уэбб» близок к телескопу «Спитцер», вот только диаметр зеркала последнего был всего 85 см. Так что «Уэбб» с зеркалом диаметром 6,5 метров обладает куда более высокой чувствительностью и разрешающей способностью. То есть он сможет накопить больше света и получить данные, которые были бы недоступны «Спитцеру». Поэтому одна из важнейших задач нового телескопа — это пробиться через плотные облака газа и пыли и посмотреть на процесс рождения звезд и планет».

Главное зеркало нового телескопа действительно огромное по сравнению с предшественниками. Для сравнения: у предыдущего лидера, «Хаббла», диаметр зеркала равен 2,4 метра. При этом единица поверхности зеркала «Уэбба» весит в десять раз меньше, чем у «Хаббла». Дело в том, что зеркало не сплошное, а составное. Восемнадцать его шестигранных элементов-фасеток выполнены из пластин бериллия размером 1,3 метра, покрытых тонким слоем золота. Бериллий не только очень легкий, но и чрезвычайно жесткий



материал, благодаря этому удается очень точно задавать расположение и взаимную ориентацию пластин: электроприводы контролируют ее с точностью до долей длины волны собираемого излучения.

Интегральный научный модуль телескопа содержит набор из нескольких приборных блоков для получения изображений и спектров в двух интервалах длин волн. Во-первых, это камера и спектрограф ближнего ИК-диапазона (0,6—5 мкм) с чувствительными элементами из соединения КРТ (кадмий — ртуть — теллур); они работают при  $-234^{\circ}\text{C}$ . Во-вторых, так называемый инструмент среднего ИК-диапазона (5—28 мкм) с датчиками на кремнии с мышьяком, включающий в себя камеру и спектрометр. При помощи двухстадийного механического криогенного охладителя на жидком гелии температуру блока удастся снизить сначала до 18, а затем и до 7 Кельвинов ( $-266^{\circ}\text{C}$ ). Дело в том, что кроме экранировки солнечного нагрева приборы обсерватории нуждаются в защите от нагрева электрическими токами (Джоулево тепло). Для сверхчувствительных измерений в среднем ИК-диапазоне температуру деталей телескопа надо всемерно понижать.

Потребность в охлаждении — слабое место инфракрасного космического телескопа: жидкий гелий выкипает, прибор можно списывать, ведь снова заправить его удастся разве что на околоземной орбите, куда может прибыть челнок с космонавтами. Из-за исчерпания охладителя предшественники «Уэбба» работали в полную силу недолго: «Спитцер» — шесть лет, «Гершель» — четыре года. Возможно, будет найден способ «дозаправить» «Уэбба» в космосе, как это делают с орбитальным долгожителем «Хабблом», срок

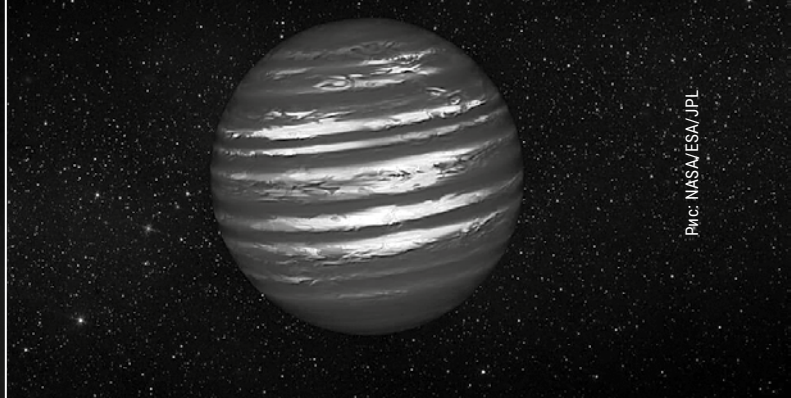
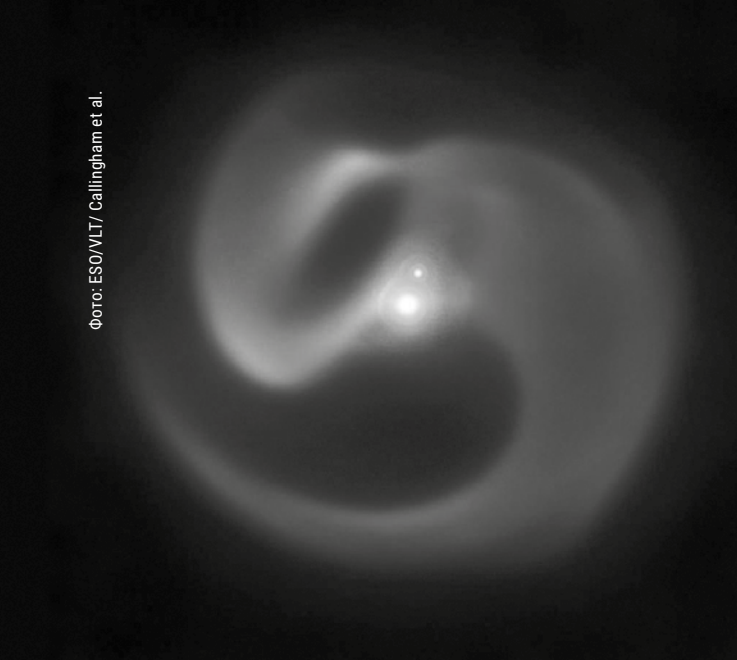
▲ *«Хаббл» получил прекрасное инфракрасное изображение центра Галактики, но астрономам не хватает разрешения, чтобы разглядеть на нем сверхмассивную черную дыру, что должна там быть. «Уэбб» сможет им помочь*

