



Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
классическая гимназия №1 им. В. Г. Белинского, г. Пенза

II РЕГИОНАЛЬНЫЙ ФЕСТИВАЛЬ ТВОРЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ И ИНИЦИАТИВ  
«ЛЕОНАРДО»

Название секции «Физическая» исследовательская работа

# Экзопланеты

Автор: Кузовлев Антон, 5кл  
Руководитель: Жидкова Раиса Александровна,  
пед. д./о., категория высшая

Пенза, 2022г.

## Содержание

|   |         |
|---|---------|
| I. Введение.....                          | стр.3   |
| II. Основная часть                        |         |
| 2.1 История открытий экзопланет.....      | стр.4   |
| 2.2 Методы поиска экзопланет.....         | стр.6   |
| 2.3 Название экзопланет.....              | стр.8   |
| 2.4 Свойства экзопланет.....              | стр.9   |
| 2.5 Некоторые планетные системы.....      | стр.10  |
| 2.6. Последствия открытия экзопланет..... | стр.12  |
| 3.Наше исследование.....                  | стр.13  |
| III. Выводы.....                          | стр.13  |
| Источники.....                            | стр.14  |
| Приложения.....                           | стр. 15 |

## **Введение**

Известно, что Космос таит в себе множество загадок. Есть вещи, которые находятся за пределами нашего понимания, всегда будут тайны, которые предстоит разгадать. В 1992 году астрономы сообщили о первом объекте размером с планету, обнаруженным около пульсара PSR1257+12, который находится на расстоянии 2000 световых лет от нас. Три года спустя, пришло известие о первой экзопланете, похожей на Юпитер. Экзопланета, получившая название «Димидий», была обнаружена у солнцеподобной звезды 51 Pegasi, которая находится на расстоянии всего 50 световых лет от Земли. С тех пор скорость обнаружения экзопланет начала быстро расти. **Актуальность исследования** в том, что многие из экзопланет очень отличаются от тех, которые вращаются вокруг нашего Солнца. Нас заинтересовало, нет ли похожих на Землю, возможно ли там существование жизни?

**Цель исследования:** изучив источники по теме, подготовить сообщение для классного часа с презентацией.

### **Задачи:**

1. Изучить источники по теме.
2. Провести анкетирование.
3. Отобрать материал для презентации и текста.
4. Обобщить собранный материал и сделать выводы.
5. Изготовить модель экзопланеты своими руками.
6. Сделать выводы и заключение.

**Методы:** анкетирование, наблюдение, эксперимент, анализ собранного материала.

**Объект исследования:** экзопланеты.

**Предмет исследования:** возможность существования жизни на них.

**Новизна исследования в том,** что мы впервые обратились к этой теме.

**Практическая значимость в том,** что материал можно использовать на классных часах, уроках астрономии.

**Обзор источников:** мы опирались на многие источники (в основном на статьи из журналов, но больше всего информации брали из Интернет - источников).

