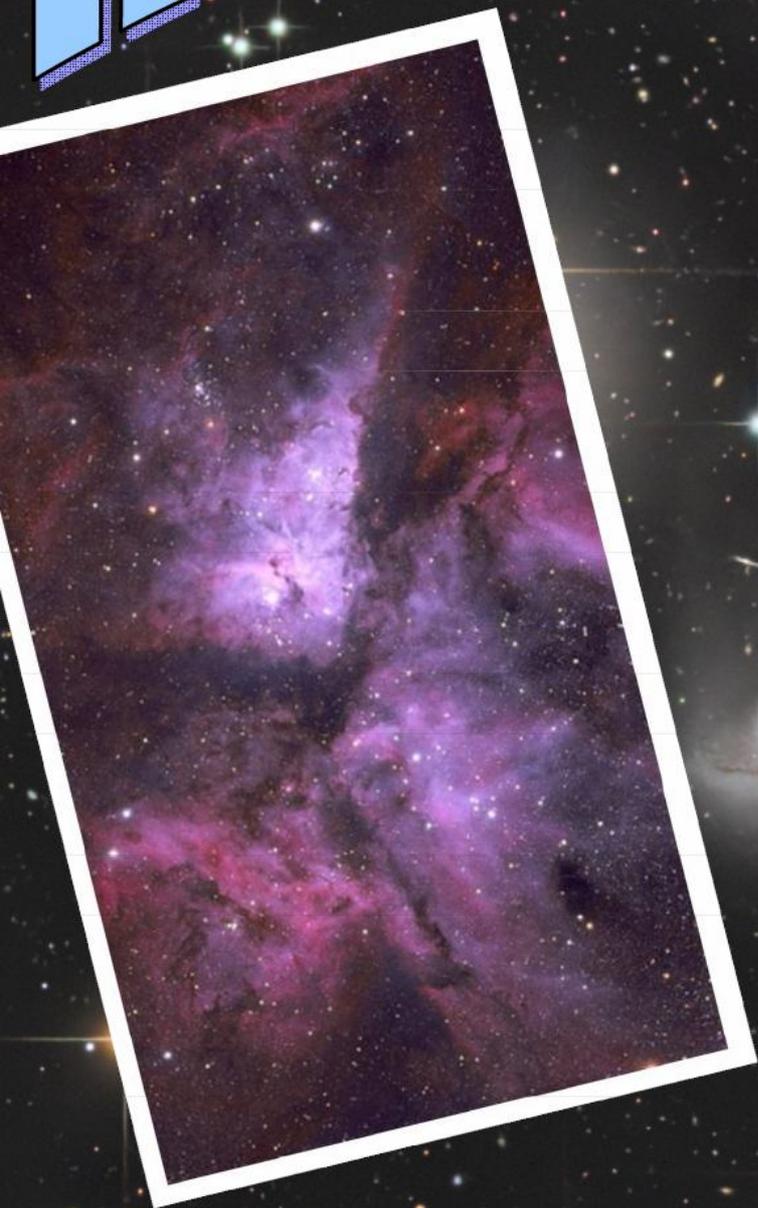


ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

# НЕБОСЕВОД



**ТУМАННОСТЬ  
КИЛЯ**



Небесный курьер (новости астрономии)  
История астрономии 21 века Небо над нами: ОКТЯБРЬ - 2025

## Книги для любителей астрономии из серии «Астробиблиотека» от 'АстроКА'



Астрономический календарь на 2005 год <http://astronet.ru>  
 Астрономический календарь на 2006 год <http://astronet.ru/db/msg/1208871>  
 Астрономический календарь на 2007 год <http://astronet.ru/db/msg/1216757>  
 Астрономический календарь на 2008 год <http://astronet.ru/db/msg/1223333>  
 Астрономический календарь на 2009 год <http://astronet.ru/db/msg/1232691>  
 Астрономический календарь на 2010 год <http://astronet.ru/db/msg/1237912>  
 Астрономический календарь на 2011 год <http://astronet.ru/db/msg/1250439>  
 Астрономический календарь на 2012 год <http://astronet.ru/db/msg/1254282>  
 Астрономический календарь на 2013 год <http://astronet.ru/db/msg/1256315>  
 Астрономический календарь на 2014 год <http://astronet.ru/db/msg/1283238>  
 Астрономический календарь на 2015 год <http://astronet.ru/db/msg/1310876>  
 Астрономический календарь на 2016 год <http://astronet.ru/db/msg/1334887>  
 Астрономический календарь на 2017 год <http://astronet.ru/db/msg/1360173>  
 Астрономический календарь на 2018 год <http://astronet.ru/db/msg/1364103>  
 Астрономический календарь на 2019 год <http://astronet.ru/db/msg/1364101>  
 Астрономический календарь на 2020 год <http://astronet.ru/db/msg/1364099>  
 Астрономический календарь на 2021 год <http://astronet.ru/db/msg/1704127>  
 Астрономический календарь на 2022 год <http://astronet.ru/db/msg/1769488>  
 Астрономический календарь на 2023 год <http://astronet.ru/db/msg/1855123>  
 Астрономический календарь на 2024 год <http://astronet.ru/db/msg/1393061>  
 Астрономический календарь на 2025 год <http://astronet.ru/db/msg/1393062>  
 Астрономический календарь на 2026 год <http://astronet.ru/db/msg/1393063>  
 Астрономический календарь на 2027 год <http://astronet.ru/db/msg/1393065>  
 Астрономический календарь на 2028 год <http://astronet.ru/db/msg/1393067>  
 Астрономический календарь на 2029 год <http://astronet.ru/db/msg/1393068>  
 Астрономический календарь - справочник <http://www.astronet.ru/db/msg/1374768>



Солнечное затмение 29 марта 2006 года и его наблюдение (архив – 2,5 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1211721>

Солнечное затмение 1 августа 2008 года и его наблюдение (архив – 8,2 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1228001>

Кометы и их методы их наблюдений (архив – 2,3 Мб)

<http://astronet.ru/db/msg/1236635>

Астрономические хроники: 2004 год (архив - 10 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>

Астрономические хроники: 2005 год (архив – 10 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>

Астрономические хроники: 2006 год (архив - 9,1 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1219122>

Астрономические хроники: 2007 год (архив - 8,2 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1225438>

Противостояния Марса 2005 - 2012 годы (архив - 2 Мб)

[http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005\\_2012.zip](http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005_2012.zip)

Календарь наблюдателя на октябрь 2025 года <http://www.astronet.ru/db/news/>



<http://astronet.ru>



<http://www.nkj.ru/>



**НАУКА И ЖИЗНЬ**



<http://www.popmech.ru/>



<http://www.vokrugsveta.ru>



Вышедшие номера журнала «Небосвод» можно скачать на многих Интернет-ресурсах, например, здесь:

<http://www.astronet.ru/db/sect/300000013>

<http://www.astrogalaxy.ru>

<http://www.shvedun.ru/nebosvod.htm>

<http://astronomam.ru/sprav/jurnalN> (журнал + все номера КН)

<http://ivmk.net/lithos-astro.htm>

ссылки на новые номера - на <http://astronomy.ru/forum>



## Уважаемые любители астрономии!

В ясные ночи октября можно совершать увлекательные путешествия по звездному небу. «Осень - не самая благодатная пора для наблюдателя туманных объектов - куда деваться. Специфика нашей русской природы такова, что можно несколько недель провести в ожидании ясной погоды, так и не дождавшись ее наступления. Но повод ли это расстраиваться? Конечно, нет. Осенью, в октябре, кстати, очень здорово махнуть на выходные на дачу и погрузиться в ароматы высушенного сена на чердаке, заваленного антоновкой, ароматы сосновой хвои, спускающиеся с соседнего холма и мокрого от постоянно морозящих дождей луга. Вы видели когда-нибудь осенние луга? Конечно же, видели. Выцветшие просторы, изрезанные оврагами, почти растерявшие все свои краски и запахи. Под серым, без единого просвета, небом, среднерусские пейзажи приобретают какие-то слишком безрадостные оттенки и контуры. А поскольку к середине осени большая часть работ по приусадебному участку уже завершена, остается только пить вино в теплой компании да философствовать. Благо, атмосфера к этому располагает. Еще можно выйти и прогуляться по окрестностям, ведь природа вокруг очень красивая, даже в конце октября. Мой загородный дом расположен на невысоком пригорке рядом с уютно петляющей меж таких же пригорков речкой Воронеж - самой обыкновенной речкой, коих в средней полосе России уйма. В деревне он самый крайний (ну прямо хата с краю), хотя, в настоящее время, это уже почти и не деревня, а сообщество дачников. Рядом с дачей находится холм, поросший соснами - оттуда доносится прохладное и почти лесное дыхание. С другой стороны реки нет ничего кроме упомянутых выше осенних лугов, застилающих все свободное пространство до горизонта. Луга, утыканные зубчатками телеграфных или, бог знает, каких еще столбов.» Полностью статью можно прочитать в журнале «Небосвод» за октябрь 2008 года. Не смотря на давность публикации, она актуальна и сейчас.

*Ясного неба и успешных наблюдений!*

## Содержание

### 4 Небесный курьер (новости астрономии)

Анализ спектров показал,  
что атмосферы двух планет  
в системе L 98-59 богаты  
серосодержащими газами

Иван Лаврёнов

### 10 Туманность Киля

Андрей Климковский

### 12 История астрономии 21 века

Анатолий Максименко

### 22 Небо над нами: ОКТЯБРЬ – 2025

Обложка: Луна встречается со звездами-сестрами

<http://www.astronet.ru/db/apod.html>

Иногда Луна встречается с Плеядами. Двигаясь по своей орбите, наша Луна может проходить прямо перед знаменитым звездным скоплением Плеяды, которое находится гораздо дальше. Это явление называется покрытием, Луна иногда может покрывать все планеты и несколько хорошо известных ярких звезд. Орбита Луны наклонена к плоскости эклиптики и прецессирует, поэтому в некоторые периоды времени регулярно происходят покрытия звездного скопления Семь Сестер, а в другие Луна проходит мимо скопления. Текущая эпоха покрытий началась в 2023 году и продлится до 2029 года. После этого покрытия не будут происходить до 2042 года. Картинка смонтирована из ранее полученных изображений Плеяд и снимка, сделанного той же камерой 1 апреля из Кантабрии в Испании. В результате удалось запечатлеть голубой цвет звезд скопления.

