



ESO/NAOJ/NRA

Новые миры, НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ

А.А.Гурьянов

Каждые десять лет Национальная академия наук США издает план исследований по астрономии и астрофизике. Он содержит рекомендацию по развитию «звездных наук» на ближайшее десятилетие и основан на анализе успехов в предыдущем. Эта традиция была заложена в шестидесятые годы прошлого века после того, как Америка обнаружила, что СССР выигрывает гонку в космосе. Судя по успехам американской космонавтики (корабли США были на Луне, Марсе, облетали Меркурий, Венеру, Юпитер с Сатурном и их спутниками, сажались на астероид, врезались в комету и даже достигли границ Солнечной системы), эти планы действительно способствуют развитию науки. План обсуждают в несколько этапов: сначала несколько сот ведущих экспертов, затем научное сообщество.

Очередной, уже шестой, такой план был подготовлен в конце 2010 года. Он подводит итоги развития астрономии и астрофизики от начала XXI века и указывает приоритетные направления астрономических исследований на 2012—2021 годы. На его основе конгресс примет решение по финансированию исследований по астрономии и астрофизике, а значит, он во многом определит прогресс человечества в изучении ближнего и дальнего космоса. Посмотрим на его отдельные главы.

Космический рассвет

«Науки о звездах» благодаря новым идеям и развитию техники в начале нашего века совершили рывок. Произошла ре-

волюция в понимании природы и происхождения Вселенной. Ее итоги дают сегодня возможность выбрать основные цели исследований. План-отчет фокусируется на трех научных направлениях, где в скором времени ожидаются открытия. Это изучение происхождения и эволюции Вселенной, поиск обитаемых планет вне Солнечной системы и изучение законов фундаментальной физики. Условно эти три направления названы так: «космический рассвет», то есть поиск первых звезд, галактик и черных дыр, «новые миры», или поиск близких к нам обитаемых планет, и «физика Вселенной», или установление базовых принципов.

В последние десятилетия прошлого века люди узнали много нового об истории нашей Вселенной, начиная от Большого взрыва. Согласно этой основной астрофизической концепции, спустя некоторое время после взрыва Вселенная существовала в виде плотного сгустка искривленного пространственно-временного континуума (от лат. continuum — непрерывное), квантовые флуктуации которого и определили впоследствии крупномасштабную структуру сегодняшней Вселенной. Остыв при расширении до трех тысяч градусов, континуум распался и породил первые заряженные частицы вещества — электроны и протоны, которые, еще остыв, соединились в атомы. Эта эпоха — ее называют «рекомбинация плазмы» — привела к тому, что космос стал прозрачным для света. Сегодня мы наблюдаем этот свет в виде холодного реликтового микроволнового фона. Вселенная в те времена была смесью темного вещества и газа, ни галактик, ни звезд, ни планет не существовало. Излучение продолжало охлаждаться, и вскоре наступила «эпоха темноты».

Однако в более плотных областях газовых облаков под влиянием силы тяжести происходило сжатие; оно привело к рождению различных объектов, в том числе первых звезд и черных дыр. Такие звезды, состоящие из водорода и гелия, были очень массивными и горячими. Они осветили Вселенную, и интенсивный ультрафиолет вновь разбил многие атомы ос-

тавшихся облаков на ионы. Это время известно как эпоха реионизации.

Сегодня перед учеными стоит задача: понять, когда и каким образом из холодных сгустков водорода сформировались первые галактики и как они начали излучать свет. Иными словами, когда случился наш «космический рассвет». Некоторые наблюдения и расчеты показывают, что это произошло, когда Вселенной было примерно полмиллиарда лет от роду, то есть чуть более тринадцати миллиардов лет назад.

Ученые считают, что первые звезды были массивными и короткоживущими, они быстро превращались в сверхновые и взрывались. При этом шел нуклеосинтез — образование элементов тяжелее лития и гелия (которые, в свою очередь, образуются при термоядерном горении исходного водорода в ядрах звезд). Тяжелые элементы взрывом разносило по Вселенной, а на месте звезд оставались черные дыры. Они стали центрами притяжения вещества и сформировали вокруг себя галактики. Сейчас астрономы намереваются заглянуть в прошлое — найти на небе такие зародыши галактик, определить их поведение и эволюцию. (О том, как телескоп работает машиной времени, речь пойдет ниже.)

