Выполнить конспект **Тема: Экзопланета**

Экзоплане́той принято называть космическое тело, которое «обитает» вне Солнечной системы и, соответственно, обращается вокруг другой звезды. Такие объекты, как правило, достаточно тусклы и имеют относительно малые габариты. Именно поэтому обнаружить их удалось недавно - в 1980 году с помощью усовершенствованных технических приборов и методов. Ученые и по сей день продолжают изучение экзопланет в отдаленных звездных системах.

Сегодня науке известно о существовании 1821 подобных объектов, 1135 из которых относятся к планетным системам. Необходимо отметить, что число объектов, подходящих под параметры экзопланеты, намного больше. После окончания миссии «Кеплер» ученые насчитали только 2750 таких тел. Но для того, чтобы удостовериться, что данные объекты относятся именно к экзопланетам, нужны дополнительные исследования с задействованием наземных машин.

Число экзопланет, находящихся в нашей галактике, может достигать 100 млрд, из которых 5-20% могут оказаться подобны Земле. Также известно, что около трети всех солцеподобных звезд имеют уже сформированные землеподобные объекты.

Следует отметить, что большая часть известных экзопланет были открыты не при помощи визуального наблюдения, а благодаря применению различных методик детектирования. Пока подавляющее количество открытых планет относятся к газовым гигантам. Но ученые убеждены, что говорить о том, что во Млечном Пути преимущественно преобладают объекты, схожие с Юпитером, еще слишком рано. И этому существует простое объяснение: недостаток эффективных методов исследования. Ведь заметить массивный короткопериодичный объект намного легче, чем тело, обладающее меньшими размерами.

**История открытий**

По общепринятому мнению, первым, кто заявил о возможности нахождения планет в других звездных системах, стал капитан Джейкоб - астроном Мадрасской обсерватории, еще в середине 19 века. Уже в те времена существовала версия о том, что в бинарной системе 70 Змееносца «обитает» планета.
В конце этого же столетия американский ученый Томас Д.Д. Си в той же системе обнаружил движущееся тусклое тело. Тогда даже удалось вычислить период его обращения - 36 лет. Но новые расчеты, произведенные Ф.Р. Мультоном, опровергли убеждения Си. Сегодня ученые также ставят под сомнение нахождения планетных тел в зоне системы 70 Змееносца.

При первых попытках поиска планет, входящих в отдаленные звездные системы, использовались данные о положении ближайших светил. В 1916 году Эдуарду Барнарду удалось вычислить некую «красную звездочку», перемещавшуюся по небосводу с большей скоростью, чем другие светила. Данный объект был наречен «Летящая звезда Барнарда».

В действительности она и оказалась самой приближенной к Солнцу светилом. Её масса почти в 7 раз меньше нашей звезды. Ученые предположили, что, если в её системе всё же находятся планеты, это непременно должно было бы оказывать на «красную звездочку» ощутимое влияние. В середине 20 века Питером Ван де Кампом было заявлено об открытии объекта, подобного Юпитеру. Но всего через десяток лет Дж. Гейвудом было доказано, что звезда Барнарда передвигается без каких-либо замедлений или колебаний. Это означало, что вероятность нахождения около нее крупногабаритных тел практически нулевая.

В конце 80-х 20 века ученые во всем мире стали измерять скорости движения ближайших к Солнцу звёзд, производя отдельный поиск экзопланет, задействовав при этом усовершенствованные спектрометры.

Одно из первых серьезных открытий внесолнечной планеты принадлежит канадским ученым Б. Кэмпбеллу, С. Янгу и Г. Уолкеру. Тогда, в 1988 году, исследователи выявили планету, находящуюся под «покровительством» субгиганта Гамма Цефея А. Но правдивость находки подтвердили только к 2002 году.

Сразу после этого открытия ученые сумели «увидеть» сверхмассивную планету вблизи звезды HD 114762 A. Также, как в первом случае, статус планеты объект приобрел намного позже - лишь к 1999 году.

Впервые экзопланеты обнаружили вблизи нейтронного гиганта PSR 1257+12. Автором этого открытия стал Александр Вольшчан. Данные объекты причислили к категории «вторичных», ввиду того, что звездная система, к которой они принадлежат, сформировалась вследствие взрыва сверхновой.