Авторы и права: [Кайетана Сайт](#)

Перевод: Д.Ю. Цветков

## Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

Издается с октября 2006 года любителями астрономии

Веб-ресурс журнала: <http://www.astronet.ru/db/author/11506>, почта журнала: [stgal@mail.ru](mailto:stgal@mail.ru)

Тема журнала на Астрофоруме - <http://www.astronomy.ru/forum/index.php/topic,19722.0.html>

Веб-сайты: <http://astronet.ru>, <http://astrogalaxy.ru>, <http://ivmk.net/lithos-astro.htm>

Сверстано в 2025 году

© Небосвод, 2025

## Новости астрономии

**Анализ спектров показал, что атмосферы двух планет в системе L 98-59 богаты серосодержащими газами**

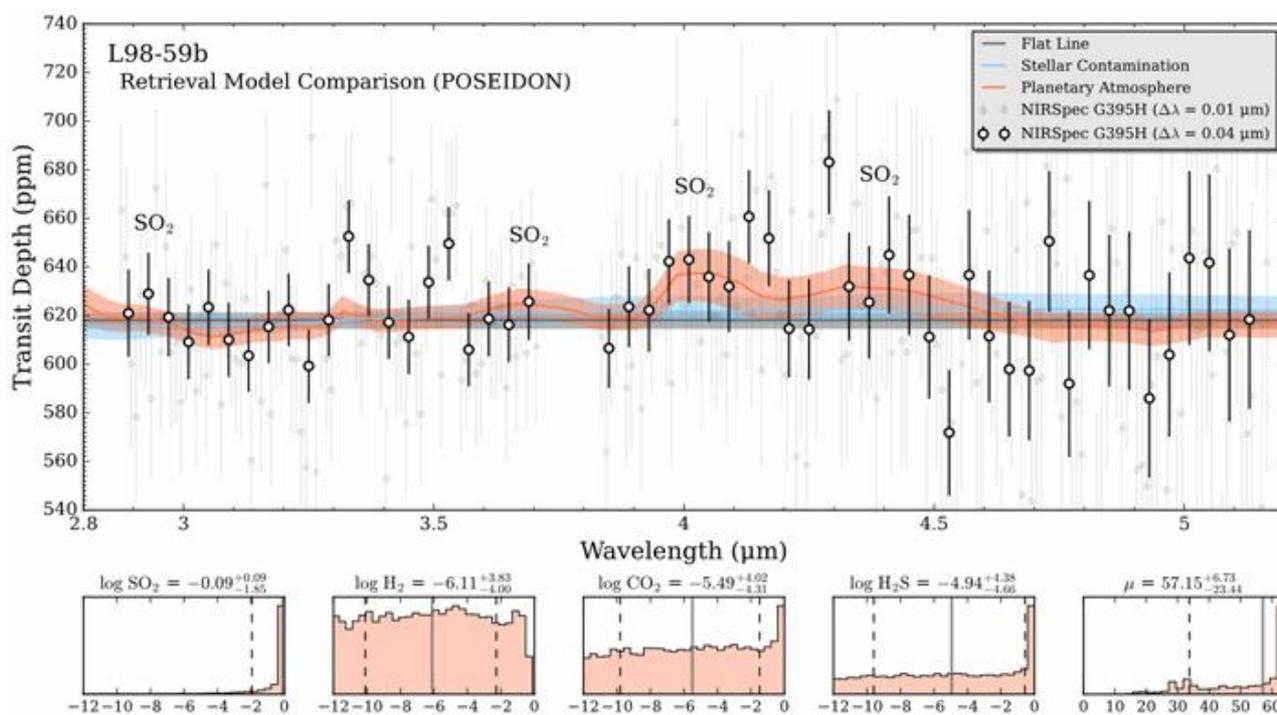


Рис. 1. Транзитный спектр планеты L 98-59 b; по горизонтали — длина волны в мкм, по вертикали — глубина транзита в миллионных долях. Под основным графиком — содержание SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S в атмосфере по результатам моделирования (по горизонтали — значение параметра, по вертикали — относительная вероятность того, что при данном наблюдаемом транзитном спектре параметр в действительности имеет данное значение; шкала содержания газов — логарифмическая, значение -6 соответствует 1 миллионной доле; молекулярная масса указана в атомных единицах массы). Рисунок из обсуждаемой статьи A. Bello-Arufe et al., 2025. Evidence for a volcanic atmosphere on the sub-Earth L98-59b

Исследование трех внутренних планет в системе удаленного от нас примерно на 35 световых лет красного карлика L 98-59 методом транзитной спектроскопии принесло первые результаты об их атмосферах. Планета L 98-59 b стала первой экзопланетой размером меньше Земли с охарактеризованной атмосферой. Судя по всему, она окружена оболочкой из вулканических газов, свидетельствующей о мощном приливном разогреве. Планета L 98-59 d относится к промежуточному типу между скалистыми планетами и мининептунами, однако плотная серосодержащая атмосфера обнаружена и на ней. Для подобных планет это неожиданно и может привести к пересмотру моделей их строения.

Вопрос существования планет у других звезд занимал человечество издавна. Поначалу он казался неразрешимым — например, полный аналог Земли, обращающийся вокруг полного аналога Солнца, с расстояния 10 световых лет выглядит как объект +28m (звездной величины) в 0,2 угловых секундах от своего светила яркостью +3m (чуть слабее Полярной звезды и звезд «ковша» Большой Медведицы). Разглядеть такой объект — это примерно как увидеть светящуюся стрелку на часах пилота самолета, прожектор которого светит прямо на наблюдателя, с расстояния в тысячу километров.

Тем не менее, астрономы придумали методы обнаружения планет у других звезд. Два из них — метод лучевых скоростей и транзитный метод — уже стали «рабочими лошадками» экзопланетологии. Подробнее о них см. новость Определена масса горячей землеподобной планеты Kepler-78b («Элементы», 25.11.2013), задачу Кривые блеска и экзопланеты, а также статью М. Марова и И. Шевченко Экзопланеты. Мы же лишь очень кратко напомним, в чем суть этих методов.

Поскольку гравитационно связанные объекты притягивают друг друга, планета, обращаясь по орбите вокруг звезды, слегка смещает звезду, которая в результате тоже обращается по очень маленькой орбите вокруг общего центра масс. Из-за этого звезда то удаляется от нас, то приближается к нам. Это вызывает доплеровский сдвиг ее излучения, который можно обнаружить с помощью спектроскопии сверхвысокого разрешения. Если планета при этом еще и проходит по диску звезды (с

точки зрения наблюдателя), она затмевает часть звездного света. Типичное падение яркости при этом составляет сотые доли процента, но обнаружить его гораздо проще, чем напрямую увидеть отраженный свет планеты, которая тусклее звезды в миллионы или даже миллиарды раз. Первые экзопланеты у обычных звезд были найдены тридцать лет назад (см. 51 Пегаса b). Сейчас их счет пошел на многие тысячи, и уже никого не удивить новостью о том, что у очередной звезды открыли очередную планету.

## Транзитная спектроскопия

Астрономические приборы и методы обработки данных постоянно совершенствуются, и теперь ученые могут переходить от открытия экзопланет к их изучению. Главный метод современной экзопланетологии — транзитная спектроскопия: не просто измерение падения яркости звезды при ее затмении планетой, а измерение величины этого падения на разных длинах волн. О нем стоит рассказать подробнее.

Если планета радиусом  $R_p$  проходит по диску звезды радиусом  $R_s$ , то наблюдаемая яркость звезды (в приближении однородной яркости ее диска) уменьшается на величину  $(R_p/R_s)^2$  — то есть, по сути, на отношение видимых площадей дисков планеты и звезды. Если планета скалистая, добавить тут почти нечего — камень одинаково хорошо перекрывает свет любой длины волны. Иначе дело обстоит с планетами, у которых есть атмосфера, — в частности из-за того, что разные газы могут поглощать излучение разных длин волн. Например, углекислый газ не поглощает видимый свет, поэтому излучение звезды в видимой части спектра просто «не заметит»  $\text{CO}_2$ -составляющую атмосферы экзопланеты на пути к детектору нашего телескопа. Но углекислый газ хорошо поглощает инфракрасное излучение — через углекислотную атмосферу оно не пройдет. В спектральных полосах поглощения углекислого газа глубина транзита составит  $(R_p+h/R_s)^2$ , где  $h$  — минимальная высота, на которой лучи данной длины волны проходят над поверхностью планеты, не испытывая заметного ослабления. Измеряя транзитный спектр — зависимость степени перекрытия света звезды планетой от длины волны — можно получить спектр поглощения газов, составляющих атмосферу планеты.