После «космического рассвета» появлялось все больше и больше галактик. Они формировались по мере того, как газ, возникший при взрывах сверхновых, и остатки межзвездных облаков водорода конденсировались в звезды, сливались, образовывали скопления. Свойства этих галактик поразительны. Известно, в частности, что они быстро выращивали в своих ядрах черные дыры с массами, в миллиарды раз большими массы Солнца, и становились исключительно яркими квазарами (эти объекты считаются ядрами компактных галактик). Как именно происходило образование галактик и их ядер, еще предстоит выяснить в деталях. Сейчас уже доказано, что наблюдаемые в телескоп гигантские галактики были образованы при слиянии меньших галактик и аккреции, то есть притока к ним холодного газа из межгалактического пространства. Перемешивались не только газ и звезды, но и соединялись их центральные черные дыры. При этих грандиозных событиях должны были излучаться волны пространственно-временного континуума, то есть гравитационные волны. Сегодня задача обнаружения таких волн стоит особенно остро.

Другой подход к изучению рассвета Вселенной дает космическая палеонтология, то есть поиски тех редких звезд, которые были сформированы на ранних этапах ее эволюции и содержат минимальные концентрации тяжелых элементов. Их можно использовать для реконструкции истории образования молодых галактик. Сегодня мы можем «просеять» на этот



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

предмет только звезды нашей Галактики. Вскоре удастся исследовать и ближайших соседей.

Изучение первых звезд, галактик и квазаров — задача, решение которой позволит астрономам понять, как родилась Вселенная.

Новые миры

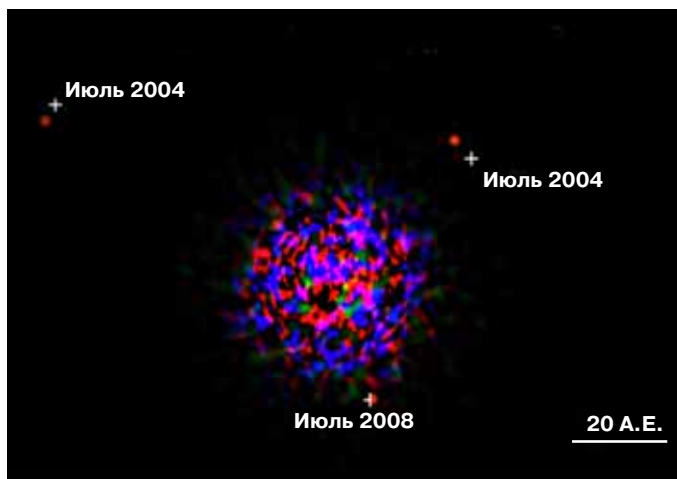
Сейчас астрономия переживает бум открытий планетных систем у различных звезд. Пора переходить к новому этапу — поиску не просто экзопланет, а таких, на которых есть жизнь. Это направление в плане работ — одно из основных, тем более что оно пользуется популярностью у публики. По мнению авторов плана, удача завершит революцию в астрономии, начатую Коперником полтысячелетия назад, когда Земля перестала быть центром Вселенной.

История вопроса такова. Почти два десятилетия назад астрономы нашли доказательства существования планет вокруг нейтронных звезд. Спустя пять лет очередь дошла и до обычных звезд: в 1995 году похожая на Солнце звезда из созвездия Пегаса проявила регулярность вариаций радиальной скорости движения относительно Земли. Они оказались следствием гравитационного притяжения вращающейся вокруг звезды планеты, которая имела массу, примерно равную Юпитеру. Вскоре подобные открытия стали обыденными. Сегодня известно почти полтысячи планет с массами от нескольких масс Земли до нескольких тысяч. Однако планетные системы других звезд оказались совсем не похожими на нашу Солнечную систему (см. «Химию и жизнь», 2010, № 7).

В процессе этих поисков была сильно усовершенствована техника астрономических наблюдений. Метод обнаружения периодических изменений радиальной скорости и сейчас остается самым чувствительным. Им можно определять планеты с минимальной массой. Другой метод — отслеживание слабых изменений в суммарном излучении звездных систем при прохождении планеты и звезды друг перед другом. Его сегодня успешно применяет орбитальный телескоп «Кеплер», запущенный НАСА в начале 2009 года. Можно также находить планетные системы методом микролинзирования, то есть измеряя отклонение световых лучей от далеких звездных источников, проходящих через гравитационные поля вблизи изучаемых звезд.