службы которого неоднократно продлевали с помощью ремонтных бригад на челноках.

Еще один прибор телескопа прозван инженерами «канадские глаза». Это устройство формирования изображения и бесщелевой спектрограф, работающие в ближнем инфракрасном диапазоне (0,8—5 мкм). Они скомпонованы в едином блоке с датчиком точного наведения, который позволяет прецизионно стабилизировать линию наблюдения телескопа и управлять фасетками его зеркала.

Все приборы специализированы на поиск разнообразных астрономических объектов, о которых ниже. Вместе с тем они многофункциональны и могут работать в самых разных режимах. К примеру, важная особенность спектрографа ближнего ИК-диапазона — наличие магнитной шторки для выбора объектов наблюдения. Она позволяет открывать в поле зрения отверстия размером в несколько диаметров человеческого волоса. В результате устраняются все помехи и можно тщательно наблюдать одновременно сотню целей. Есть у «Уэбба» и режимы коронографа: он затеняет выбранные шторкой объекты и проводит исследование окружающего их пространства, например измеряет составы выбрасываемых каждым объектом веществ. Что это за объекты? Любые, оказавшиеся в поле зрения телескопа и заинтересовавшие его операторов.





▲ По Вселенной путешествуют несчетные мириады коричневых карликов, недозвезд-перепланет. Не исключено, что «Уэбб», разглядев детали их строения, прольет свет на тайну происхождения таких объектов

◀ Есть мнение, что две массивные звезды, обращающиеся одна вокруг другой, порождают мощные облака пыли, которые летят по всей Галактике и могут разносить материал для построения жизни. «Уэбб» постарается проверить эту гипотезу

◀ Звезда Бета Живописца сформировалась недавно. Вокруг нее лежит облако пыли. Задача «Уэбба» рассмотреть в этом облаке зародыши планет

## От космологии до комет

*Телескоп обещает найти во Вселенной не то, о чем мы догадываемся, а то, что не только не понимаем, но даже не можем себе представить.*

*Билл Нельсон, НАСА*

Физикам хорошо известен эффект Доплера: частота излучения от удаляющегося объекта воспринимается как более низкая, и наоборот. Обычным людям эффект знаком на примере звуковых волн: тон гудка приближающегося поезда нарастает. Соответственно длина волны удаляющегося объекта повышается. Согласно главной догме современной космологии, Вселенная появилась из ничего в результате Большого взрыва четырнадцать с небольшим миллиардов лет назад. Теория последовавших за этим процессов рождения различных объектов, от химических элементов до галактик, хорошо разработана. Каждой стадии творения соответствует свой период космической истории расширяющейся Вселенной. Считается, что мы не можем видеть самые ранние из рожденных объектов: из-за их постоянного разбегания, длина волны света

увеличилась настолько, что сместилась в невидимую инфракрасную область.