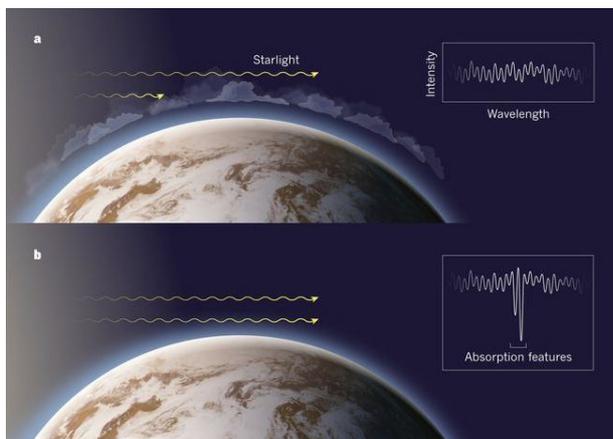


Рис. 2. Схема транзитной спектроскопии. Вверху: облака перекрывают свет любой длины волны. Внизу: атмосфера перекрывает только излучение определенных длин волн. В результате — в этом примере — желтый свет звезды переходит в оранжевый при поглощении зеленого. Изображение с сайта [space.com](http://space.com)

Нетрудно заметить, что амплитуда транзитного спектра очень сильно зависит от параметров экзопланеты и ее звезды. Чем больше планета и чем меньше звезда — тем больше глубина самого транзита: у небольших скалистых планет около солнцеподобных звезд она не превышает десятков миллионов долей (м. д.), а у газовых гигантов около небольших звезд может достигать нескольких процентов. Чем протяженнее атмосфера экзопланеты — точнее, чем больше ее давление и шкала высоты по сравнению с радиусом планеты, — тем больший вклад она дает в глубину транзита. Шкала высоты пропорциональна температуре атмосферы и обратно пропорциональна ее молекулярной массе, а также ускорению свободного падения:

$$h = \frac{RT}{\mu g}$$

Наконец, чем ближе планета к звезде и короче ее орбитальный период — тем чаще случаются транзиты, и тем больше информации можно собрать, усредняя полученные данные со многих наблюдений. Проще всего изучать «рыхлые» водородные атмосферы горячих газовых гигантов, а полные аналоги Земли остаются «крепким орешком», которые будут по зубам только следующему поколению приборов.

Если радиус экзопланеты равен 7000 км (чуть больше Земли), радиус звезды — 500 000 км (чуть меньше Солнца), а «толщина» атмосферы — 100 км, то в диапазонах прозрачности атмосферы глубина транзита будет равной 196 м. д., а в полосах интенсивного поглощения — 201 м. д. Разница в 5 миллионов долей очень мала, но она намного больше, чем соотношение яркости экзопланеты в отраженном свете и яркости самой звезды, — и близка к чувствительности самых современных приборов. Для полного аналога Земли эти цифры составят 84 и 86 м. д., а амплитуда транзитных спектров горячих юпитеров может составлять тысячи м. д.

Объектами «промежуточной сложности» выступают скалистые планеты красных карликов — самых легких, холодных и распространенных звезд в Галактике. Планетные системы таких звезд часто напоминают увеличенные копии системы галилеевых спутников Юпитера: несколько небесных тел примерно одинакового «калибра», обращающиеся вокруг своей звезды по близким орбитам в одной плоскости, нередко в орбитальных резонансах (такие системы еще называют «горошины в стручке»). Суммарная масса планет, как и у спутников планет-гигантов, составляет в таких системах несколько сотых долей процента от массы центрального тела. Поскольку красные карлики в сотни раз массивнее Юпитера, спутники-переростки часто оказываются размером с Землю, а их температуры нередко соответствуют зоне обитаемости.

Нужно отметить, что с обитаемостью у таких планет все намного сложнее, чем у полных аналогов Земли. В начале своего жизненного пути красные карлики обладают повышенной светимостью, иногда — в десятки раз относительно «зрелого» возраста. Их вспышечная активность намного превосходит солнечную, а приливные силы тормозят суточное вращение планет. Атмосфере и океанам новорожденной планеты красного карлика приходится выдержать сначала разогрев до меркурианских температур и нещадный обстрел звездной плазмой, а затем — установление вечного дня на одной стороне и вечной ночи на другой

(атмосфера при этом может вымерзнуть на ночном полушарии планеты).

Но если планета красного карлика сумела сохранить свою атмосферу — она становится отличной целью для астрономов (если звезда не слишком далеко от нас, конечно). Глубина транзитов у таких планет достигает десятых долей процента, сами транзиты происходят в десятки раз чаще, чем у аналогов Земли. Красных карликов много, и вдобавок, у них больше и сама вероятность транзитной конфигурации — чем ближе тело к звезде, тем больше допустимое отклонение плоскости орбиты от луча зрения, при котором планета все еще не «промахивается» мимо диска звезды. Суммарный шанс отыскать транзитную планету у близкого и яркого красного карлика оказывается в сотни раз больше, чем у солнцеподобной звезды.

## Планетная система L 98-59

Одной из таких звезд с транзитными планетами оказалась L 98-59 — типичный «красный карлик по соседству». Это неприметная звездочка в созвездии Летучей Рыбы, в 34,6 световых годах от Земли — в масштабе Галактики это очень близкое соседство. Ее яркость составляет +11m — такую можно разглядеть в средний любительский телескоп в отсутствие засветки. Масса и радиус L 98-59 составляют 0,27 и 0,3 солнечных, а светимость меньше солнечной в 90 раз. Спектральный класс этого светила — M3, что соответствует температуре фотосферы 3150°C (почти вдвое меньше солнечной).

Здесь надо упомянуть про деление красных карликов на две «весовые категории». Легкие красные карлики выделяют особенно много энергии при изначальном гравитационном сжатии, и их период повышенной светимости выражен особенно сильно. Кроме того, вспышечная активность звезды зависит от напряженности ее магнитного поля — а она, в свою очередь, определяется интенсивностью конвекции в звездных недрах. У легких красных карликов бурная конвекция происходит по всей толще звезды, включая ее плотное ядро, — и их вспышечная активность гораздо сильнее, чем у более массивных звезд, у которых конвекция не затрагивает ядро. Граница проходит примерно по классу M4 (чем больше цифра — тем меньше масса), так что можно надеяться, что у L 98-59 найдутся не только безвоздушные миры, покрытые лишь реголитом и лавой.

Три внутренние планеты системы L 98-59 были найдены еще в 2018 году с помощью космического телескопа TESS, который специализируется на поисках транзитов (V. Kostov et al., 2019. The L 98-59 System: Three Transiting, Terrestrial-size Planets Orbiting a Nearby M Dwarf). Он продолжает дело, начатое телескопом Kepler, но, в отличие от него, специализируется на близких звездах, разбросанных по всему небосводу. Почти сразу же, в 2019 году, с помощью доплеровской спектроскопии были получены оценки масс планет, а затем — найдены еще две внешние планеты. Как и в транзитных исследованиях, точность измерений при доплеровской спектроскопии возрастает с добавлением новых наблюдений — массы планет, а значит, и их плотности, все еще уточняются. Тем не менее, уже можно сказать, что две внутренние планеты скалистые, хотя и менее плотные, чем Земля. Внутренняя планета больше Марса, но чуть меньше Венеры (она стала первой планетой размером меньше Земли с охарактеризованной атмосферой!), а остальные планеты принадлежат к размерному классу суперземель. Третья планета

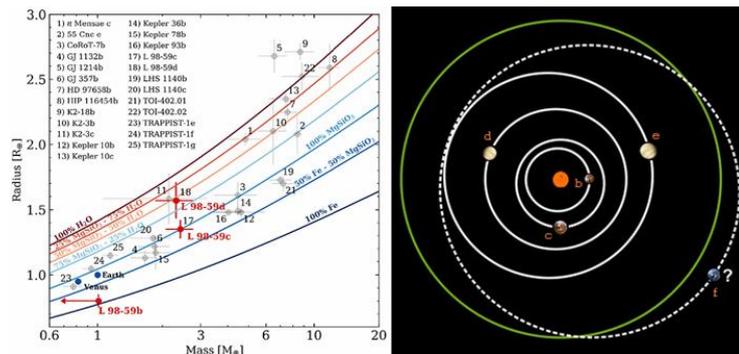
содержит в своем составе значительную долю льдов или летучих веществ. При этом она нагревается своей звездой как Меркурий Солнцем, а внутренние две — еще в несколько раз сильнее.

*Таблица.* Свойства планет системы L 98-59. Массы, радиусы и освещенности приведены относительно земных значений, плотности — в г/см<sup>3</sup>, а орбитальные периоды — в земных сутках

**Планета масса радиус пл ос ор-п экс**

L 98-59 b 0,40±0,15 0,85±0,05 3,6 23 2,25 0,10  
L 98-59 c 2,22±0,26 1,34±0,07 5,1 12 3,69 0,10  
L 98-59 d 1,94±0,28 1,55±0,08 2,7 4,7 7,45 0,07

*пл - плотность, ос - освещенность, ор-п - орбитальный период, экс - эксцентриситет орбиты*



*Рис. 3. Слева: положение планет системы L 98-59 на диаграмме «масса — радиус». Наклонными линиями указаны радиусы планет в зависимости от их массы при одинаковом составе. Планета b является скалистой. Планета c, по нынешним данным, находится на самой границе допустимой плотности для скалистых планет, но водная оболочка на ней маловероятна, поскольку по расчетам, за время существования планеты с нее мог улечься даже океан в сто раз массивнее земного. Планета d по составу является массивным аналогом внешних галилеевых спутников Юпитера (поровну льдов и скал). Справа: орбиты планет системы L 98-59. Планеты e и f не являются транзитными, их радиусы неизвестны. Зеленым обозначена «эффективная земная орбита», на которой освещенность равна земной; ее радиус — 0,11 а. е. Рисунки из статьи R. Cloutier et al., 2019. Characterization of the L 98-59 multi-planetary system with HARPS и с сайта allplanets.ru*

Кроме того, орбиты всех трех внутренних планет обладают заметной эллиптичностью. В сочетании с короткими орбитальными периодами это должно вызвать мощный приливный разогрев их недр, и масштабный вулканизм на поверхности. Планета L 98-59 b слишком мала для того, чтобы удержать атмосферу без постоянной подпитки — а значит, любая атмосфера должна целиком состоять из свежизверженных вулканических газов. Изучение такой атмосферы — уникальный шанс «заглянуть» в недра планеты, удаленной от нас на тридцать с лишним световых лет. Благодаря этому система L 98-59 и стала целью телескопа «Джеймс Уэбб» (JWST).