Сегодня орбитальные и наземные телескопы достигли такого совершенства, что дают и прямое изображение крупных звездных систем, на которых явно видны планеты. Можно также судить о планетных системах, изучая распределение излучения инфракрасного и радиодиапазонов от гигантских газовых дисков, внутри которых формируются планеты.

Астрономы готовы перейти к следующей стадии в поисках жизни в космосе. Они ищут ближайшую годную для жизни планету земного типа, на которой есть вода и кислород. Космические телескопы «Хаббл» и «Спитцер» уже находят спектральные линии диоксида углерода, воды и метана в атмосферах многих планет. Звезда планеты земного типа может быть по-



Изображение трех планет у звезды HR 8799, полученное телескопом Keck с адаптивной оптикой

хожей на Солнце. Но лучше, если это будет одна из более многочисленных, но холодных красных звезд: ответ планет легче различить на фоне света звезды, рассеиваемого ее пылевым диском.

Физика Вселенной

Астрономия и фундаментальная физика всегда были тесно связаны. Изучение особенностей движения планет Солнечной системы дало возможность Ньютону проверить закон всемирного тяготения, а Эйнштейну — предложить свои законы гравитации, общую теорию относительности. И сегодня Вселенная остается лабораторией фундаментальной физики. Например, недавние наблюдения за Солнечной системой и радиопульсарами подтверждают теорию Эйнштейна для случаев слабой гравитации.

Одно из грандиозных достижений последних десятилетий — открытие вторичной инфляции Вселенной: оказывается, галактики разлетаются с ускорением. Первичная инфляция началась сразу после взрыва и длилась сравнительно недолго. Вторичная же началась несколько миллиардов лет назад, когда таинственная сила отталкивания превысила силу притяжения. Это отталкивание связывают с существованием субстанции, которую называют темной энергией. Она ответственна за 75% вселенской массы-энергии. Оставшаяся часть — это 4,6% вещества и около 20% так называемой темной материи. Считается, что последняя состоит из элементарных частиц иного, неизвестного теоретикам типа, которые еще не найдены на Земле. Темная энергия в земных условиях также не проявляется. Единственный путь определения ее свойств — изучение скорости расширения и роста крупномасштабных структур Вселенной.

Наука вплотную подошла к ответам на вопросы о свойствах Вселенной сразу после Большого взрыва. Неоднородности в распределении по небесной сфере температуры микроволнового реликтового излучения в целом соответствуют теоретическим представлениям о том, что Вселенная испытала взрыв и после этого начала расширяться. Это расширение ускорялось, пока она росла от начального малого размера до диаметра около одного метра. Образовавшиеся в то время гравитационные волны до сих пор распространяются по пространству и несут информацию о характере гравитации и других фундаментальных силах, какими они были в первые моменты после взрыва. Теоретически показано, что эти волны можно обнаружить по особенностям поляризации микроволнового излучения.

Еще одна возможность изучения фундаментальных принципов физики связана с наблюдением поведения черных дыр, которые обычно находятся в ядрах галактик. Согласно распространенной точке зрения, дыры должны рождаться, когда массивные звезды заканчивают свой жизненный путь. Сегодня есть детальное теоретическое описание свойств пространства-времени вокруг них. Однако его корректность до сих пор не доказана.

Одну из возможностей проверки дает наблюдение рентгеновского излучения газа и звезд при их приближении к горизонту событий черной дыры. Любой заряд, двигаясь ускоренно, должен излучать. Когда заряд приближается по спирали к объекту с сильной гравитацией, сила тяжести становится все больше, соответственно возрастает и ускорение, объекты начинают излучать, как в синхротроне. Другой способ проверки — изучение свойств струй вещества, покидающих полюса черных дыр со скоростями, близкими к световым. Но лучше всего — измерение гравитационного излучения, возникающего при слиянии черных дыр средних масс. План отмечает, что сейчас имеются все необходимые условия для проверки этих фундаментальных теорий путем расчета ожидаемых при этом сигналов, в том числе мощнейшие компьютеры и программное обеспечение, а также технологии и телескопы.