Спектральные параметры «Уэбба» позволяют наблюдать первичные звезды, квазары, галактики и все то, что за давностью лет оказалось в этой невидимой области. Фактически он сможет детально проверить космологические теории в интервале от сотен тысяч до сотен миллионов лет после Большого взрыва. Так телескоп станет своеобразной машиной времени, предназначенной для изучения самых первых объектов нашего мира. Вот как рассказывает об этом аспекте проблемы В.Ю. Авдеев: «Сегодня не все понятно с галактической эволюцией. Телескоп «Хаббл» ранее показал, что галактики ранней Вселенной совсем не похожи на то, что мы видим в наше время. Новый телескоп должен тщательно рассмотреть самые первые галактики, изучить их свойства. А это, в свою очередь, позволит понять, как наша Вселенная стала такой, какой мы ее сейчас наблюдаем. Данные «Уэбба» позволят пролить свет на природу темной материи, поскольку она во многом определяет облик и динамику первых галактик. А еще наблюдение объектов в ранней Вселенной поможет понять роль сверхмассивных черных дыр в формировании галактик: сейчас не совсем понятно, как именно черные дыры смогли

набрать сотни миллионов и миллиарды масс Солнца за сравнительно небольшой временной промежуток».

Изучение ранней Вселенной — дело будущего, когда телескоп полностью войдет в строй и выйдет на штатные режимы работы. А пока НАСА объявило список первых трех сотен целей, наблюдением которых «Уэбб» займется уже летом после полного развертывания и юстировки. Среди основных направлений выделяется обнаружение и изучение близких к нам (до 15 световых лет) экзопланет. Они будут найдены, если располагаются у своих звезд не ближе 12 а. е., то есть, по нашим меркам, за орбитой Сатурна, при этом достаточно, чтобы температура их поверхности была не ниже комнатной. Планеты, расположенные ближе к своим звездам, «Уэбб» разглядеть не сумеет — они сольются с общим тепловым фоном звезды. Зато ученые уверены, что у дальних планет они увидят даже спутники, если таковые имеются. Под подозрение попали десятки ближних звезд, а также семнадцать протопланетных дисков. Астрономы надеются найти в них формирующиеся планеты, в том числе похожие на Землю.

Интересно, что «Уэбб» станет изучать и объекты Солнечной системы, чего до сих пор не делал ни один инфракрасный телескоп. Ближайшими целями стали ледяные миры: спутник Юпитера Европа и спутник Сатурна Энцелад. Обсерватория займется их водными гейзерами, а также построит карту высокого разрешения Европы. В плане есть наблюдения астероидов Главного пояса и их околоземных коллег. Среди них те, к которым недавно совершали полеты малые космические миссии, например Церера и Рюгу. Проследит телескоп за кентаврами — телами, носящими признаки и астероидов, и комет. Запланированы наблюдения за активными кометами. В этой связи забавно приглядеться к спектральным характеристикам телескопа. Например, у натрия, который входит в состав тех галогеновых фонарей, что освещают некоторые улицы земных городов, яркий дублет находится в районе 0,589 мкм, то есть как раз у нижнего предела чувствительности телескопа. Возможно, когда-нибудь НАСА порадует нас красивыми изображениями огоньков ночной стороны Земли, ведь «Уэбб» как раз находится с подсолнечной стороны от нашей планеты, причем такие изображения будут сняты с беспрецедентной точностью: новый телескоп способен разглядеть человеческий волос на Луне.

Другая важная группа задач — изучение химического состава. В области спектральной чувствительности телескопа лежат линии кислорода, озона, воды, углекислого газа, метана, аммиака. Содержание этих веществ удастся определять везде — в газовых галактик, облаках вокруг галактических ядер и внутри звездных скоплений, в протопланетных дисках вокруг звезд, в их атмосферах и на экзопланетах, а также на планетах Солнечной системы. Спектрографы телескопа помогут находить на планетах и их спутниках

органические соединения, и это очень важно, ведь такие соединения считают косвенными признаками жизни, такой, какую мы знаем на Земле. И не только находить органику, но измерять ее концентрацию и пространственные распределения.