Сочетание транзитной фотометрии и доплеровской спектроскопии позволяет определить одновременно и радиус, и массу планеты, а значит, — рассчитать ее среднюю плотность. Даже если ничего больше не знать о планете, этого бывает достаточно, чтобы сделать выводы о ее составе. Скалистые планеты, как следует из их названия, содержат лишь малое

количество летучих веществ, или не содержат их вовсе. Если плотность планеты ниже плотности скал — значит, в ее составе много летучих веществ (сейчас мы не рассматриваем экзотические случаи вроде графитно-алмазных планет). Если она ниже плотности воды — на планете точно есть протяженная водородно-гелиевая атмосфера. Массивные оболочки из всех более тяжелых газов, например, азота, не дают большой прибавки к радиусу планеты: газами в классическом смысле этого слова они могут оставаться только в тонком верхнем слое. Уже на глубинах порядка тысячи километров давление сжимает их до плотности соответствующих твердых тел, а она, при прочих равных, оказывается даже выше плотности водородсодержащих льдов. Планета земной массы, состоящая наполовину из азота и наполовину из воды, имела бы похожий, а то и меньший диаметр, как планета той же массы из чистой воды. С промежуточными случаями гораздо сложнее: без транзитной спектроскопии не определить, что дает прибавку к радиусу — ледяная мантия или водородно-гелиевая оболочка.

### JWST и некоторые трудности транзитной спектроскопии

Одной из главных научных целей JWST является именно транзитная спектроскопия экзопланет. Площадь его зеркала в 6 раз больше, чем у «Хаббла», и, в отличие от последнего, JWST работает в инфракрасной части спектра, захватывая ближний, средний и тепловой диапазоны (0,6–28 мкм). В этих диапазонах находятся молекулярные полосы поглощения атмосферных газов, а кроме того, в тепловом инфракрасном диапазоне гораздо меньше соотношение яркостей планет и звезд, что делает возможным и их прямое наблюдение.

Звезда яркостью +11m дает на зеркале «Джеймса Уэбба» несколько миллиардов фотонов в секунду. Однако, количество «нужных» фотонов в каждом участке спектра во много миллионов раз меньше: общий поток нужно умножить на амплитуду транзитного спектра (одну стотысячную), и разделить на разрешающую способность спектрометра (сотни или тысячи). Получается компромисс: снять спектр с большим разрешением, но с большим шумом, либо с меньшим разрешением, но с меньшими погрешностями.

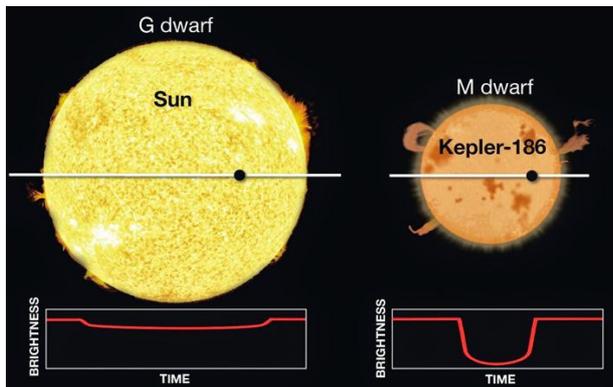


Рис. 4. Сравнение транзитов планеты одного и того же размера по диску солнцеподобной звезды и красного карлика. Для полноты картины на рисунке следует добавить краевое потемнение дисков обеих звезд и факелы, которые на диске красного карлика должны быть намного ярче, чем у солнцеподобной звезды, а на транзитные кривые — скачки в моменты пересечения активных областей. При этом эффект краевого потемнения отображен на

транзитных кривых правильно — U-образной формой минимума. Рисунок с сайта [beyondearthlyskies.blogspot.com](http://beyondearthlyskies.blogspot.com)

Снимать приходится весь транзит длительностью до нескольких часов, и столько же отводить на измерение опорного сигнала перед транзитом и после него. Диск звезды неоднороден — с краев он темнее, чем в центре (см. задачу Светящийся шар), на нем присутствуют пятна и факелы, и за время транзита на звезде может произойти вспышка. Все это надо учитывать при обработке результатов съемки, а ведь еще есть и чисто инструментальные погрешности: особенности отдельных пикселей сенсора спектрометра, работа механизма охлаждения матрицы, и многое другое. Неудивительно, что итоговый транзитный спектр, даже после всех ухищрений, получается довольно грубым — он состоит из нескольких десятков точек, погрешности на каждой из которых достигают нескольких процентов.

### Моделирование транзитных спектров

Спектры молекулярного поглощения обычно довольно сложны — каждый газ имеет свой характерный рисунок полос поглощения. При съемке в земной лаборатории нетрудно получить спектр высокого разрешения с исчезающе малыми погрешностями — и по нему, как по отпечаткам пальцев, точно выяснить состав газовой смеси. Транзитный спектр, с его грубым разрешением и большими погрешностями, похож скорее на энцефалограмму — каждая точка на нем есть результат действия множества факторов. По сути, он содержит всего несколько тысяч бит полезной информации, да еще и «пропущенных через миксер». Однако этого вполне достаточно для грубого описания состава атмосферы и ее свойств. Задача ученых — извлечь эту информацию как можно полнее и достовернее, и здесь на помощь приходит компьютерное моделирование атмосферы планеты.

Чтобы правильно расшифровать транзитный спектр, ученые строят множество моделей атмосферы, различающихся составом: например, атмосфера из чистого водяного пара, из водяного пара, разбавленного азотом, или из водорода с примесью пара. В каждой модели рассчитывается вертикальный профиль атмосферы — распределение температуры, давления, облаков и химического состава по высоте. В неравновесных («свободных») моделях ученые варьируют концентрацию каждого газа независимо: это позволяет обнаружить неравновесность состава атмосферы, но требует спектра высокого качества. Если же спектр грубый, приходится использовать равновесную модель: позволить всем компонентам атмосферы, а так же продуктам их фотолиза, реагировать в модели друг с другом до достижения химического равновесия — локального или глобального. Это уменьшает число свободных параметров модели, которые надо определить, исходя из самого спектра.

Рассчитав атмосферные профили, ученые строят спектральную модель. В ней они «пропускают» свет звезды через атмосферу каждой атмосферной модели, улавливают его виртуальным приемником, подвергают полученный модельный спектр такой же обработке, как реальный, и сравнивают полученный спектр с наблюдаемым. Если наилучшая модель окажется статистически отличающейся от базовой модели («плоского» спектра планеты без атмосферы), значит, она и ближе всех к реальности.

Еще одна сложность транзитной спектроскопии связана с облаками. Если они состоят из крупных и бесцветных частиц, то с точки зрения транзитной спектроскопии, они перекрывают свет звезды почти так же, как и поверхность планеты. Это создает неоднозначность интерпретации результатов. В статьях по экзопланетологии часто можно встретить заключения, звучащие примерно так: «на планете не обнаружено существенной атмосферы, либо она обладает высотной дымкой на уровне давления не глубже 10 миллибар».

Отличить скалы от облаков позволяют наблюдения вторичного затмения — когда планета проходит за звездой. В тепловом диапазоне удельная яркость поверхностей планеты и звезды может отличаться всего в несколько раз — она пропорциональна отношению их температур — и глубина вторичного транзита оказывается всего в те же несколько раз меньше, чем глубина первичного. Измеряя ее, можно узнать температуру дневного полушария планеты. В отсутствие атмосферы оно нагрето до максимально возможной температуры, при которой разогрев светом звезды уравнивается только тепловым излучением поверхности планеты. Атмосфера добавляет к этому перенос тепла с дневной на ночную сторону, и при ее наличии измеренная температура оказывается намного ниже максимальной (к примеру, на Луне днем  $+120^{\circ}\text{C}$ , а на Земле не бывает выше  $+55^{\circ}\text{C}$ ). Немного сложнее, наблюдая и сравнивая глубину транзитов в разных участках теплового диапазона, определить и температуру ночного полушария планеты, особенно если она нагрета атмосферным переносом или вулканизмом.

Так что, если транзитный спектр плоский, но дневное полушарие подозрительно холодное (а тем более, если при этом еще и ночное — слишком теплое) — вполне возможно, мы видим не поверхность, а высотную дымку.

### Вулканическая атмосфера планеты L 98-59 b

Первая и, на данный момент, единственная расшифровка транзитного спектра L 98-59 b была выполнена американскими учеными и опубликована в архиве электронных препринтов. Оказалось, что больше всего транзитные спектры L 98-59 b похожи на «подпись» атмосферы, состоящей из сернистого газа. Это роднит L 98-59 b со спутником Юпитера Ио, и такое сходство было ожидаемо — состав вулканических газов отражает историю формирования небесного тела и современные геологические процессы на нем.

К примеру, большая часть исходного материала Земли не испытывала сильного нагрева и не лишилась связанных летучих веществ, и, например, ее мантия содержит в растворенном виде не меньше воды, чем земные океаны. Кроме того, в ходе тектонических процессов карбонатные и гидратированные породы океанического дна погружаются в мантию, где разлагаются под нагревом, и выделяющиеся летучие вещества присоединяются к мантийным вулканическим газам. Поэтому в выбросах земных вулканов преобладают  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ , а  $\text{SO}_2$  обычно находится лишь на третьем месте.

Напротив, исходный материал Ио оказался лишен летучих веществ: в момент ее образования светимость Юпитера, еще сохранившего все тепло аккреции, достигала одной стотысячной от солнечной (C. Bierson et al., 2023. Jupiter's Early Luminosity May Have Driven off Io's Initial Water

Inventory), а Ио обращается к нему так же близко, как Луна к Земле. Казалось бы, одна стотысячная — это немного, но этого хватало, чтобы на своей орбите Ио нагревалась Юпитером так же, как Венера Солнцем в наше время. Серосодержащие соединения при этом сохранились, но сейчас, благодаря приливному разогреву, недра Ио раскалены сильнее земных, и сульфаты разлагаются на оксиды и сернистый газ.