Астрохимия

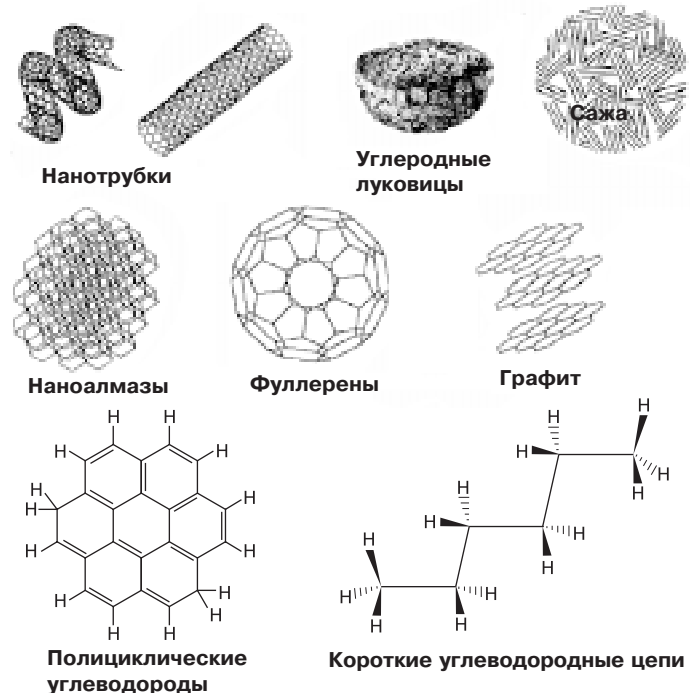
Современная астрономия широко простирает свои руки, как некогда было сказано про химию. В том числе и на «территорию» химиков. Эта группа проблем наверняка будет интересна нашим читателям.

Химическими превращениями сопровождаются многие астрофизические процессы. В нашей Галактике циклы циркуляции материи начинаются с вытеснения вещества в межзвездное пространство после смерти звезд, где оно претерпевает превращения и встраивается в диффузные и плотные молекулярные облака. В межзвездном пространстве методами микроволновой, инфракрасной и радиоастрономии обнаружено около полутора сотен разных видов молекул, в том числе органических. И это, как считают авторы плана-отчета, лишь вершина айсберга. С помощью различных астрономических приборов, в частности миллиметровых телескопов, у нас сегодня есть возможность изучать фундаментальную химию в нашей Галактике и ее соседях. И эти результаты будут уникальными: космические условия для проведения химических реакций на Земле обеспечить нельзя.

Оказалось, что химия первичных элементов, то есть водорода, гелия и лития, была очень богата; она диктовала взаимодействия между веществом и излучением на начальных этапах развития Вселенной. Существование молекулярного водорода, по-видимому, было важным для образования первых звезд. Поэтому изучение красного смещения спектров нейтрального атомарного водорода может дать информацию о распределении молекулярного водорода и неоднородностях его плотности в пространстве и времени. Вообще, молекулярные спектры — это уникальные данные о плотности, температуре и кинематике областей образования звезд и планет. Исследование химии галактик с большим красным смещением дает нам информацию о картине эволюции молекулярных реакций на космологическом масштабе времени.

Проследить историю органических молекул через циклы их образования, модификации, разрушения и возникновения вновь внутри молекулярных облаков, вплоть до включения их в планетные системы, необходимо для понимания места и формы появления строительного материала для жизни, которая может существовать на планетарных системах звезд.