«Некоторым признаком того, что планета может представлять интерес для поиска внеземной жизни, служат так называемые биосигнатуры, то есть вещества, которые в большом количестве присутствуют в биосфере, подобной земной. Основных биосигнатур пять: кислород, озон, метан, углекислый газ и вода. Важно понимать, что наличие одного из этих веществ не означает обитаемость планеты. Но если мы видим в спектре планеты признаки нескольких из них, планета находится в зоне обитаемости, а родительская звезда не переменная и не проявляет вспышечную активность, — есть повод задуматься. «Уэббу» не обязательно видеть планету непосредственно. Он может наблюдать спектр звезды в момент, когда на луче зрения проходит интересующая нас планета. Тогда лучи, прошедшие через атмосферу планеты, сохранят в спектре ее «отпечаток», по которому можно попытаться проанализировать химический состав атмосферы», — поясняет идею В.Ю. Авдеев.

Судя по всему, с запуском «Уэбба» человечество действительно ждет сенсационные открытия в астрономии и астрофизике.

---

**А. Мотыляев**

## Космические финансы

**С**удьба телескопа им. Джеймса Уэбба была столь же трудной, как и у многих других космических проектов, связанных с разработкой уникальных приборов.

Запуск, первоначально назначенный на 2007 год, много раз сдвигали, затраты на разработку многократно превысили плановые и составили в конце концов почти десять миллиардов долларов, хотя в 1996 году все начиналось с выделения 500 миллионов. Такое двадцатикратное увеличение бюджета и более чем двукратный рост сроков исполнения

проекта вызвали сильное недовольство как у многих астрономов, которые из-за этого долгие годы оставались без финансирования, так и у американских законодателей. В результате, когда в 2011 году затраты доросли до 6,8 миллиардов, а четверть работ еще не была выполнена, проект чуть не закрыли. Однако лоббистам в лице научной общественности или конгрессменов, заинтересованных в развитии своих штатов, где размешено производство и тратятся основные деньги проекта, все-таки удалось не только спасти телескоп, но и выбить дополнительные два с лишним миллиарда.

Причиной этих неприятностей специалисты считают неразбериху в самом агентстве, для которого поддержка сроков и кратное превышение плановых затрат стало недоброй традицией. Строительство «Уэбба» сопровождали многочисленные поломки оборудования и работы по устранению недостатков конструкции. Один из примеров — это повреждение защитного экрана во

время испытаний системы его разворачивания, которое сильно отодвинуло сроки старта.

Предыдущий флагман космической астрономии, околоземный телескоп «Хаббл», выведенный на орбиту в 1990 году, тоже обошелся недешево. Так, первоначальная сумма, выделенная на него в 1978 году с планом запуска в 1983-м, была 36 миллионов долларов, да и ее Конгресс США выделил после многочисленных писем научной общественности. Однако только полировка зеркала затянулась до 1981 года, а бюджет к тому времени, несмотря на отказ от некоторых конструктивных элементов, например дублирующего зеркала, вырос до 1,175 млрд. Перенесенный на 1986 год запуск отменили из-за катастрофы челнока «Челленджер», и уже собранный телескоп поместили в специальное помещение, заполненное азотом; его содержание там обходилось в 6 миллионов долларов ежемесячно. Неудивительно, что к запуску в 1990-м «Хаббл» стоил уже 4 с лишним миллиарда.

---

**А. Мотыляев**

## Парад телескопов

**И**дея размещать обсерватории в космосе появилась одновременно с возникновением космонавтики в начале XX века. Преимущества очевидны: земная атмосфера не только искажает и затемняет изображения, но и поглощает излучения в широких спектральных диапазонах за пределами видимой области. Поэтому с Земли трудно, а то и в принципе невозможно вести полноценные наблюдения в инфракрасном и ультрафиолетовом свете. Неудивительно, что в числе первых выведенных в космос аппаратов были и телескопы.

Первыми там в 1965-м оказались советские гамма-телескопы, отслеживающие очень жесткие электромагнитные излучения с длиной волны меньше рентгеновской. Не исключено, что выбор гамма-диапазона был чисто утилитарным: телескоп ведь может смотреть не

только в космос, но и на Землю, а мониторинг гамма-источников позволяет следить за проведением ядерных испытаний. Именно в рамках такого мониторинга и открыли гамма-всплески в глубинах Вселенной.

Вскоре на околоземной орбите оказались ультрафиолетовый (1969) и рентгеновский (1970) телескопы. Вообще, именно рентгеновский диапазон оказался самым популярным для космических обсерваторий: за все время человечество вывело 38 спутников для изучения Вселенной в этом спектральном диапазоне.