Те же причины, только многократно усиленные, объясняют и состав вулканической атмосферы L 98-59 b. Ученые рассчитали, что она должна улетучиваться под действием ионизирующего излучения со скоростью несколько сотен тонн в секунду, но при этом непрерывно восполняться вулканическими извержениями. Собственно, найденная атмосферная модель очень хорошо соотносится с предсказанием, сделанным годом раньше на основе расчетов приливного разогрева и вызванного им вулканизма (D. Seligman et al., 2024. Potential Melting of Extrasolar Planets by Tidal Dissipation). Если недра этой экзопланеты содержат столько же сульфатов, сколько и земные, то для восполнения атмосферы нужно непрерывное излияние миллиона кубометров лавы в секунду. Это в несколько раз больше, например, расхода воды в Амазонке, и в тысячи раз превышает средний темп излияния лавы во время образования Сибирских траппов, которое вызвало самое масштабное вымирание на Земле на границе пермского и триасового периодов.

При таких темпах излияния лавы ( $3 \times 10^9$  кг/с) вся планета массой  $3 \times 10^{24}$  кг полностью переплавится за 30 млн лет — то есть, порядка сотни раз за всю свою историю (если принять, что возраст планеты ~3 млрд лет). Это приведет, как минимум, к значительному обеднению ее материала летучими веществами — а значит, реальный масштаб вулканизма может оказаться еще намного больше. На это указывает и упоминавшееся выше моделирование экстремального приливного разогрева — отмечается, что приливное плавление недр является саморазгоняющимся процессом, при котором выделение тепла усиливается с истончением оставшейся коры планеты. Равновесие наступает, когда отток тепла через тонкую кору над магматическим океаном сравняется с его выделением в недрах. При этом отток тепла из недр может не уступать нагреву поверхности теплом звезды и даже превышать его. Гораздо более точных оценок масштаба вулканизма на L 98-59 b следует ожидать после того, как JWST измерит температуру ночной стороны планеты.



Рис. 5. Слева: вулкан Фаградальсфьядль в Исландии. Темпы извержения лавы на L 98-59 b соответствуют поверхности, усеянной подобными вулканами на расстоянии примерно несколько десятков километров друг от друга (в предположении, что пиковый расход лавы при данном извержении составляет  $50 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Справа: экзопланета L 98-59 b может быть очень похожа на воображаемую планету Мустафар из Звездных Войн. Изображения с сайтов [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org) и [starwars.fandom.com](http://starwars.fandom.com)

## Внешние планеты

Другие транзитные планеты системы L 98-59 тоже не остались без внимания ученых. Похоже, что вторая планета, L 98-59 c, не обладает заметной атмосферой, несмотря на то, что она намного массивнее и заметно холоднее первой, а приливной разогрев и вулканическая активность на ней должны быть тоже весьма масштабными (N. Scarsdale et al., 2025. JWST COMPASS: The 3-5 Micron Transmission Spectrum of the Super-Earth L 98-59 c). Тем не менее, тонкие атмосферы из CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> или SO<sub>2</sub> без примеси водорода с гелием, особенно с высотной дымкой, все еще не исключены, и здесь помогут только дальнейшие наблюдения.

Напротив, у планеты L 98-59 d атмосфера имеется с достаточно высокой достоверностью. Расшифровкой спектра независимо занимались две научные группы, и обе пришли к одному и тому же результату: атмосфера планеты d тоже наполнена серосодержащими газами (A. Banerjee et al., 2024. Atmospheric Retrievals Suggest the Presence of a Secondary Atmosphere and Possible Sulfur Species on L98-59 d from JWST Nirspec G395H Transmission Spectroscopy; A. Gressier et al., 2024. Hints of a Sulfur-rich Atmosphere around the 1.6 R<sub>J</sub> Super-Earth L98-59 d from JWST NIRSpec G395H Transmission Spectroscopy). Отснятых спектров пока недостаточно, чтобы определить ее состав однозначно, но наиболее вероятными основными компонентами являются сероводород или сернистый газ, в некоторой мере разбавленные водородом с гелием, а наличие метана, углекислого газа и водяного пара маловероятно. Атмосфера может содержать некоторое количество угарного газа. При этом средняя молекулярная масса атмосферы близка к 10 а.е.м., что исключает водород в качестве доминирующего компонента, но и плохо совместимо с атмосферой, в которой он отсутствует.

Сернистая атмосфера на океанической планете — довольно неожиданная находка. Планета L 98-59 d почти точно обладает горячим океаном глубиной в тысячи километров, вероятно — сверхкритическим в верхней его части, — и ее мантия не может быть сложена столь же «прокаленным» материалом, как на Ио или L 98-59 b. На такой планете следует ожидать атмосферу из водяного пара, возможно, разбавленную водородом, с примесями CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>S и продуктов их фотолиза. Продукты мантийной дегазации должны теряться на фоне огромной массы первичной оболочки, доля серы в которой, при обычном составе, в десяток-другой раз уступает долям углерода и кислорода. Кроме того, в обычных условиях сероводород и диоксид серы отлично растворяются в воде, а последний еще и вытесняет углекислый газ из воды и карбонатов за счет большей кислотности.

Если подтвердится, что водяной пар не является доминирующим компонентом атмосферы L 98-59 d, это станет не менее удивительной находкой, чем высокая концентрация соединений серы. Определить настоящее содержание водяного пара по существующим данным невозможно, но если его действительно мало — это может свидетельствовать об экзотическом общем элементном составе планеты. Если же она — все-таки обычный океанический мир, ее странная атмосфера может отражать еще неизвестные особенности химии и физики планетных мантий из льдов высокого давления. Хотя L 98-59 d и не тянет на мини-нептун с по-настоящему экзотическими фазами льдов в недрах, давление и температура в толще ледяных мантий таких планет превышают сто килобар и

тысячу градусов, а при таких условиях поведение соединений уже существенно отличается от привычного.

## Заключение

Напоследок, надо отметить, что все эти результаты далеко не окончательны. В истории экзопланетологии бывали случаи, когда целые планеты приходилось «закрывать» после обновления наблюдательных данных. Планетам системы L 98-59 такое не грозит — данные транзитной фотометрии и доплеровской спектроскопии в сумме дают очень высокую надежность. С атмосферами пока все не так однозначно — даже вероятность полного отсутствия атмосферы на L 98-59 b (или наличия ее на L 98-59 c) все еще составляет порядка 1%. Но и радиусы, и массы, а тем более — свойства атмосфер этих планет еще будут уточняться в дальнейших наблюдениях, многие из которых уже запланированы.

В экзопланетологии особенно ярко проявляется принцип: первые результаты — не значит «окончательные». Данные будут непрерывно уточняться в последующие годы и десятилетия. Ни на одном из этапов этого процесса нельзя подводить окончательную черту, во всяком случае, пока не будут реализованы проекты далекого будущего, позволяющие наблюдать сами экзопланеты в деталях. Но можно говорить о преодолении очередной ступени. Вулканическая атмосфера L 98-59 b — это первый взгляд в недра скалистой планеты у другой звезды и первая характеристика атмосферы планеты, меньшей чем Земля. А сернистая атмосфера мини-нептуна L 98-59 d — это большой повод присмотреться к таким планетам повнимательнее — после чего, возможно, переписать некоторые главы учебников.

## Источники:

- 1) Aaron Bello-Arufe, Mario Damiano, Katherine A. Bennett, Renyu Hu, Luis Welbanks, Ryan J. MacDonald, Darryl Z. Seligman, David K. Sing, Armen Tokadjian, Apurva Oza, Jeehyun Yang. Evidence for a volcanic atmosphere on the sub-Earth L98-59b // электронный препринт arXiv:2501.18680 [astro-ph.EP].
- 2) Nicholas Scarsdale, Nicholas Wogan, Hannah R. Wakeford, Nicole L. Wallace, Natasha E. Batalha, Lili Alderson, Artyom Aguchine, Angie Wolfgang, Johanna Teske, Sarah E. Moran, Mercedes Lopez-Morales, James Kirk, Tyler Gordon, Peter Gao, Natalie M. Batalha, Munazza K. Alam, Jea Adams Redai. JWST COMPASS: The 3-5 Micron Transmission Spectrum of the Super-Earth L 98-59 c // электронный препринт arXiv:2409.07552 [astro-ph.EP].
- 3) Agnibha Banerjee, Joanna K. Barstow, Amélie Gressier, Néstor Espinoza, David K. Sing, Natalie H. Allen, Stephan M. Birkmann, Ryan C. Challener, Nicolas Crouzet, Carole A. Haswell, Nikole K. Lewis, Stephen R. Lewis, and Jingxuan Yang. Atmospheric Retrievals Suggest the Presence of a Secondary Atmosphere and Possible Sulfur Species on L98-59 d from JWST Nirspec G395H Transmission Spectroscopy // The Astrophysical Journal Letters. 2024. DOI: 10.3847/2041-8213/ad73d0.
- 4) Amélie Gressier, Néstor Espinoza, Natalie H. Allen, David K. Sing, Agnibha Banerjee, Joanna K. Barstow, Jeff A. Valenti, Nikole K. Lewis, Stephan M. Birkmann, Ryan C. Challener, Elena Manjavacas, Catarina Alves de Oliveira, Nicolas Crouzet, and Tracy L. Beck. Hints of a Sulfur-rich Atmosphere around the 1.6 R<sub>J</sub> Super-Earth L98-59 d from JWST NIRSpec G395H Transmission Spectroscopy // The Astrophysical Journal Letters. 2024. DOI: 10.3847/2041-8213/ad73d1.