В 1995 году французскими учеными - Мишелем Майором и Дидье Кело, были зафиксированы колебания, исходящие из области 51 Пегаса. Данные покачивания тела были взяты во внимание в ходе работы с мощным сверхточным спектрометром. Оказалось, что причиной этих покачиваний является обращающаяся в зоне звезды планета, напоминающая Юпитер, которая также находится на относительно близкой дистанции от своего «солнца». В кругу ученых-астрономов такие объекты называют «горячими юпитерами».

Чуть позже, применяя метод Доплера, заключающийся в произведении замеров звездной лучевой скорости, было открыто более 100 экзопланет.

В середине 2004 года в звездной системе μ Жертвенника впервые была замечена планета - горячий нептун. Выяснилось, что полный оборот вокруг своего светила данный объект совершает за 9,5 суток, и находится от него на 0,09 а.е. Средняя температура на поверхности планеты равна +626 °C. Размеры горячего нептуна в 14 раз превосходят габариты Земли.

Первую планету, подобную нашей, выявили в области солцеподобной звезды Глизе 876 . Масса найденного объекта превосходила массу Земли почти в 14 раз.
В 2004 году ученым впервые удалось получить снимок объекта, претендующего на звание экзопланты, которая обитала в системе коричневого карлика 2M1207.

В 2008 году ученые сумели получить фото-снимок единой планетной системы, где было изображено сразу 3 объекта, находящихся под «покровительством» HR 8799, которая принадлежит к крупному созвездию Пегаса. Данная планетная система является первой, которую удалось обнаружить вблизи горячей белой звезды.
В этом же году астрономам посчастливилось «поймать» планету Фомальгаут b, движущуюся вокруг светила Фомальгаут.
В 2011 году, анализируя снимки телескопа Кеплер, ученые обнаружили суперземлю, находящуюся в области Kepler-22 b.

Спустя несколько дней вблизи звезды Кеплер-20 астрономы впервые зафиксировали экзопланеты с габаритами, идентичными Земле.

В начале 2012 года американские астрофизики обнаружили еще одну экзопланету - GJ 1214 b с водой на поверхности, и периодом обращения 38 часов вокруг своей оси. По подсчетам ученых, температура вещества в верхних слоях «находки» составляет около 230 °C.

**Методы и инструменты изучения экзопланет**

***Астрономические спутники***

* COROT (ЕКА - специальная машина, ведущая наблюдения с орбиты Земли. Ее работа основывается на изучении кривых блеска множества светил в тот момент, когда перед ними проходят иные объекты - планеты. Эта машина была запущена 8 лет назад. Ученые надеялись благодаря ей совершить интригующие открытия - найти суперземли. В итоге к 2010 году в ходе осуществления миссии COROT было открыто 7 экзопланет и 1 звезда, относящаяся к коричневым карликам.
* «Кеплер» (НАСА) - внеземная машина с системой Шмидта, способная одновременно вести наблюдения за 100 тыс. звезд. Она была запущена в 2009 году. Во время работы с устройством ученые надеялись зафиксировать 600 новых планет, размеры которых превышают земные в 2-2,2 раза. Планируемый срок работы «Кеплера» изначально ограничивался 3,5 годами. Затем ученые решили продлить его пребывание к космосе до 2016 года. Но уже в 2013 году основные системы машины пришли в негодность. Известно, что к 2012 году ему удалось открыть 132 экзопленеты, а также выявить около 2750 серьезных кандидатов в планеты, находящихся вблизи удаленных светил.

***Наземные обсерватории***

***Ведущие исследования, произведенные транзитным методом***

* SuperWASP - одна из наилучших наземных машин, которая помогла обнаружить порядка 70 экзопланет, используя транзитный метод наблюдения. В систему SuperWASP включено 2 обсерватории.
* Проект HATNet - система, состоящая из 6 так называемых «автоматов» - телескопов с достаточно широким полем охвата, расположенных в Аризонской и Гавайской обсерваториях. С помощью этих машин стало известно еще о 33 экзопланетах.

***Передовые наблюдения при помощи лучевых скоростей (доплеровские)***

* HARPS - спектрограф, прикрепленный к одной из машин Чилийской обсерватории, наблюдения которой основываются на методе лучевых скоростей.
* Обсерватория Кека - крупная обсерватория, состоящая их пары мощнейших зеркальных телескопов. Диаметр каждого из трех зеркал устройства достигает 10 метров.

***Другие запланированные миссии:***

* Gaia - новая космическая обсерватория. Главная цель ее запуска - создание 3D карты Млечного пути. Также с помощью Gaia ученые надеются обнаружить еще примерно 10 тыс. экзопланет.