Затем в освоении новых областей спектра последовал длительный перерыв: лишь в 1983 году в космосе оказался первый инфракрасный телескоп, а еще через шесть лет началось освоение видимой и микроволновой областей. Самой отстающей оказалась космическая радиоастрономия — она появилась в 1997-м. Радиоволны и на Земле ловить несложно, поэтому орбитальный радиотелескоп нужен лишь для работы в паре с наземными. Так получается интерферометр с гигантской базой; он позволяет разглядеть мельчайшие детали далеких объектов, излучающих радиоволны, например остатки Сверхновых.

Всего за прошедшие полвека космической зры человечества за пределами Земли было размещено более сотни телескопов, работающих во всех спектральных диапазонах электромагнитного излучения, четверть из них служит по сей день. Большая часть расположена на околоземных орбитах. В регионе точки L2 системы Солнце — Земля побывало шесть аппаратов, один японский гамма-детектор путешествует по орбите вокруг Солнца на аппарате, совершавшем полет к Венере. Даже на Луне работает уже вторая ультрафиолетовая обсерватория (первыми такой телескоп использовали американские астронавты во время экспедиции «Апполон-16»). Ее телескоп установлен на спускаемом аппарате китайской экспедиции «Чанъэ-3», который доставил на обратную сторону Луны знаменитого Лунного зайца: луноход «Юйту». Благодаря тому, что Луна неспешно движется по околоземной орбите, обсерватория может проводить длительные непрерывные наблюдения одной и той же области неба. При этом Земля всегда находится с другой стороны и не мешает наблюдениям. Их прерывает лишь Солнце в пору новолуния, когда обратная сторона нашего спутника залита светом.

# «Миллиметр» и «Спектр-УФ»

**Р**оссия разрабатывает два проекта, аналогичных «Уэббу» по масштабам и значимости. Первый — это обсерватория «Спектр-М», она же известна как проект «Миллиметр», который патронировал академик Н.С. Кардашёв из ФИАНа им. П.Н. Лебедева. У этого телескопа будет композитное зеркало диаметром 10 метров, а изучать Вселенную он станет в еще более холодной области спектра, чем «Уэбб»: от 70 мкм до 10 мм. Фактически, это дальний ИК и терагерцовый диапазон. В этом диапазоне очень хорошо видны самые тусклые объекты небосвода. Располагаться обсерватория будет у той же самой точки L2. Предполагается, что телескоп станет работать в двух режимах. Во-первых, как одиночный телескоп, видящий Вселенную в диапазоне 70–3000 мкм, а во-вторых, как составная часть инфракрасного интерферометра с гигантской базой: для этого в пару к нему требуется наземный телескоп (диапазон 0,5–10 мм). Расстояние в сотни тысяч километров между этими телескопами должно позволить проводить наблюдения с недостижимой для других приборов точностью.

«Диапазоны у «Уэбба» и «Миллиметра» существенно отличаются. Однако глобально у «Уэбба» и «Миллиметра» есть схожие задачи. Например, исследование ранней Вселенной, наблюдение первых галактик на больших красных смещениях, исследование протопланетных дисков, областей звездообразования, поиск следов воды. При этом конкретные научные задачи у этих двух обсерваторий совершенно разные. Можно согласиться, что они станут дополнять друг друга, представляя ученым более полную картину об окружающем нас мире, каждый в своей области электромагнитного спектра. Я бы предложил все-таки сравнивать с обсерваторией «Гершель», так как рабочий диапазон длин волн у нее практически совпадает с «Миллиметром». Диаметр зеркала «Гершеля» был 3,5 м, у «Миллиметра» — 10 м. В своем классе, в своем рабо-

чем диапазоне, «Миллиметр» будет самой совершенной обсерваторией, как с точки зрения достигаемого углового разрешения, так и с точки зрения чувствительности. Добавлю, что ни одна ранее запущенная обсерватория субмиллиметрового, миллиметрового и дальнего ИК-диапазонов не работала в двух режимах: одиночного телескопа и наземно-космического интерферометра», — рассказывает кандидат физико-математических наук А.Г. Рудницкий, заместитель руководителя АКЦ ФИАН.