В межзвездном пространстве, кометах и метеоритах найдено несколько форм углерода



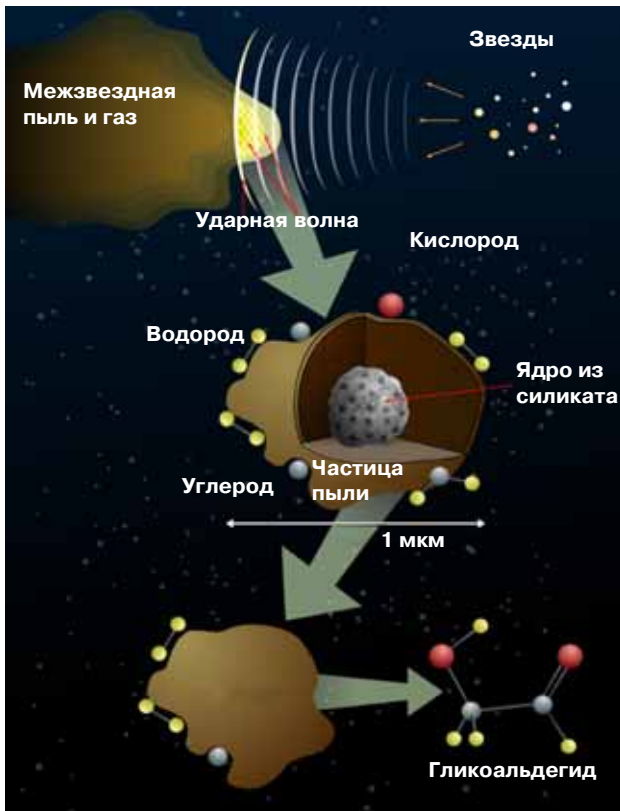
Важен и вопрос о том, как сильно изменяется содержание органики в Галактике за время ее существования. Мы до сих пор не знаем, каков предельный уровень сложности органических молекул в космосе. К примеру, могут ли образовываться такие информационные полимеры, как РНК, вне планет? Астрофизические исследования в Галактике с более высокими спектральным и пространственным разрешением здесь необходимы. Органические молекулы надо искать в межзвездном пространстве, молекулярных облаках, протопланетных, переходных и остаточных дисках, планетарных атмосферах.

Машины времени в космосе

Как и столетия назад, телескопы остаются основными приборами астрономии и астрофизики. Правда, сегодня они получают информацию не только видимого диапазона волн. Все телескопы — своего рода машины времени, ведь доходящие до них электромагнитные волны, обладая конечной скоростью, несут данные о состоянии объектов в прошлом; такие приборы можно использовать для достижения самых разнообразных научных целей, а не только для решения приоритетных задач плана. Понятно, что основное внимание в ближайшие десять лет уделено построению новых телескопов как в космосе, так и на Земле. В обоих этих случаях есть конкретные программы трех уровней финансирования. Крупные орбитальные проекты обходятся дороже миллиарда долларов, средние — более трехсот миллионов, мелкие — дешевле. Наземные крупные проекты оценивают выше 135 миллионов долларов, средние — от четырех миллионов, мелкие — до четырех миллионов. Мы остановимся на десятке крупных и средних проектов, расположенных в порядке важности их реализации.

Высший приоритет получил космический проект полуметрового телескопа, работающего в ближней инфракрасной области спектра с невысоким спектроскопическим разрешением (Wide-Field Infrared Survey Telescope, WFIRST). Он позволит дать ответы на фундаментальные вопросы о природе темной энергии, в открытии которой, как особо отмечено, ученые

Возможный путь образования предшественников сахаров в космосе



Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF

США должны сыграть главную роль. Использование инфракрасного излучения связано с тем, что оно проникает сквозь облака межзвездной пыли, и поэтому такой телескоп способен заглядывать далеко в глубь космоса. Запуск запланирован на 2020 год, технический риск провала проекта невысок. В Евросоюзе аналогичные задачи решает проект «Евклид».

Для определения влияния темной энергии на эволюцию Вселенной прибор позволит применять три различных подхода. Первый — измерение слабого гравитационного линзирования света, с помощью которого можно отслеживать области скопления темного вещества. Второй подход — это точное картирование и определение расстояний до сверхновых звезд, с тем чтобы по их движению вычислить распределение темного вещества в пространстве. Третий — изучение акустических барионных осцилляций, то есть динамики колебаний межзвездного вещества, которая связана с распределением материи в пространстве. Также предполагается исследовать этим телескопом большое количество звезд в центральном ядре — балдже — Млечного Пути: астрономы будут искать изменения их яркости при микролинзировании, чтобы обнаружить экзопланеты. В сочетании с обзорными данными космического телескопа «Кеплер», работающего в диапазоне 0,4—0,865 мкм, «перепись» планетных систем поможет определить вероятность встречаемости подобных Земле планет на орбитах различных звезд. Телескоп детально изучит нашу и ближайшие галактики, что позволит понять особенности устройства внутригалактических структур и механизмы их формирования.