## Основная часть.

### 2.1. История открытий.

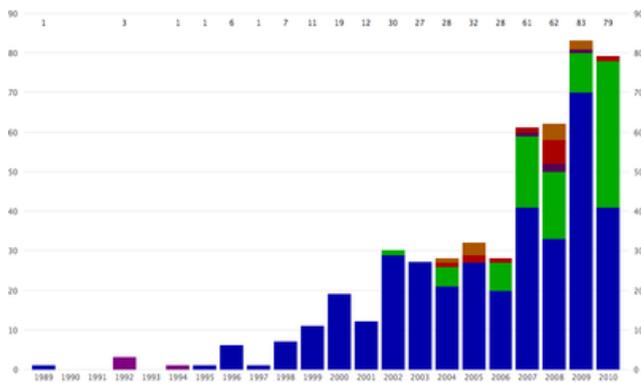
Долгое время задача обнаружения планет возле других звёзд была неразрешимой, первые экзопланеты были обнаружены в конце 1980-х годов [1]. Такие планеты стали открывать благодаря усовершенствованным научным методам. Так по проекту «Кеплер» открыто более 1200 экзопланет с надёжностью 99 % [3]. Общее количество экзопланет в галактике Млечный Путь оценивается предположительно в 50 миллиардов [4] из которых около 2 миллиардов возможно являются «землеподобными» [5]. Большинство известных экзопланет — газовые гиганты и более походят на Юпитер, чем на Землю. Сложность этой задачи очевидна, потому что даже если посмотреть на звезды в самый мощный телескоп, то они покажутся не более чем точками света. Отсутствие свечения и небольшой размер сами по себе затрудняют их обнаружение с Земли. Астрономы искали некоторые из этих эффектов с начала 20-го века, но только за последние десятилетия инструменты стали достаточно чувствительными, чтобы наконец-то их обнаружить. Впервые внесолнечная планета была найдена канадцами Б. Кэмпбеллом, Г. Уолкером и С. Янгом в 1988 году у оранжевого гиганта *Гамма Цфея А*, но подтверждена лишь в 2002 году. В 1989 году сверхмассивная планета была найдена Д. Латамом около звезды HD 114762. Однако её планетный статус был подтверждён только в 1999 году. Первые попытки найти планеты вне солнечной системы были связаны с наблюдениями за положением близких звёзд. В конце 1980-х годов многие группы астрономов начали систематическое измерение скоростей ближайших к Солнцу звёзд, ведя специальный поиск экзопланет с помощью высокоточных спектрометров. Первые экзопланеты были зарегистрированы у нейтронной звезды PSR 1257+12, их открыл астроном Александр

Вольшчан [6] в 1991 году. Эти планеты были признаны вторичными, возникшими уже после взрыва сверхновой. В 1995 году астрономы с помощью сверхточного спектрометра обнаружили покачивание звезды 51 Пегаса с периодом 4,23 сут. Планета, вызывающая покачивания, напоминает Юпитер, но находящийся в непосредственной близости от светила. В среде астрономов планеты этого типа так и называют «горячие юпитеры». Понятно, что старания исследователей были направлены на поиск планет, подобных Земле. И вот в августе 2004 года была обнаружена первая такая планета, в системе звезды  $\mu$  Жертвенника. Планета делает оборот вокруг светила за 9,55 суток, расстояние до звезды 0,09 а. е., температура на поверхности порядка  $+626^{\circ}\text{C}$ . Масса её оценивается приблизительно в 14 масс Земли. В 2004 году было получено первое изображение объекта-кандидата в экзопланету 2M1207. 13 ноября 2008 года впервые удалось получить изображение сразу целой планетной системы — снимок трёх планет, обращающихся вокруг звезды HR 8799 в созвездии Пегаса. Это первая планетная система, открытая у горячей белой звезды.

## **2.2. Методы поиска экзопланет.**

1. Метод Доплера, также известный как доплеровская спектроскопия, является наиболее успешным методом обнаружения экзопланет. Колебания звезды могут быть обнаружены благодаря смещению ее спектра. Когда звезда движется к Земле, ее свет смещается в сторону синей части спектра (синее смещение), а когда звезда движется от Земли, ее свет отклоняется к красной части спектра (красное смещение). Это называется эффектом Доплера. Стоит отметить, что доплеровская спектроскопия позволяет обнаружить только небольшую часть существующих экзопланет. Например, крупные планеты, расположенные в непосредственной близости от звезды, а также планеты-гиганты.

2. Самый плодовитый – транзитный, или метод транзитной фотометрии. Дело в том, что у каждой звезды есть такой показатель, как светимость. Грубо говоря, светимость – это весь свет, излучаемый звездой в единицу времени. Но если между телескопом наблюдателя и звездой проходит какое-то небесное тело, то на момент прохождения светимость падает. И если этот процесс повторяется периодически, то значит - вокруг звезды вращается планета. У этого способа есть плюсы и минусы. Главный плюс – возможность определения размеров экзопланеты. Минус – чтобы с точностью определить наличие планеты с большим периодом обращения, например, как Юпитер (12 лет), придется наблюдать за звездой очень долго.