Одна из важнейших задач «Миллиметра», помимо наблюдения галактик и звездных систем, — решение вопроса о происхождении жизни. В дальнем ИК-диапазоне лежат спектральные линии многих органических веществ. Именно их, а также воду и лед он будет искать в протопланетных дисках и на экзопланетах. И не просто искать, но и определять соотношение оптических изомеров, ведь жизнь связана с хиральностью (см. «Химию и жизнь», 2021, 6). Если окажется, что хиральности органического вещества в среднем по Галактике и в каких-то ее областях или звездных системах не совпадают, феномен жизни обретет новое измерение.

Одна из самых интригующих задач — изучение черных дыр. «Наблюдения в режиме интерферометра на более высоких частотах позволят снизить вклад эффектов рассеяния и искажения излучения, исходящего из близких окрестностей сверхмассивных черных дыр. Это в совокупности с высоким достигаемым угловым разрешением позволит приблизиться к самому краю горизонта событий и определить физические параметры этих объектов точнее, чем это делает телескоп Горизонта событий», — поясняет А.Г. Рудницкий. Объектами такого исследования станут сверхмассивные черные дыры в центрах Млечного Пути, а также двух соседних галактик. Более того, если в нашем мире существуют пока еще не найденные кротовые норы, соединяющие напрямую отдаленные

области пространства-времени, то «Миллиметр» их заметит и сможет отличить от черных дыр, на которые кротовые норы, в сущности, похожи. Обнаружение кротовых нор, несомненно, качественно изменит всю нашу цивилизацию.

А при завершении этого фантастического проекта были идеи перевести «Миллиметр» на нижележащую орбиту, провести оттуда съемку тех сверхмассивных черных дыр, которые уже были изучены на предыдущем этапе, и построить их трехмерные изображения. Впрочем, сейчас от этой идеи отказались, сколь окончательно — не ясно.

Задуманный еще в 90-е годы, этот проект многократно лишался финансирования и растянулся на десятилетия. Согласно последним данным, запуск состоится не ранее 2029 года. «Безусловно, пересмотр объемов финансирования в меньшую сторону, не пойдет на пользу никакому космическому проекту. Конечно, хотелось бы, чтобы финансирование проекта сохранялось хотя бы на том уровне, на котором оно закладывалось при формировании Федеральной космической программы. Впрочем, задержки с реализацией связаны еще и с тем, что обсерватория подобного уровня оснащения и подобного класса создается впервые. Она требует нетривиальных технических решений и самых передовых технологий, на разработку которых иногда требуется больше времени, чем ожидалось», — рассказывает А.Г. Рудницкий.

Другой отечественный проект, также задуманный в ИНАСАНе скромнее, это «Спектр-УФ» на околоземной орбите, предназначенный для изучения Вселенной в ультрафиолетовой области. Проект чрезвычайно важен. Ведь после того как телескоп «Хаббл» выйдет из строя, а это рано или поздно случится, астрономы лишатся орбитального телескопа, работающего в этом диапазоне. А ни одно космическое агентство даже не собирается нечто подобное разрабатывать. Когда «Спектр-УФ» будет запущен, он, скорее всего, на десятилетия окажется единственным прибором подобного рода. Запуск был назначен на 2016 год, потом перенесен на 2021-й, а сейчас речь идет о 2026 годе.



Глубокий эконом

Кандидат физико-математических наук

**С.М. Комаров**

# Джеймс Уэбб — телескоп и человек

*В Бога мы верим, все остальное служит  
источником данных.*

*Афоризм НАСА*

Именем Джеймса Уэбба назван свежезапущенный в космос инфракрасный телескоп. А кем был этот человек? Оказывается, именно с его деятельностью связана попытка радикальных преобразований в США, которая была направлена на использование технологии космическо-

го менеджмента для преодоления бедности и повышения качества жизни в городах. Попытка удалась частично, однако во многом благодаря Джеймсу Уэббу США стали той страной, которая до недавнего времени была символом технического могущества.