WFIRST дополнит инфракрасные данные земных телескопов и результаты наблюдений орбитального телескопа Уэбба (James Webb Space Telescope), который запустят в 2015 году. «Уэбб» будет способен разглядывать экзопланеты, однако столь острое зрение сопряжено с недостатком: у него слишком малое поле. Поэтому искать экзопланеты или разгадывать загадки темной энергии на «Уэббе» нельзя.

Второй по важности крупный проект — продолжение космической программы «Эксплорер» (Explorer Program Augmentation). Созданные в ее рамках приборы и выполненные на них исследования — самые дорогостоящие за два прошедших десятилетия. Наиболее известны три из них: микроволновый телескоп WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), который построил карту анизотропии реликтового излучения, рентгеновский телескоп Swift, изменивший наше понимание природы космических рентгеновских взрывов (ему же принадлежит рекорд обнаружения самых дальних объектов Вселенной), и инфракрасный телескоп (Wide Field Infrared Survey Explorer), изучающий самые холодные звезды и самые яркие галактики, а также некоторые плохо различимые близкие к Земле астероиды и кометы. Менее крупные «Эксплореры» исследуют широкий круг проблем — от вспышек на Солнце до эволюции галактик.

Другой крупный проект — лазерная интерферометрическая космическая антенна (Laser Interferometer Space Antenna, LISA), она же гравитационный телескоп, открывает новую область науки — обнаружение длинных гравитационных волн в дополнение к поискам коротких волн в земных условиях. Антенна состоит из трех отдельных спутников, движущихся по гелиоцентрической орбите за Землей на угловом расстоянии в двадцать градусов и расположенных в вершинах равностороннего треугольника. Ее чувствительности хватит для того, чтобы заметить слияние черных дыр с массами от десяти тысяч до десяти миллионов солнечных масс (конечно, если теоретики ничего не напутали и такие волны действительно существуют). Когда гравитационные волны будут обнаружены — а безуспешная охота за ними идет уже более полувека, — наблюдения за ними позволят понять механизмы роста галактик, а также проверить выводы об-

щей теории относительности. Антенна даст возможность составить список компактных двойных систем в Галактике. Создание пробного гравитационного телескопа намечено на 2012 год. В случае успеха полноценную интерферометрическую космическую антенну запустят до 2025 года.

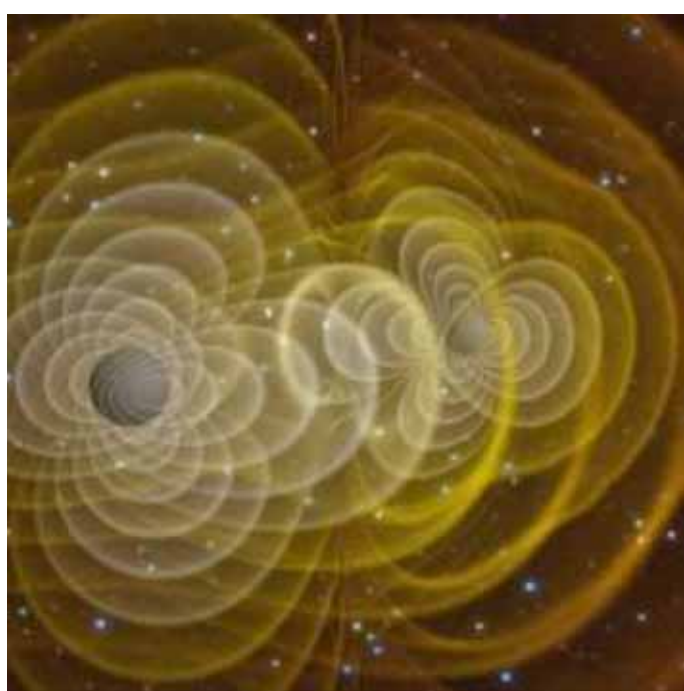
Две следующие космические программы отнесены к классу проектов среднего уровня. Цель первой, названной «Развитие техники для поиска новых миров» (New Worlds Technology Development Program), состоит в финансировании предварительных научных и технических исследований по будущей космической программе, которая начнется после 2020 года. Она будет направлена на получение изображений планет земного типа, которые должны находиться в зонах обитаемости, то есть на тех орбитах, где может существовать жидкая вода. Также планируется определение химического состава атмосфер экзопланет по их спектрам. Если через пять лет принципиальные вопросы будут решены, то программа продолжится.