***Проекты в работе:***

* TESS - находится в стадии разработки. Проект будет реализован к 2017 году.
* EChO - ведется теоретическая проработка всех деталей проекта. При «согласии» ЕКА запуск планируется на 2022 год.
* ATLAST - ведется усиленная работа над проектом. Запуск ожидают только после 2025 года.

Помимо скорой реализации космических миссий, ученые также планируют заняться совершенствованием наземных инструментов. Например, на корпус строящегося Европейского чрезвычайно большого телескопа будет «посажен» прибор, который даст возможность изучать атмосферу экзопланет.

**Наиболее распространенные методы обнаружения экзопланет в нашей Галактике**

1. ***Метод Доплера*** - один из самых популярных методов, суть которого заключается в расчете радиальной скорости светила. Благодаря данному способу также могут фиксироваться планеты величиной, превосходящей в несколько раз величину нашей планеты. Наблюдаемые планеты-гиганты обычно располагаются относительно близко к своему светилу. Обращаясь вокруг звезды, они раскачивают ее. Именно такие изменения в смещении спектра звезды и можно обнаружить при помощи метода Доплера. Также он позволяет производить точный расчет амплитуды колебаний скорости непосредственно для пары - «звезда-планета», массу наблюдаемого объекта, эксцентриситет и период обращения. С активным использованием данного метода в поиске и обнаружении тел такого типа, ученые смогли зарегистрировать более 600 новых планет.

2. ***Транзитный метод*** заключается в определении момента, когда планета будет пересекать диск звезды. Первым признаком того, что какое-либо тело проходит через диск светила, является ослабление ее светимости. Для определения размеров и плотности планет, транзитный метод исследования как правило сочетают с методом Доплера. Следует отметить, что данным способом возможно зафиксировать лишь те объекты, обриты которых принадлежат к одной плоскости, что и точка наблюдения. Благодаря транзитному методу удалось открыть около 185 планет.

3. ***Метод гравитационного микролинзирования***. Он заключается в выборе третьего объекта - звезды, выступающей в качестве линзы, которая будет фокусировать своим гравитационным полем свечение того светила и ее системы. Если вокруг «линзы» обращаются планеты, то об этом будет свидетельствовать появившаяся асимметричная кривая блеска и, вероятно, будет замечено отсутствие ахроматичности. Нужно отметить, что в применении на практике данный метод имеет достаточно ограничений. Таким способом было обнаружено только 13 планет.

4 ***Астронометрический метод***. Его суть - отслеживание изменений собственного движения светила под воздействием гравитации планеты. Прибегая к этому методу исследования, ученые смогли установить более точные массы многих экзопленет. Например, Эпсилона Эридана b.

5. ***Радионаблюдение пульсаров***. В случае, если в их системах существуют планеты, то это достаточно просто распознать по излучаемому сигналу. Он будет носить осциллирующий характер. Потоки излучения огромной мощности будут образовывать в пространстве конические поверхности. И, если на одной из них окажется, к примеру, Земля, то ее излучение будет немедленно зарегистрировано. С применением данного метода было найдено еще 5 планет.

6 ***Прямое наблюдение***. Данный метод заключается в получении прямых изображений экзопланет, подавляя яркость светила. Данный способ наиболее эффективен при наблюдениях за горячими и удаленными от своих звезд планетами.

В ближайшем будущем телескоп Джеймса Вебба сможет напрямую "выходить" на экзопланеты и подробно изучать их атмосферы.

**Номенклатура**

Название экзопланеты состоит из двух частей. Первая часть - это название звезды, к системе которой она принадлежит. Вторая часть названия - латинская строчная буква. Самая первая открытая планета, «закрепленная» за той или иной звездной системой, будет называться планетой «b», следующая - «с», затем «d». Буква «а» в наименованиях планет не фигурирует, так как этот символ подразумевает само светило. Необходимо сделать акцент на то, что названия планетам даются не по мере их приближенности к звезде. То есть, объект «с» может находиться на меньшем расстоянии от центра системы, нежели объект «b».

В названиях экзопланет также существуют и исключения. Еще до обнаружения звездной системы 51 Пегаса, названия экзопланет звучали по-другому. Одним из первых объектов, обнаруженных вблизи пульсара PSR 1257+12 были даны названия с прописными буквами. Например, PSR 1257+12 B. Более того, сразу после нахождения новой планеты, расположенной на меньшей дистанции от звезды, ей давалось название PSR 1257+12 A вместо D.