Количество экзопланет открытых разными способами:

- Радионаблюдение пульсаров
- Метод радиальных скоростей
- Транзитный метод
- Метод синхронизации
- Визуальное наблюдение
- Гравитационное линзирование
- Астрометрический метод

3. COROT (ЕКА) — специализированный 30-сантиметровый орбитальный космический телескоп, снимающий кривые блеска многих звёзд в момент прохождения перед ними планет. Запущен 27 декабря 2006 года. К марту 2010 года COROT открыл семь экзопланет.

4. «Кеплер» (НАСА) — космический телескоп системы Шмидта с диаметром зеркала 0,95 м, способный одновременно отслеживать 100 тыс. звёзд. Запущен 7 марта 2009 года. Планируется обнаружить около 50 планет, размерами как Земля, и порядка 600 планет, в 2,2 раза превосходящих Землю по размеру. «Кеплер» будет обращаться вокруг Солнца по орбите радиусом в одну астрономическую единицу. Расчётный срок эксплуатации 3,5 года.

5. Радионаблюдение пульсаров. Если вокруг пульсара вращаются планеты, то излучаемый сигнал имеет осциллирующий характер. Мощные направленные пучки излучения образуют в пространстве конические поверхности. Если на такой поверхности окажется Земля, тогда возможно зарегистрировать данное излучение. На март 2010 года у двух пульсаров найдено пять планет (3+2).

### 2.3. Названия экзопланет.

Открытым экзопланетам в настоящее время присваиваются названия, состоящие из названия звезды, около которой обращается планета, и дополнительной строчной буквы латинского алфавита, начиная с буквы «b» (например: 51 Пегаса b). Следующей планете присваивается буква «c», потом «d» и так далее по алфавиту. При этом буква «a» в названии не используется, так как такое название подразумевало бы собственно саму звезду. Кроме того, следует обратить внимание на то, что планетам присваиваются названия в порядке их открытия, а не по мере удаления от звезды обращения. То есть, планета «c» может быть ближе к звезде, чем планета «b», просто открыта она была позднее (как, например, в системе Глизе 876). В названиях экзопланет существовало *исключение*. Дело в том, что до открытия системы 51 Пегаса в 1995 году экзопланеты называли иначе. Первые обнаруженные экзопланеты у пульсара PSR 1257+12 были названы прописными буквами PSR 1257+12 **B** и PSR 1257+12 **C**. Кроме того, после обнаружения новой, более близкой к звезде планеты, она была названа PSR 1257+12 **A**, а не **D**. Впоследствии эти планеты были переименованы во избежание путаницы в соответствии с современной системой именования экзопланет. Некоторые экзопланеты имеют дополнительные неофициальные «*прозвища*» (как, например, 51 Пегаса b неофициально названа «Беллерофонт»). Однако в научном сообществе в настоящее время присвоение официальных личных имён планетам считается непрактичным и соответственно не практикуется.

## 2.4. Свойства экзопланет.

Экзопланета - внесолнечная планета - планета, обращающаяся вокруг звезды за пределами Солнечной системы. Сами звезды находятся далеко от Солнца, планеты очень малы по сравнению со звездами. Примеры таких планет: Планета-океан в значительной части состоящая из воды; Железная планета, Углеродная планета. Планеты обнаружены приблизительно у 10 % звезд, включенных в программы поисков. Их доля растёт по мере накопления данных и совершенствования техники наблюдения. Большинство открытых экзопланет — это планеты-гиганты (так как планеты других типов обнаружить труднее). В последнее время открыто также несколько планет с массами порядка массы Нептуна. Эти открытия, говорят о широкой распространённости систем с планетами средней массы типа Урана и Нептуна вместо газовых гигантов. Это в первую очередь относится к звездам с низким содержанием металлов. Европейские астрономы под руководством Тристана Гийо из Обсерватории Лазурного берега (Франция), установили, что планеты, сформированные вокруг звезд, которые являются столь же богатыми металлом, как наше Солнце, имеют маленькие ядра, в то время как планеты, звезды которых содержат в два-три раза больше металлов, имеют намного большие ядра. Наиболее близкой по условиям к Земле экзопланетой, известной на 2009 год, является Глизе 581 c, температура на которой, по предварительным оценкам, находится в диапазоне 0—40 °С. Также теоретически на этой планете возможно существуют запасы жидкой воды (что подразумевает возможность существования жизни). Примеры найденных экзопланет представлены в **Приложении №3.**