Вторая космическая программа среднего уровня — проект по совершенствованию техники изучения микроволн (Inflation Probe Technology Development Program) — также предваряет исследования, которые пройдут после 2020 года. Цель программы — измерение поляризационных соотношений реликтового фона, вызванных гравитационными волнами в первые моменты после рождения Вселенной. Полученные данные должны подтвердить теорию расширения и открыть путь к экзотической физике ранней Вселенной. Прогресс на этом пути обеспечивают наземные телескопы, суборбитальные аппараты и недавно запущенный спутник «Планк». Если ожидаемые соотношения удастся обнаружить, то к их серьезному изучению приступят после 2020 года.

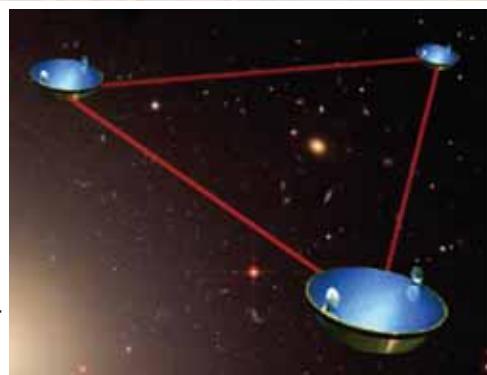
Наземные гиганты астрономии

Крупные наземные проекты открывает приоритетный проект многоцелевой обсерватории — обзорного 8,4-метрового телескопа (Large Synoptic Survey Telescope, LSST), который построят в Чили. Он будет исследовать природу темной энергии и материи, а также сконцентрируется на динамике Вселенной. Каждые три дня изображение всего звездного неба будет записываться вновь и вновь. Телескоп станет уникальным прибором, который создаст общедоступную базу небесных данных размером в сто миллиардов мегабайт. Напомним, что ранее аналогичную работу начал 2,5-метровый телескоп, расположенный в штате Нью-Мексико. Этот Слоановский (назван в честь Фонда Альфреда Слоана, финансировавшего операцию) цифровой обзор неба, третья фаза которого продолжится до 2014 года, уже картировал миллионы звезд и дал астрономам много бесценной информации. Качественный скачок техники за прошедшее время позволит при новом обзоре узнать много нового. Международная обсерватория LSST стоимостью около полумиллиарда долларов сможет пролить свет на многие научные вопросы, поставленные планом. Поэтому рекомендовано проект начать немедленно, чтобы телескоп получил первое изображение еще до конца десятилетия.

Другая наземная программа — гигантский 30-метровый адаптивный телескоп с сегментными зеркалами для оптической и инфракрасной астрономии (Giant Segmented Mirror Telescope, GSMT). Его область обзора на порядок выше, чем у существующих аналогов, а чувствительность в ИК-диапазоне лучше в 80 раз. Этот телескоп, в частности, поможет как изучению эволюции галактик, так и обнаружению планетных систем. На данный момент существуют два таких проекта. Это Гигантский Магелланов телескоп (Giant Magellan Telescope) и Тридцатиметровый телескоп (Thirty Meter Telescope), предлагаемые разными международными группами частных разра-



Chris Henze, NASA

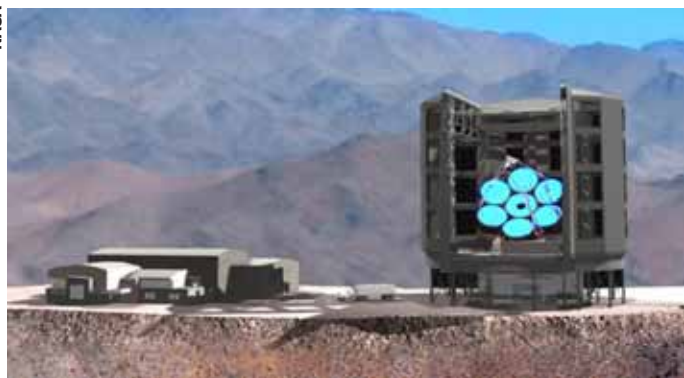


Так физики представляют себе гравитационные волны от слияния двух черных дыр (вверху) и орбитальную антенну LISA для их обнаружения