Вскоре все старые названия были изменены на новые, которые соответствуют более поздним правилам наименования.

Не секрет, что многие экзопланеты также имеют свои «прозвища». Например у планеты 51 Пегаса b существует второе имя - «Беллерофонт». По мнению ученых присваивание экзопланетам личных имен считается неэффективным.

**Свойства экзопланет**

Планеты существует примерно у 10% светил. Их количество также растет с обнаружением новых, более эффективных способов их исследования и совершенствованием техники.

Первые открытые планеты принадлежали к виду планет-гигантов. Это связано с тем, что в прошлом объекты меньших габаритов обнаружить было гораздо труднее, нежели сегодня. В наше время современная техника позволяет фиксировать тела, схожие по массовым показателям с Нептуном. Около 200 экзопланет, обнаруженных в ходе работы телескопа Кеплер, имеют примерно такую же массу , что и Земля, а размеры 680 таких объектов схожи с размерами суперземель. Планет с массовыми показателями, как у Нептуна на данный момент насчитывается более 1000, а юпитерских более 200.

Ученые отмечают выраженную зависимость наличия планет-гигантов в системе от процентного соотношения тяжелых металлов в составе звезды. Системы, включающие в себя планеты данной группы, чаще всего относятся к системам со звездами солнечного типа. У Красных карликов количество таких планет намного меньше. Недавние наблюдения, проводимые с задействованием метода гравитационного микролинзирования, указывают на то, что в известных на сегодняшний день системах преобладают планеты массой, подобной Урану и Нептуну.

Ученым удалось вычислить диаметр большинства обнаруженных планет, что позволило рассчитать их плотность, и положило начало новых теорий, связанных с наличием массивных ядер, которые состоят из тяжелых металлов. Тристану Гийо в сотрудничестве с европейской группой ученых удалось установить, что при сопоставлении плотности объектов с процентным содержанием тяжелых элементов в их звездах, существует определенная закономерность. Планеты, рождающиеся в звездных системах, подобных Солнцу, преимущественно имеют некрупные ядра, чего нельзя сказать об объектах, сформировавшихся у звезд с наибольшей концентрацией металлов.

Ученые выяснили, что у экзопланет с внутренним содержанием, состоящим из нескольких слоев ( ядра, коры и мантии) имеется способность высвобождать тепло, которое могло бы активно участвовать в создании и сохранении оптимальных условий для существования на них живых существ.

Планета, которая по большинству параметров схожа с Землей, была обнаружена в 2009 году. Температура поверхности Глизе 581 c находится в диапазоне от 0 до 40 °C. Данный факт дает возможность предположить, что здесь может находиться вода, или даже существует жизнь.

**Некоторые планетные системы**

***Ипсилон Андромеды d*** - планета, относящаяся к категории газовых гигантов, содержащих водный пар - облака. Одной из самых популярных тем, связанных с экзопланеторологией, является вопрос о реальном существовании у гигантских газовых планет больших спутников. До настоящего времени ученым не удалось обнаружить ни один объект, походящий на «луну» экзопланеты-гиганта.
***51 Пегаса*** - звезда подобная Солнцу - первое обнаруженное светило, в системе которой ученые нашли экзопланету.

***υАндромеды*** - одна из первых звезд, в области которой удалось обнаружить сразу несколько экзопланет

***Тау Кита*** - самая близкая с Солнцу звезда, где было зафиксировано вращение сразу пяти планет, но это открытие пока ожидает подтверждения.

***εЭридана*** - одно из самых близких от Солнца звезд, которую также можно увидеть невооруженным глазом.

***55 Рака*** - здесь было открыто 5 планет. Одну из них астрономы определили, как горячую суперземлю, которая оказалась в 2 раза больше Земного шара.
***γЦефея*** - одна из первых бинарных звездных структур, где была найдена экзопланета.

***Gliese876*** относится к виду светил, именуемых красными карликами. Оно стало первым из звезд такого типа, где было найдено несколько планет.

***HD209458*** - звезда, в области которой обращается одна из интереснейших космических «находок» ученых - «испаряющаяся планета» HD 209458 b.

***KOI-961, KOI-961 d и KOI-961 b*** - планеты, обитающие вблизи звезды KOI-961, относящейся к красным карликам. Размер радиусов "находок" также приближен к размерам радуса Земли.
***OGLE-235/MOA-53*** - экзопланета, впервые найденная в ходе испытания метода гравитационного линзирования.