# 1961

год. Разгар холодной войны. В этот год президент США Джон Кеннеди ставит задачу: американцы должны ступить на Луну и тем самым доказать преимущество американского образа жизни. Непосредственно заниматься этим вопросом Кеннеди поручил Джеймсу Уэббу, который возглавил НАСА. Новый назначенец не имел никакого отношения к науке и тем более к космонавтике. Он был помощником конгрессменов, возглавлял бюджетное бюро в администрации Трумэна, затем стал помощником госсекретаря, позднее работал в нефтяной корпорации в Оклахоме. С космосом его могла хоть как-то связывать лишь служба в морской авиации во время войны. Поэтому его главным достоинством, помимо неисчерпаемой энергии, были обширные знакомства в кабинетах политиков и руководителей корпораций, ну и конечно безграничное доверие руководителя страны.

Как решить поставленную задачу? Перед глазами прямой и ясный путь: использовать методы советской административно-командной системы, благо ее успехи налицо в виде первого выведенного на орбиту спутника, первого космонавта, а к тому времени и успешное достижение советской станцией «Луна-2» лунной поверхности. Да, станция разбилась, как и было задумано, но при этом разбросала вокруг образовавшегося кратера сотни металлических выпелов с красной звездой и советским гербом. А выпелов со звездно-полосатым флагом и белым орлом как не было, так и нет – можно понять неудовольствие американцев.

Однако этот путь был закрыт именно по идеологически соображениям: ведь тогда пришлось бы признать торжество марксизма-ленинизма и советского образа жизни. Уэбб предложил другой путь, который потом и окрестили менеджментом космической эры, а базой для него была идея позитивного либерального государства.

Слово «либерализм» в современной России прочно ассоциируется если не с неприличным ругательством, то с чем-то глубоко чуждым и враждебным, в значительной степени виновным в тех бедствиях, что обрушились на страну в 90-е годы. Почему же именно либерализм помог американцам сосредоточить ресурсы на поставленной цели и выполнить задачу? Дело в том, что в арсенале политологии есть два вида либерализма: позитивный и негативный. Первый – это возможность и наличие ресурсов для реализации своего собственного потенциала. Неотъемлемой частью концепции позитивной свободы оказывается представление о том, что свобода определяется способностью граждан

◀ *Создатели американской космической эры: глава НАСА Джеймс Уэбб и директор Центра космических полетов Вернер фон Браун принимают губернатора Алабамы Джорджа Уоллеса (справа налево). 8 июня 1965 года, Хантсвил, Алабама*

принимать участие в управлении или в добровольной кооперации. А вот второй – это совсем иное: негативный либерализм предполагает свободу от внешних ограничений и насильственного вмешательства других людей.

Первым двойную сущность либерализма подметил английский философ Исайя Берлин в 1958 году. Согласно ему, утверждение «Я никому не раб» характерно для негативной свободы, то есть свободы от прямого вмешательства со стороны другого индивида. Позитивной свободе присуще утверждение «Я сам себе хозяин», заявление о свободе выбора своего собственного пути в жизни.

Как нетрудно видеть, в начале горбачевской демократизации в общество были вброшены идеи именно негативного либерализма. Последствия все могут наблюдать на практике и при желании вспомнить робкие голоса, которые в начале процесса разрушения СССР предупреждали, что свобода и плюрализм – это

▼ *Джеймс Уэбб, недавно назначенный главой НАСА, вручает бывшему президенту США Гарри Трумэну коллекцию макетов космических кораблей, которая затем отправится в его президентскую библиотеку в городе Индепенденс, Миссури. 3 ноября 1961 года, Вашингтон*



вообще-то не синонимы вседозволенности. Позитивный либерализм дает совершенно иные результаты, что можно видеть на примере американской программы «Аполлон».

Однако вернемся к деятельности Уэбба. Государство позитивного либерализма не ставит четких задач, чтобы не ограничивать свободу исполнителей и не свалиться в бюрократизм административно-командной системы. Вместо этого оно выделяет финансовые ресурсы, которые обеспечивают сотрудничество частных и государственных организаций в выбранном государством направлении. В рамках этой концепции в начале 60-х годов 80% профессионального и технического персонала, занимающегося исследованиями и разработками в США, прямо или косвенно работали над государственными программами, а 70% всех расходов на исследования и разработки финансировало правительство. Однако эти деньги не должны пропасть втуне. Поэтому Уэбб прямо говорит: «Мы обязаны, достигая конкретных целей миссии, предоставлять гражданам практические выгоды от результатов программы исследований и разработок такого масштаба».