**Иван Лаврёнов,**

[https://elementy.ru/novosti\\_nauki/t/5271905/Ivan\\_Lavryonov](https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5271905/Ivan_Lavryonov)

## Carina Nebula



Ссылка на оригинальное изображение:  
<https://x.com/erfmufn/status/1911760501107003621/photo/1>

Иногда этот термин переводят как Туманность Карины (как-будто намекая на красивое женское имя, которым названа туманность). Но это неправильная интерпретация. Карина (Carina) в переводе с латинского языка означает "Киль" — часть корабля. И не какого-нибудь абстрактного корабля, а корабля Арго, который изображался на старинных звёздных картах, а в наше время распался на несколько отдельных созвездий — Киль, Корма, Паруса и Компас. Из средних северных широт звёзды корабля Арго не видны. Даже в лучшие сезоны (зимой-весной) Киль, Корма и Паруса остаются глубоко под горизонтом. Увидеть их можно от северного тропика и южнее. Но это — сейчас. А в античные времена, когда Корабль Арго был вознесен на небо воображением древнегреческих астрономов, положение оси вращения Земли было несколько иным. И этот звёздный корабль был хорошо виден со средиземноморских берегов. Такое смещение направления земной оси вращения называется прецессией. Полный цикл прецессия проходит за 26 тысяч лет. Но для того, чтобы звёзды Арго покинули северный небосвод, хватило и трех тысяч.

Созвездие Киль (или как его нередко называют — созвездие Карины) — самое южное из этой группы созвездий. Поэтому, когда небо стали изучать астрономы Эпохи Возрождения, обнаружить эту потрясающую туманность они никак не могли — до той самой поры, пока Эпоха Великих Географических Открытий не занесла некоторых отчаянных наблюдателей в южное полушарие Земли. Туманность Киль обнаружил Николя-Луи де Лакайль (французский астроном, геодезист и аббат) с Мыса Доброй Надежды на южной оконечности Африки в 1752 году.

Туманность Киль — одна из ярчайших туманностей всего неба (а может быть и самая яркая). Её интегральный блеск соответствует первой звёздной величине. Это в несколько раз ярче Туманности Андромеды (которая теперь известна как Галактика Андромеды) и Туманности Ориона, и даже превосходит всю совокупную яркость звезд Плеяд. При этом, находится Туманность Киль очень далеко — около 8500 тысяч световых лет — это в 6 раз дальше Туманности Ориона. Как же ей удастся быть такой яркой?

Газ, наполняющий пространство в той области нашей Галактики, которая представляется нам красивой туманностью, светится не сам по себе. Его подпитывают своей энергией звёзды, которые родились в этой туманности — из этого же газа — из водорода. Здесь можно обнаружить большое количество сверхмассивных и очень горячих звезд. Ультрафиолетовое излучение от этих звезд возбуждает атомы водорода, ионизирует их, разбивая связь протона и электрона в атоме водорода. При этом фотон, совершивший такое действие, гаснет, а вместо него излучается два фотона гораздо менее энергичных — это одна составляющая свечения туманности. За долгое время существования ионизированного газа в туманности свободные электрон и протон в некоторый момент обязательно находят друг друга и соединяются в атом нейтрального водорода. И тогда выделяется еще один фотон. Но вскоре ультрафиолетовое излучение от любой из звезд, погруженных в туманность, вновь разбивают атом на протон и электрон, жертвуя исходный фотон и порождая два вторичных. Поэтому эмиссионные (газовые) туманности светятся пока внутри них сияют яркие и очень горячие звезды. А в Туманности Киля горячих и очень ярких звезд удивительное изобилие.

Пылевые туманности светятся иным образом — они просто отражают свет, достигший их. Либо поглощают, если оказываются на пути между яркой эмиссионной туманностью и наблюдателем — тогда они заметны, как темные волокна на светлом фоне более далекой эмиссионной туманности. В пределах Туманности Киля пылевые облака тоже есть — они создают её особый видимый "рельеф" и захватывающую детализацию всего туманного комплекса, который астрономы сумели разделить на множество обособленных туманностей поменьше: Замочная Скважина, Дерзкий Палец, Гомункул, Мистическая Гора... Нельзя объять необъятное, а уж оставить неделимой Туманность Киля и подавно не выйдет, ведь на небосводе она занимает более 4-х квадратных градусов (более 25 дисков полной Луны). А в космическом пространстве эта область Галактики простирается более чем на 500 световых лет. И всюду здесь рождаются новые гигантские звезды. В пределах Туманности Киля расположились несколько ярких и многозвёздных рассеянных скоплений.

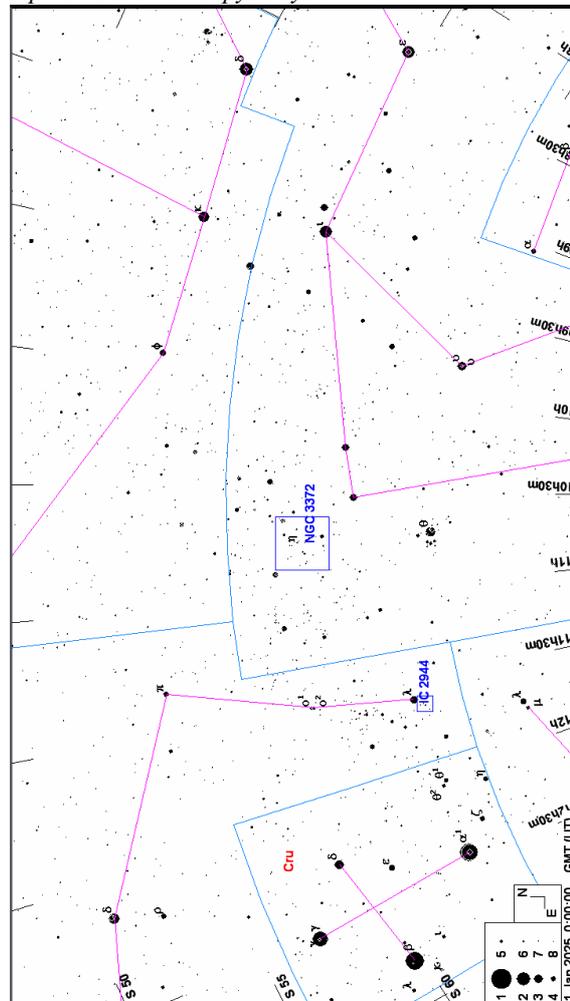
Самой примечательной звездой этого региона является Эта Киля — Гипергигант. В астрономии самые яркие и массивные звёзды называют сверхгигантами, но для такого светила приставка "сверх" чрезмерно уменьшительная и ласкательная. Прочие сверхгиганты по сравнению с Этой Киля — просто светящиеся крошки. По массе Эта Киля превосходит Солнце в 150 раз (по светимости — в 4 млн. раз). Прежде считалось, что таких звёзд во Вселенной существовать не может. Но

теперь астрономы обнаружили некоторое количество подобных гипергигантов — они существуют. Но живут крайне недолго — быстро выгорают и озаряют окрестности вспышкой сверхновой. Эта Киля уже близка к своему звездному финалу, который по прогнозам случится в ближайшие несколько сотен тысяч лет.

Туманность Киля (Carina Nebula) является излюбленным объектом астрофотографов, и в сети можно найти десятки прекрасных изображений. Один из лучших любительских снимков недавно сделал австралийский любитель астрономии Dylan O'Donnell. <https://byronbayobservatory.com.au/> К этому рассказу видеоиллюстрация создана на основе его астрофотоснимка. Я озвучил её своей музыкой из альбома «Пояс астероидов» — немного не про туманность, но трек оказался очень созвучный визуальному образу.

Альбом «Пояс астероидов» здесь: <https://neane.ru/rus/4/katalog/1414.htm>

Карта области вокруг туманности Киля

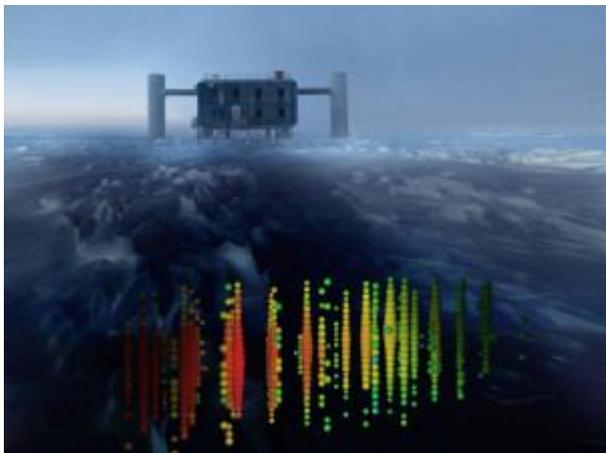


**Андрей Климковский,**

<https://klimkovsky.ru/>

<https://astronomy.ru/forum/index.php/topic,222517.0.html>

## История астрономии второго десятилетия 21 века



2017г 27 ноября 2017 года сайт AstroNews сообщает, что впервые в научном эксперименте была измерена способность нашей планеты поглощать нейтрино – частицы размерами меньше атома, которые движутся в пространстве со скоростями, близкими к скорости света, и ежесекундно проходят триллионами сквозь наши тела. В этом эксперименте был использован детектор IceCube (Ледяной куб), представляющий собой решетку из 5160 датчиков размерами с баскетбольную площадку, размещенную глубоко внутри глыбы чистого льда объемом один кубический километр, которая располагается близ Южного полюса на антарктической станции Амундсен-Скотт.

«Эти результаты имеют большое значение, поскольку они впервые показывают, что нейтрино с очень высокой энергией могут поглощаться каким-либо материалом – в нашем случае веществом Земли, - сказал Даг Коуэн (Doug Cowen), профессор физики, астрономии и астрофизики Университета штата Пенсильвания (США) принимавший участие в исследовании. Первые обнаружения нейтрино экстремально высоких энергий были произведены при помощи детектора IceCube в 2013 году, однако с тех пор так и не было однозначно выяснено, способен ли какой-либо материал остановить путешествие этих нейтрино сквозь пространство.