## 2.5. Некоторые планетные системы.

HD 189733 b — впервые в истории изучения экзопланет была составлена карта температур поверхности для планеты HD 189733 b. Глизе 581 c и Глизе 581 d — из известных в настоящее время экзопланет, они достаточно схожи с Землёй. Глизе 581 e — наименьшая по массе из известных на данный момент (декабрь 2009) экзопланет. COROT-7b — первая суперземля (февраль 2009), обнаруженная транзитным методом, и имеющая размер 1,58 размера Земли. HD 10180 — звезда с максимальным числом открытых планет. На август 2010 года было обнаружено семь планет. Глизе 581 g — планета с высокой вероятностью существования жидкой воды. Kepler-10b — первая железная планета (плотность планеты 8,8 г/см<sup>3</sup>). Kepler-11 — звезда, которая находится в созвездии Лебедя на расстоянии около 613 парсек от нас. Вокруг звезды обращается, как минимум, 6 планет. WASP-19 b — экзопланета с предположительно самым коротким из известных периодом обращения вокруг звезды, равным 0,7888399 земных суток (18,932 часа). На «2-ом месте» WASP-43 b. WASP-33 b — самая горячая экзопланета, из известных. Температура 3200 °C. Некоторые из экзопланет представлены в **Приложении №1**.

Нас интересуют экзопланеты с водой. 55 Рака f представляет собой крупную планету, орбита которой проходит в обитаемой зоне звезды 55 Рака. Её состав неизвестен, но предполагается, что она может быть серным или водным гигантом. Кроме того, если она имеет скалистые луны, то на них может присутствовать жидкая вода. AA Тельца представляет собой молодую звезду, возраст которой составляет менее миллиона лет, вокруг которой имеется протопланетный диск. В протопланетном диске звезды орбитальный инфракрасный телескоп Спитцер обнаружил молекулы, такие как цианид водорода, ацетилен и углекислый газ, а также пары воды.

В случае, если на определённом расстоянии от звезды в протопланетном диске имеются твёрдые объекты, то они могли бы конденсировать воду на своей поверхности. COROT-7b представляет собой экзопланету почти в два раза больше Земли по диаметру, вращающуюся очень близко к своей звезде. В начале 2009 года она была обнаружена космическим телескопом COROT. Температура на поверхности планеты, по расчётам, будет в диапазоне 1000—1500 градусов по Цельсию, но так как состав планеты неизвестен, можно предположить, что поверхность планеты либо представляет собой расплавленную лаву, либо окутана толстым слоем облаков из водяного пара. Планета также может состоять из воды и горных пород в почти равных количествах. В случае, если COROT-7b богата водой, она может быть планетой-океаном. В системе Глизе 581 имеется три планеты, возможно имеющих жидкую воду на своей поверхности: это Глизе 581 c, Глизе 581 d и Глизе 581 g. Глизе 581 c находится в обитаемой зоне и может иметь на своей поверхности жидкую воду. Глизе 581 d выглядит даже лучшим кандидатом на наличие жидкой воды. Орбитальный период, который первоначально оценивался в 83 дня, позже был пересмотрен до 66 дней. В мае 2019 года были опубликованы данные, что планета, возможно, имеет плотную атмосферу, водные океаны и даже следы жизни. Некоторое время Глизе 581 g считалась ещё одним хорошим кандидатом на жидкую воду. Предполагалось, что эта планета в три-четыре раза массивнее Земли, но при этом слишком мала, чтобы быть газовым гигантом. Её орбитальный период был рассчитан в 37 дней, и таким образом, считалось, что она находится в середине обитаемой зоны своей звезды [8]. Мы нашли данные о планетах до декабря 2021 года. Общее количество экзопланет в галактике Млечный Путь оценивается не менее чем в 100 миллиардов, из которых от 5 до 20 миллиардов, возможно, являются «землеподобными».