NASA

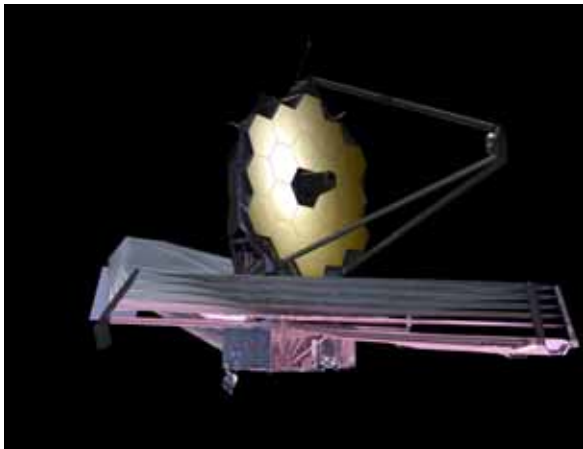


TMT Observatory Corporation



Todd Mason/Mason Productions

Возможно, так будут выглядеть гигантские телескопы, которые американцы построят в пустыне Атакама. Вверху — Тридцатиметровый телескоп, внизу — Магелланов телескоп



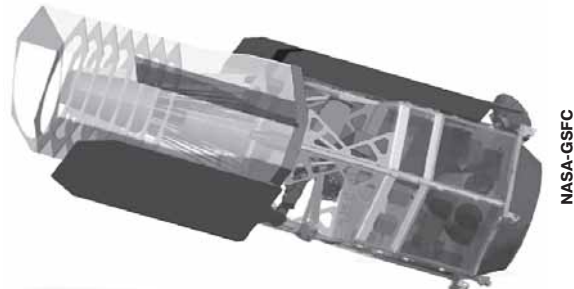
NASA

Телескоп Дж. Уэбба

ботчиков. В ближайшее время США выберут проект, в котором стоит профинансировать из госбюджета четверть затрат.

Последний из крупных — проект атмосферного телескопа на эффекте Вавилова — Черенкова (Atmospheric Cerenkov Telescope Array, АСТА) — может быть реализован в ближайшие десять лет. Он станет изучать свет, возбуждаемый при прохождении гамма-квантов через атмосферу, и даст на порядок более высокое разрешение, чем другие современные телескопы. Новая обсерватория будет изучать разнообразнейшие источники высокой энергии, а также искать косвенные подтверждения процессов аннигиляции темной материи.

Единственный наземный проект среднего уровня финансирования представлен 25-метровым телескопом с широким полем обзора (Cerro Chajnantor Atacama Telescope, CCAT). Его тоже построят в Чили как дополнение к работающему рядом микроволновому телескопу ALMA. Новый телескоп предназначен для изучения галактик, звезд, планет и межзвездного газа, а также внешних объектов Солнечной системы. Телескоп, работая в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах, будет давать обзорные изображения, в частности, областей, окруженных космической пылью. Запуск в эксплуатацию планируется в 2010 году.



NASA-GSFC

Телескоп WFIRST



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Место неожиданному

Мы излагаем положения плана так, как это сделано авторами. Их трактовка может вызвать вопросы у серьезного исследователя. Это и мнение о том, что черные дыры действительно могут существовать, в чем сомневаются многие ученые. (Впрочем, план обозначает этим термином скорее очень массивные объекты Вселенной, чем тела со свойствами, приписываемыми теоретиками черным дырам.) Это и абсолютная уверенность в гравитационных волнах, и даже обсуждение их спектра, хотя такие объекты еще не обнаружены и едва ли будут обнаружены в скором времени.

Однако вспомним о целях и адресате плана. Он предназначен для политиков, принимающих решения о выделении денег. Видимо, поэтому составители жертвуют научной строгостью изложения в пользу образности и особо подчеркивают приоритет США. Несмотря на сложную экономическую ситуацию, в сжатые сроки планируется ввести в строй грандиозные новые приборы и выполнить много исследований. Поэтому план, львиную долю которого составляет экспериментальная деятельность, наверняка приведет к существенным научным достижениям вне зависимости от начальных теоретических представлений. Авторы особо отмечают, что астрономия — это ориентированная на открытия наука, поэтому строгий план оставляет достаточно места для неожиданного.