«Мы знали, что нейтрино низких энергий в своем движении не знают буквально никаких преград, - сказал Коуэн. – Однако, хотя мы и ожидали, что нейтрино высоких энергий в этом отношении будут вести себя по-другому, но до

настоящего времени ни в одном эксперименте не было показано, что эти частицы могут поглощаться Землей».

Детекторы эксперимента IceCube регистрируют нейтрино не напрямую, а через вспышки голубого света, известные как излучение Черенкова, которые возникают после серии взаимодействий, включающих высокоскоростные заряженные частицы, формирующиеся при взаимодействии нейтрино со льдом. При помощи этих детекторов ученые могут определять энергии нейтрино и направления, с которых они прибывают. В своей работе Коуэн и его коллеги обнаружили, что плотность потока нейтрино, проходящего сквозь нашу планету, ниже, по сравнению с потоками, прибывающими со всех других направлений.

Исследование опубликовано в журнале Nature.



2017г 28 ноября 2017 года для коррекции траектории полета американского космического зонда «Вояджер-1» (запуск 5.09.1977г) инженеры миссии Voyager 1 произвели пуск на 10 миллисекунд четыре двигателя коррекции траектории MR-103, не включавшиеся более 37 лет. 29 ноября, когда сигнал от аппарата, путешествовавший в космосе на протяжении 19 часов и 35 минут, достиг Земли, инженеры увидели, что двигатели корректировки траектории аппарата работают с производительностью, не уступающей производительности двигателей контроля положения.

Аппарат Voyager 1, являющийся самым далеким от Земли (в 139 астрономических единиц, это 21 миллиард километров) и самым быстрым (скорость составляет 17 км/с)

космическим аппаратом НАСА, также носит титул единственного искусственного объекта, находящегося в межзвездном пространстве (преодолеет границу гелиосферы около 25 августа 2012 года). Этот космический аппарат, полет которого длится уже в течение 40 лет, корректирует свое положение в пространстве для связи с Землей при помощи небольших устройств, называемых двигателями малой тяги. Эти двигатели включаются короткими импульсами продолжительностью по несколько миллисекунд, чтобы скорректировать направление антенны аппарата по отношению к Земле.

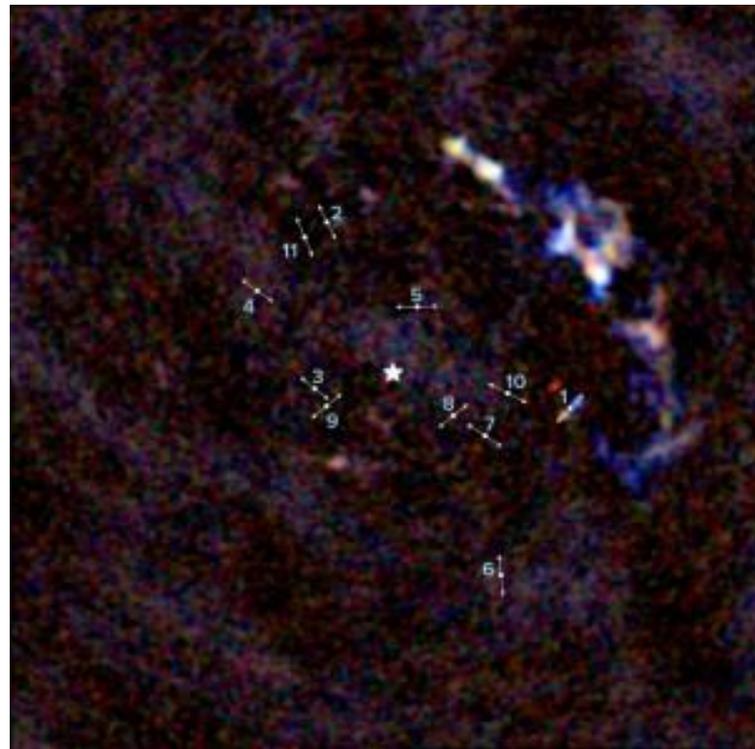
Начиная с 2014 г., инженеры заметили, что двигатели малой тяги аппарата Voyager 1, используемые для корректировки положения аппарата в пространстве и называемые «двигателями контроля положения» (attitude control thrusters), начали проявлять признаки деградации. Тогда инженерами миссии было принято решение попробовать включить другую группу двигателей малой тяги аппарата, называемых «двигателями корректировки траектории» (trajectory correction maneuver thrusters). Эти двигатели включались последний раз для корректировки траектории аппарата Voyager 1 при пролете им мимо Сатурна, последнего объекта Солнечной системы, лежащего на пути направляющегося к выходу из нее зонда.

Переключение аппарата на двигатели корректировки траектории теперь запланировано на январь. Для этого потребуется включить для каждого двигателя по одному подогревателю – операция, подразумевающая значительный расход энергии, запасы которой у стареющего космического аппарата весьма ограничены. Когда ресурсы энергии иссякнут, Voyager 1 вновь будет переведен на двигатели контроля положения.

«Вояджер-1» при старте масса составляла 798 кг, масса полезной нагрузки — 86 кг. Длина — 2,5 м. Корпус аппарата — десятигранная призма с центральным проёмом. На корпусе смонтирован отражатель направленной антенны диаметром 3,66 метра. Электропитание обеспечивают три вынесенных на штанге радиоизотопных термоэлектрических генератора, использующих плутоний-238 в виде окиси (в силу удалённости от Солнца солнечные батареи были бы бесполезны). На момент старта общее тепловыделение генераторов составляло около 7 киловатт, их кремний-германиевые термпары обеспечивали 470 ватт электрической мощности. Космический аппарат движется по гиперболической траектории относительно центра масс Солнечной системы, поэтому он не

вернётся в околосолнечное пространство под действием гравитационного притяжения. Если с ним ничего не случится по пути, примерно через 40 000 лет он должен пролететь в 1,6 светового года (15 трлн км) от звезды Глизе 445 созвездия Жирафа, которая движется в сторону созвездия Змееносца. В дальнейшем, вероятно, «Вояджер-1» будет вечно странствовать по галактике Млечный путь.

40 лет полёта «Вояджеров». Скоро они замолчат навсегда



**2017г 29 ноября 2017 года сайт AstroNews сообщает, что радиобсерватория ALMA помогла открыть 11 новых звезд небольших масс, располагающихся в опасной близости – в пределах трех световых лет, или одного парсека – от сверхмассивной черной дыры (СМЧД) Млечного Пути, известной астрономам как Стрелец A\*. На этом расстоянии приливные силы, действующие со стороны СМЧД, должны иметь достаточно большую величину, чтобы разрывать облака из пыли и газа прежде, чем в них смогут сформироваться звезды.**

Обычно звезды формируются в относительно спокойных областях космического пространства, где материя имеет возможность конденсироваться под действием гравитации. В непосредственных окрестностях сверхмассивной черной дыры, напротив, условия, с точки зрения современных представлений, не благоприятствуют формированию звезд – особенно небольших звезд, размером с Солнце - поскольку здесь действуют мощные приливные силы, а также интенсивное ультрафиолетовое и рентгеновское

излучение, идущее со стороны звезды. Однако результаты новых наблюдений, проведенных научной командой во главе с Фархадом Юзефом-Заде (Farhad Yusef-Zadeh) из Северо-Западного университета (США) при помощи обсерватории Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), расположенной на территории Чили, свидетельствуют о том, что в действительности даже в окрестностях СМЧД могут формироваться звезды.

Возраст этих вновь обнаруженных протозвезд составляет согласно оценкам команды Юзефа-Заде примерно 6 тысяч лет – буквально «мгновение ока» по астрономическим меркам. Прежде астрономы еще никогда не находили такие молодые светила в настолько неблагоприятных для формирования звезд условиях.

Идентификация этих протозвезд была проведена астрономами по классическим «двудольным коконам» из материала, окружающим новорожденные звезды. Эти космические «песочные часы» указывают на ранние стадии формирования звезд. Молекулы, такие как монооксид углерода (CO), в материале этих долей ярко светятся в миллиметровом диапазоне, в котором обсерватория ALMA способна проводить наблюдения с высокой точностью.

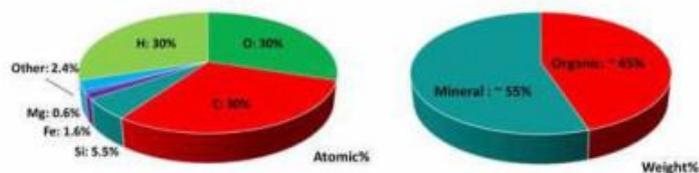
Исследование опубликовано в журнале *Astrophysical Journal*.

**2017г 4 декабря 2017 года сайт AstroNews сообщает, что исследователи представляют список компонентов вещества кометы 67P. Пыль, выбрасываемая с поверхности короткопериодической кометы с периодом обращения примерно 6 лет и 7 месяцев 67P/Чурюмова-Герасименко в космос, примерно наполовину состоит из органических молекул. Материал этой пыли является первородным веществом Солнечной системы и почти не претерпел изменений со времен ее формирования.**

Эти результаты были получены при помощи инструмента COSIMA космического аппарата Rosetta («Розетта», запуск 2.03.2004г), который исследовал комету 67P в период с августа 2014 года по сентябрь 2016 года. О находке на комете твердых органических веществ говорилось год назад.

В ходе миссии Rosetta при помощи инструмента COSIMA было собрано свыше 35000 частиц пыли, которые затем подверглись исследованию при помощи бортовых микроскопа и масс-спектрометра ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis). В новом исследовании ученые во главе с доктором Мартином Хильхенбахом

(Martin Hilchenbach), руководителем проекта COSIMA, ограничились изучением выборки из 30 частиц пыли разных размеров, собранных на различных этапах миссии Rosetta.