Фактически Уэбб считал своей основной задачей отнюдь не обеспечение прогулки астронавта по Луне. Главная задача – использовать полет на Луну как Большой проект, способный встряхнуть не только промышленность США, но и весь американский социум. Поэтому деятельность НАСА при Уэббе была чрезвычайно разнообразной: от реального проектирования космических кораблей, разработки для них новых материалов до психологии, урбанистики и методов социальной инженерии. Почему так? Ответ опять-таки дает Уэбб: «Мы собираемся потратить 30–35 миллиардов долларов на развитие самой передовой науки и техники, а затем всеми возможными способами попытаемся внедрить то, чему мы научились, в общую национальную экономику».

Впрочем, при всем либерализме, средства выделялись отнюдь не бесконтрольно. И именно при Уэббе в НАСА появилось то, что сейчас называют дорожными картами и сетевыми графиками, которые позволяют следить за сроками выполнения заданий и добиваться заявленных результатов. В результате НАСА, как гигантский спрут, запускало свои щупальцы в университеты и частные корпорации, устанавливая там свои стандарты качества.

Благодаря космическому проекту работу в США получили более 400 тысяч человек, что само по себе было важным элементом построения общества благоденствия, ведь у них были высокие заработки. У НАСА на пике программы «Аполлон» было 20 тысяч субподрядчиков, в работе оказались задействованы 200 университетов в 80 странах мира. Всего объем финансирования проекта полета на Луну составил 24 млрд долларов, 90% которых оказалось в частном секторе. В нынешних ценах это почти 200 млрд долларов. И эти деньги вернулись многократно: оценки 1975 года дают четырнадцатикратную выгоду!

Вдохновленный тем, что программа «Аполлон» идет по плану, Уэбб мечтал распространить накопленный опыт управления этим гигантским проектом для решения социальных задач. Эту мысль он не уставал высказывать в бесконечных беседах с мэрами городов, губернаторами штатов, членами Конгресса США: «Народ, через демократический процесс, одобрил эту важную большую программу. Благодаря ей было обеспечено сотрудничество многих элементов нашего общества. Может оказаться, что ее наиболее ценным побочным продуктом будет человеческий, а не технологический аспект – лучшее знание того, как планировать, координировать, контролировать многочисленные и разнообразные виды деятельности организаций, необходимые для выполнения великих социальных начинаний».

Увы, в социальных преобразованиях он не преуспел: работать с живым социумом оказалось значительно сложнее, чем с космическими конструкциями. В полной мере это осознал его преемник, Томас Пейн; сам Уэбб после катастрофы «Аполлона-1» ушел в отставку. А вот Пейну пришлось отвечать на сакраментальную реплику: «Лучше бы раздали пенсионерам». И он это сделал при запуске первых астронавтов на Луну с помощью «Аполлона-11».

Тогда у космодрома проходила демонстрация, которую возглавил преподобный Ральф Абернати, занявший место убитого Мартина Лютера Кинга. Демонстранты мало того что непрерывно били в барабаны, но еще и приехали на повозках, запряженных мулами. Так было наглядно продемонстрировано: население США находится вовсе не в космической эре и живет весьма небогато; по данным Абернати, в то время пятая часть населения США недоедала, не имела достойной одежды, жилья, медпомощи. Им-то и надо помочь, а не ракеты в космос запускать.

Пейн на это отреагировал так. Во-первых, он пригласил лидеров протеста в директорскую ложу посмотреть на запуск космического корабля. А во-вторых, сказал: «Если бы мы могли решить проблемы бедности в Соединенных Штатах, не нажимая на кнопку, чтобы завтра запустить людей на Луну, то мы бы не нажимали на эту кнопку. Великие технологические достижения НАСА были детской забавой по сравнению с чрезвычайно сложными человеческими проблемами, которыми вы озабочены. Нужно рассматривать космическую программу как обнадеживающую демонстрацию того, чего может достичь американский народ, когда у него есть видение, лидерство, компетентные люди и деньги для преодоления препятствий. Нужно прицепить ваши повозки к нашей ракете, использовать космическую программу как стимул смело решать проблемы в других областях и использовать успехи НАСА как критерий, по которому следует измерять прогресс в других областях».

И в дальнейшем администрации НАСА уже не пытались изменять мир к лучшему. Они просто выполняли свои обязанности, связанные с исследованием и освоением космоса.