## 2.6. Последствия открытия экзопланет

Открытие экзопланет позволило астрономам сделать вывод: планетные системы — явление в космосе распространённое. До сих пор нет общепризнанной теории образования планет, но теперь, когда появилась возможность подвести статистику, ситуация в этой области меняется к лучшему. Большинство обнаруженных систем сильно отличается от Солнечной — скорее всего это объясняется применяемыми методами (легче всего обнаружить массивные планеты). В большинстве случаев планеты, подобные Земле, современными методами в таких планетных системах обнаружить пока трудно. Интересно, что у звезды Эпсилон Эридана (которая вместе с Тау Кита и Эпсилон Индейца считается одной из трёх ближайших к Солнцу звёзд, подходящих для существования жизни, также обнаружена планетная система, хотя достоверность этого открытия пока остаётся под вопросом. За последние несколько сот лет открылись многие тайны Вселенной. Но чем дальше мы движемся по пути ее постижения, чем дальше уходим от нашего «незнания», тем более удивительной и таинственной предстает она перед нами. Воистину загадочная Вселенная! Известно, что человек устроен так, что ему очень хочется считать, что он знает все или почти все. К сожалению, этой слабостью грешили и умные, а иногда и мудрые люди, которых принято называть учеными. Каждый из них создавал свою систему мира и считал, что только его система правильная. На самом деле возможности человека в познании окружающего его мира ограничены, причем очень существенно.

### **3. Наше исследование.**

Исследовательская работа проводилась по направлениям:

- а)-анкетирование учащихся; Анкетирование учащихся показало, что школьники почти ничего не знают о экзопланетах, но хотят узнать.б)-изготовление модели экзопланеты из пластилина. См. в **Приложении №4.**

### **Выводы**

Изучив источники по теме, проведя анкетирование, мы делаем выводы, что ребята очень мало знают об экзопланетах, но большинство из них хотели бы узнать о них. Мы подготовили материал для классного часа с презентацией, модель экзопланеты. Мы также поняли, что человек никогда не сможет сказать, что он этот мир познал. Да это и не важно. Важно совсем другое: знать и чувствовать, что ты в этом мире находишься на своем месте, занимаешь свое место и не мешаешь другим. Вселенная живая. Один ученый сказал, что она ему напоминает мысль. Это очень верное сравнение. Что касается Вселенной, то современный этап ее эволюции Ж. Леметр описал так: «Эволюция мира можно сравнить со зрелищем фейерверка, который мы застали в момент, когда он уже кончается: несколько красных угольков, пепел и дым. Стоя на остывшем пепле, мы видим медленно угасающие Солнца и пытаемся воскресить исчезнувшее величие начала миров». Объектом исследования мы выбрали экзопланеты, многое узнали о них, изучив источники. Целью же нашей работы было узнать, возможна ли жизнь на них. Глизе 581 g — планета с высокой вероятностью существования жидкой воды (что подразумевает возможность существования жизни). Всего в списке пригодных для жизни экзопланет, по рейтингу Университета Пуэрто-Рико, 52 планеты. Одна из них – миниземля TRAPPIST – 1d, 21 планета, сопоставимая с Землей. Вариаций экзопланет еще очень много. Но самые большие открытия ждут нас впереди – на Земле уже сейчас подготавливаются международные проекты по созданию

гигантских телескопов и космических обсерваторий, которые будут способны видеть то, что мы не можем обнаружить сейчас. Будем продолжать изучать экзопланеты, познакомим ребят с имеющимся материалом и изготовим модель экзопланеты. Вариаций экзопланет еще очень много. Но самые большие открытия ждут нас впереди – на Земле уже сейчас подготавливаются амбициозные международные проекты по созданию гигантских телескопов и космических обсерваторий, которые будут способны видеть то, что мы не можем обнаружить сейчас.