***μЖертвенника***. Оказалось, что в данной системе содержится одна из самых «легких» экзопланет, предположительно относящихся к телам земной группы.
***PSR1257+12*** - пульсар , в котором существует уникальная система планет, впервые найденная за пределами нашей звездной системы. Примерная масса одного из ее объектов равен 0,025 от общей массы Земли.

***HD188753*** - еще один уникальный космический "комплекс", состоящий из трех звезд. Большой неожиданностью для ученых стало обнаружение в этой области планеты ***HD188753Ab***

***HD189733*** - звездная система, где обитает планета ***HD189733b***.- первая в истории астрономии экзопланета, к которой ученые сделали карту температур.

***HD85512b, Глизе 581 c, Kepler-22 b, Глизе 581 d*** - уникальные экзопланеты вне Солнечной системы, которые по многим параметрам схожи с Землей.

***WASP-17 b*** - планета, вращающаяся в противоположную сторону вращения своего светила.

***Глизе 581 g*** - планета, на которой, вероятно, существует вода в жидком виде.

***COROT-7 b*** - одна из первых выявленных суперземель, зафиксированных при использовании транзитного метода. Ее размеры превосходят земные примерно в 1,5 раза.

***OGLE-TR-56*** - звезда, обнаруженная учеными, применявшими транзитный метод.

***HD10180*** - звезда, вблизи которой удалось зафиксировать группу с наибольшим количеством планет. На сегодня их насчитывается 9.

***Kepler-10 b*** - самая плотная планета (8,8 г/см³).

***Kepler-11*** - светило, входящее в созвездие Лебедя, где также обнаружили 6 планет.

***WASP-19 b*** - планета с периодом обращения 19 часов вокруг своей оси, что соответствует около 0, 788 нашим суткам.

***GJ1214b*** - единственная известная нам планета-океан.

***KOI-961 d***- одна из самых мелкогабаритных удаленных планет

***WASP-33 b*** - самая нагретая экзопланета. Ее температура составляет 3200 °C.

***GJ1214b*** и ***WASP-43 b*** - обладатели самых «сжатых» орбит.***GJ1214b*** - среди планет земной группы, а ***WASP-43 b*** - среди раскаленных юпитеров.

***KIC6185331b*** и ***KIC10905746b*** - первые планеты, открытые не профессионалами, а «любителями».

***Kepler-20 f*** и ***Kepler-20 e*** - одни из известных экзопланет, размеры которых очень близки к размерам Земли.

***KOI-961***, ***KOI-961 d*** и ***KOI-961 b*** - планеты, обращающиеся вблизи звезды ***KOI-961***, относящейся к красным карликам. Размер их радиусов также приближен к размерам радиуса Земли.

 ***HD37605c*** - впервые обнаруженный в 2012 году так называемый «холодный юпитер».

***47 Большой Медведицы*** - звезда, содержащая 3 холодных юпитера - и ***47 Большой Медведицы d***, ***47 Большой Медведицы c*** и ***47 Большой Медведицы b***

***GD66b*** - первая газовая планета, состоящая по большей части из гелия.

***WASP-12 b*** - планета, в области которой, вероятно, имеется экзолуна.

***HIP11952c*** и ***HIP11952b*** - планеты, найдены в системе ***HIP11952***. Они считаются самыми старыми. Их возраст составляет примерно 12,8 млрд лет.

***Альфа Центавра Bb*** - пожалуй, самая близкая к нам экзопланета.

***GU Рыбы b*** - планета, которая "держится" на рекордной дистанции от своей звезды (300 млрд км)

**Последствия обнаружения экзопланет**

Обнаружение новых экзопланет стало настоящим прорывом в астрономии. Данные открытия помогли сделать ученым важные выводы. Например, констатировать факт о том, что планетные системы - одно их самых распространенных систем в космосе.

К сожалению, на сегодняшний день еще не существует общепризнанной теории об образование планет. Но, получив определенную статистику, в скором будущем по этой теме должны прояснится новые важные детали.

Выяснилось, что большинство звездных систем, содержащих планеты, сильно отличаются от нашей. Ученые объясняют это селективностью применяемых способов исследования. Ведь намного проще обнаружить короткопериодичные крупные планеты, чем более мелкие, подобные Земле. Выявление планет подобных нашей сегодня можно осуществлять исключительно транзитным методом.