### **Источники**

1. Беккер, Б. Наша растущая галактика / Б. Беккер, Ф. Рихтер // В мире науки. 2004. N4.
2. Бурба Г. Оазисы экзопланет - [www.vokrugsveta.ru/vs/article/2854/](http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/2854/) // *Вокруг света*. — М.: 2006. — № 9 (2792). — С. 38—45. .
3. Ефремов, Ю. Н. Вглубь Вселенной / Ю. Н. Ефремов. М., УРСС, 2003.
4. Мизун Ю. В., Мизун Ю. Г. Тайны Вселенной. М.: Вече, 2002.
5. Райзен, И. Новый сюрприз Вселенной: темная Энергия / И. Райзен // Наука и жизнь. 2004. N3.
6. Стражев, К тайнам Вселенной / В. И. Стражев. – Минск: РИВШ, 2006. – 160с. – (Серия «Концепция современного естествознания»).
7. Шевченко, М. Ю. Путешествие по Вселенной / М. Ю. Шевченко. М., 2000.
8. Интернет источники : <http://referat-lib.ru/view/referat-astronomy/64/63423.htm>

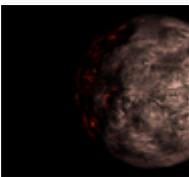
## Приложение №1

Возможные кандидаты в экзопланеты земного типа, находящиеся не дальше чем 50 световых лет от Солнечной системы. Планеты отсортированы в порядке увеличения расстояния от Солнца до соответствующей родительской звезды.

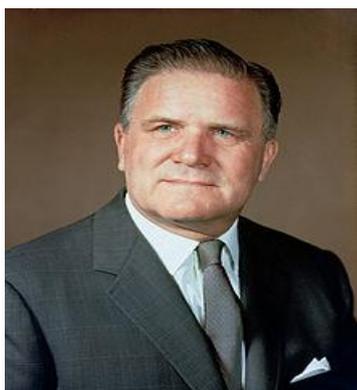
В настоящий момент для большинства планет из этого списка не установлено, действительно ли они относятся к земному типу. Источники в первом столбце подтверждают лишь *возможность* отнесения к этому типу.

В список входит 11 экзопланет.

| Имя   | Изображение (в представлении художника)   | M (M <sub>⊙</sub> ) | R (R <sub>⊙</sub> ) | g    | Температура поверхности | (а. е.) | ε     | ESI  | Жизнепригодность  | Основной источник | Звезда      | Расстояние от Солнца (с.л.) |
|---|---|---------------------|---------------------|------|-------------------------|---------|-------|------|---|-------------------|-------------|-----------------------------|
| Росс 128 b                                      |   | 1,40 ± 0,21         |                     |      |                         | 0,049   | 0,036 |      | Возможная мезопланета   |                   | Росс 128    | 11                          |
| Глизе 876 d <sup>[1]</sup>                      |  | 6,8                 |                     |      |                         | 0,021   | 0,21  |      | Предполагаемая температура поверхности: 157-377°C <sup>[2]</sup>      | <sup>[3]</sup>    | Глизе 876   | 15                          |
| Глизе 581 e                                     |  | ≥1,7                |                     |      |                         | 0,029   | 0     |      | Из-за слишком высокой температуры скорее всего не имеет атмосферы     | <sup>[4]</sup>    | Глизе 581   | 20                          |
| Глизе 581 c <sup>[5]</sup>                      |  | ≥5,6                |                     |      |                         | 0,072   | 0     |      | Сомнительна. Скорее всего находится вне обитаемой зоны <sup>[6]</sup> | <sup>[7]</sup>    | Глизе 581   | 20                          |
| Глизе 667 Cc <sup>[8]</sup><br>C <sup>[9]</sup> |  | 3,8                 | 1,99                | 1,32 | 302 K                   |         |       | 0,82 | Возможная мезопланета   | <sup>[10]</sup>   | Глизе 667 C | 22                          |

| Имя                        | Изображение (в представлении художника)   | M (M <sub>☉</sub> ) | R (R <sub>☉</sub> )  | g                    | Температура поверхности | (а. е.) | ε    | ESI                  | Жизнепригодность  | Основной источник | Звезда   | Расстояние от Солнца (с.л.) |
|----------------------------|---|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------|------|----------------------|---|-------------------|----------|-----------------------------|
| 61 Девы b <sup>[11]</sup>  |    | ≥5,1                |                      |                      |                         | 0,050   | 0,12 |                      | Слишком высокая температура из-за близости к звезде   | <sup>[12]</sup>   | 61 Девы  | 28                          |
| HD 85512 b <sup>[13]</sup> |    | ≥3,6                | 1.74 <sup>[10]</sup> | 1.33 <sup>[10]</sup> | 351 K <sup>[10]</sup>   | 0.26    | 0.11 | 0.76 <sup>[10]</sup> | Возможная термопланиета. <sup>[10]</sup> Считалась наиболее жизнепригодной экзопланетой <sup>[14]</sup> до открытия Глизе 667 Сс. | <sup>[14]</sup>   | HD 85512 | 36                          |
| 55 Рака е                  |   | 8,6                 |                      |                      |                         | 0,016   | 0,17 |                      | Слишком высокая температура из-за близости к звезде   | <sup>[15]</sup>   | 55 Рак а | 40                          |
| HD 40307 b <sup>[16]</sup> |  | ≥4,2                |                      |                      |                         | 0,047   | 0    |                      | Слишком высокая температура из-за близости к звезде   | <sup>[17]</sup>   | HD 40307 | 42                          |
| HD 40307 c <sup>[16]</sup> |   | ≥6,8                |                      |                      |                         | 0,081   | 0    |                      | Слишком высокая температура из-за близости к звезде   | <sup>[17]</sup>   | HD 40307 | 42                          |
| HD 40307 d <sup>[18]</sup> |   | ≥9,2                |                      |                      |                         | 0,134   | 0    |                      | Слишком высокая температура из-за близости к звезде   | <sup>[19]</sup>   | HD 40307 | 42                          |

**Приложение №2. Методы поиска планет.** Космический телескоп имени Джеймса Уэбба. Первоначально назывался «Космический телескоп нового поколения». В 2002 году переименован в честь второго руководителя НАСА Джеймса Уэбба (1906—1992). Проект представляет собой результат международного сотрудничества 17 стран, во главе которых стоит НАСА, со значительным вкладом Европейского и Канадского космических агентств. Текущие планы предусматривают, что телескоп будет запущен с помощью ракеты «Ариан-5» 18 декабря 2021 года. В этом случае первые научные исследования начнутся в начале 2022 года. Срок работы телескопа составит не менее пяти лет; запаса хладагента хватит примерно на 10 лет работы. Телескоп позволит обнаруживать относительно холодные экзопланеты с температурой поверхности до 300 К (что практически равно температуре поверхности Земли), находящиеся дальше 12 а. е. от своих звёзд, и удалённые от Земли на расстояние до 15 световых лет. В зону подробного наблюдения попадут более двух десятков ближайших к Солнцу звёзд. Возможностей телескопа будет достаточно для того, чтобы обнаруживать не только сами экзопланеты, но даже спутники и спектральные линии этих планет. Но такая возможность появится не раньше середины 2030-х годов, когда будет запущен телескоп-наследник «Джеймса Уэбба» — ATLAST.



[Джеймс Уэбб](#), в честь которого назван телескоп.

## Приложение №3

### Некоторые планетные системы

**Ипсилон Андромеды d** - планета, относящаяся к категории газовых гигантов, содержащих водный пар - облака. Одной из самых популярных тем, связанных с экзопланетологией, 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. **Tau Kuma** - самая близкая к 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.

**γЦфея** - 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 радиуса 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/см<sup>3</sup>). **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 °С.

Приложение №4. Схема модели.