В ходе анализа исследователи выяснили, что материал пыли кометы состоит из тех же ингредиентов, что и вещество ее ядра, а потому может быть исследован вместо него. В этом материале доминируют органические вещества, на которые приходится примерно 45 процентов от массы твердого вещества кометы. Остальные 55 процентов приходятся на минеральную часть, представляющую собой в основном силикаты, демонстрирующие почти полное отсутствие признаков гидратации. Отсутствие признаков гидратации минералов – несмотря на наличие в составе вещества кометы 67P воды – указывает на то, что вода вещества кометы, находящаяся в форме льда, никогда не нагревалась до температуры своего плавления и не переходила в жидкую форму, в которой она имеет возможность гидратировать минералы. Это подтверждает гипотезу о первородности материала кометы, считают Хильхенбах и его коллеги.

Исследование опубликовано в журнале *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

**2017г 6 декабря 2017 года астрономы объявили об обнаружении самого удаленного квазара ULAS J1342+0928, открытого на основании обработки совокупности данных, полученных с инфракрасного космического телескопа Wide-Field Infrared Survey Explorer (WISE) и с наземных телескопов: одного из Магеллановых телескопов в обсерватории Лас-Кампанас в Чили, Большого бинокулярного телескопа в Аризоне и Северного телескопа «Джемини» на Гавайях. Связанная с квазаром чёрная дыра уже существовала, когда возраст Вселенной составлял всего 690 миллионов лет (около 5 % от известного на данный момент возраста Вселенной 13,8 млрд лет).**

Команда астрономов во главе с Эдуардо Банадосом (Eduardo Bañados) обнаружила данную самую далекую сверхмассивную черную дыру, лежащую в центре сверхяркого квазара. Масса этой черной дыры оценивается в 800 миллионов масс Солнца - настоящий

«Голиаф» по современным стандартам и аномалия для ранней Вселенной. Любой черной дыре для роста требуется время, поэтому обнаружение настолько массивной черной дыры в тот период истории Вселенной, когда она существовала еще всего лишь в течение 690 миллионов лет, требует теоретического объяснения.

Кроме самой черной дыры в этом исследовании интерес вызывают те условия, в которых черная дыра существовала в ранней Вселенной. Авторы работы рассчитали, что эта черная дыра существовала в ту эпоху, когда Вселенная находилась на переходном этапе от состояния, в котором водород является нейтральным, а сама Вселенная – непрозрачной для света, к состоянию, отвечающему полностью ионизированному водороду. Этот процесс, называемый ионизацией Вселенной, был связан с появлением первых звезд и галактик, свет которых ионизировал атомы водорода, то есть отделил содержащиеся в них электроны от ядер.

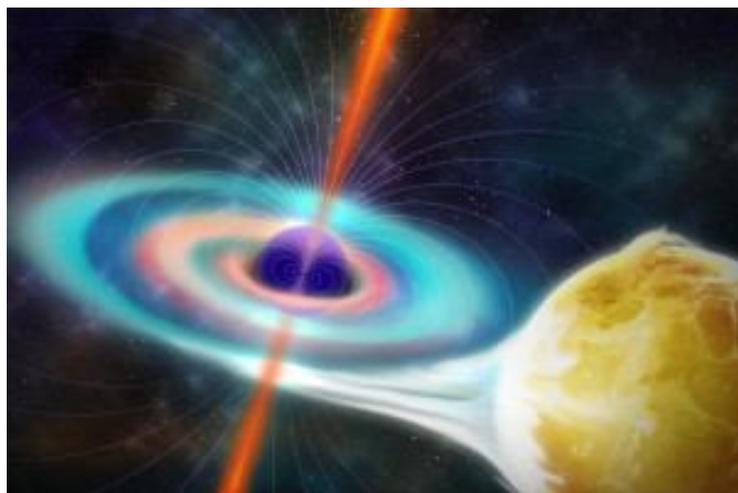


По состоянию на конец 2017 год являлся самым удалённым из всех известных квазаров с красным смещением ( $z$ ) 7,54, что превышает показатель предыдущего наиболее удалённого квазара ULAS J1120+0641. ULAS J1342+0928 находится в 13,1 млрд. световых лет от Земли в созвездии Волопаса.

**2017г 8 декабря 2017 года сайт AstroNews сообщает, что магнитное поле черной дыры оказалось удивительно слабым. Черные дыры хорошо известны своим мощным гравитационным воздействием на материю, позволяющим им поглощать целые звезды и испускать в космос потоки материи со скоростью, близкой к скорости света. Однако магнитное поле в окрестностях одной из черных дыр, к удивлению исследователей, оказалось довольно слабым.**

Эта чёрная дыра диаметром около 60 километров с массой около  $12 \pm 3$  масс Солнца, находящаяся на расстоянии 7800 световых лет от Земли и называемая V404 Лебеда (V404 Cygni) — двойная звездная система Лебеда,

дала возможность впервые измерить с высокой точностью параметры магнитного поля, окружающего эти самые глубокие «гравитационные колодцы» Вселенной. Группа исследователей под руководством И. Даллилар (Y. Dallilar) с кафедры астрономии Университета Флориды (США) в результате анализа данных наблюдений, проведенных с использованием Большого Канарского телескопа, расположенного на Канарских островах (Испания) обнаружила, что магнитное поле вокруг черной дыры на самом деле примерно в 400 раз слабее, чем ожидалось.



Эти измерения позволяют ученым глубже понять устройство и механизмы функционирования магнитных полей черных дыр, проникая в тайны поведения материи в экстремальных физических условиях. Эти знания в дальнейшем могут быть использованы для расширения возможностей систем GPS навигации и усовершенствования конструкций ядерных реакторов.

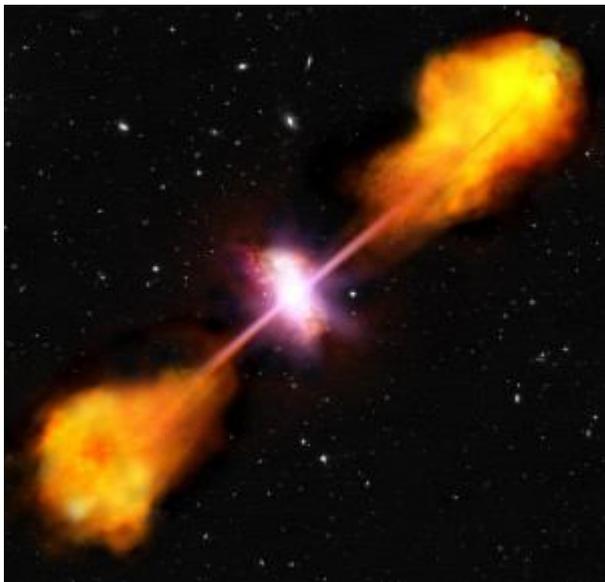
Эти измерения также могут помочь ученым разгадать загадку появления так называемых «джетов» черных дыр – потоков заряженной материи, извергаемых со стороны черной дыры и движущихся со скоростью, близкой к скорости света. Ранее ученые полагали, что эти джеты ускоряются в мощном магнитном поле черной дыры, однако теперь эта гипотеза требует пересмотра, отмечает Даллилар.

Исследование опубликовано в журнале Science.

**2017г 8 декабря 2017 года сайт AstroNews сообщает, что таинственные ветра квазаров оказались связаны с интенсивным звездообразованием. Астрономы, используя для наблюдений космическую обсерваторию Herschel («Гершель», 2009-2013) Европейского космического агентства, смогли ответить на вопрос, стоящий перед космической наукой в течение нескольких**

**десятилетий: откуда берутся мощные «ветра» холодного газа, наблюдаемые в раскаленных окрестностях квазаров. Новые данные, устанавливающие связь между этими мощными ветрами и формированием звезд внутри родительской галактики квазара, могут также помочь понять, почему размер галактик нашей Вселенной имеет ограничение сверху.**

Начиная с момента открытия квазаров, состоявшегося в 1960-х гг., эти загадочные источники ставили перед учеными все новые и новые вопросы. Эти высокоэнергетические источники – светимость которых превосходит светимость Млечного Пути примерно в 10000 раз – являются ядрами далеких галактик, в центрах которых лежит сверхмассивная черная дыра. Газ, втягиваемый черной дырой на аккреционный диск, разогревается до очень высоких температур и излучает энергию в широком диапазоне длин волн – от радио- до рентгеновских лучей.



Исторически, исследуя спектры квазаров, ученые обнаружили в них признаки линий, отвечающих поглощению света, идущего от квазара, лежащим перед ним слоем холодного газа, содержащего тяжелые элементы-металлы (астр.) – такие как углерод, магний и кремний. Характер линий указывал на то, что скорость движения газа составляет порядка несколько тысяч километров в секунду, и газ расположен внутри родительской галактики квазара. Но что могло так разогнать холодный газ внутри родительской галактики квазара?

Ответ на этот вопрос получен в новом исследовании, проведенном группой ученых, возглавляемых Питером Бартелем (Peter Barthel) из Гронингенского университета (Нидерланды). Исследователи выявили стойкую корреляционную зависимость между скоростью звездообразования внутри квазара и

интенсивностью линий поглощения, отвечающих этим потокам холодного газа. Эти данные также могут помочь ученым понять, почему галактики нашей Вселенной, которые теоретически могут вырастать до бесконечно больших размеров, на самом деле чаще имеют относительно небольшой размер. Согласно авторам исследования это объясняется отрицательной обратной связью по размеру галактики при ее росте, механизм которой состоит в том, что рост галактики интенсифицирует звездообразование, но вместе с ним растет скорость ветров квазара, потоков холодного газа, являющегося основным звездообразовательным материалом - и газ таким образом «выдувается» из галактики, указывают Бартель и его коллеги.

Исследование вышло в журнале *Astrophysical Journal*.

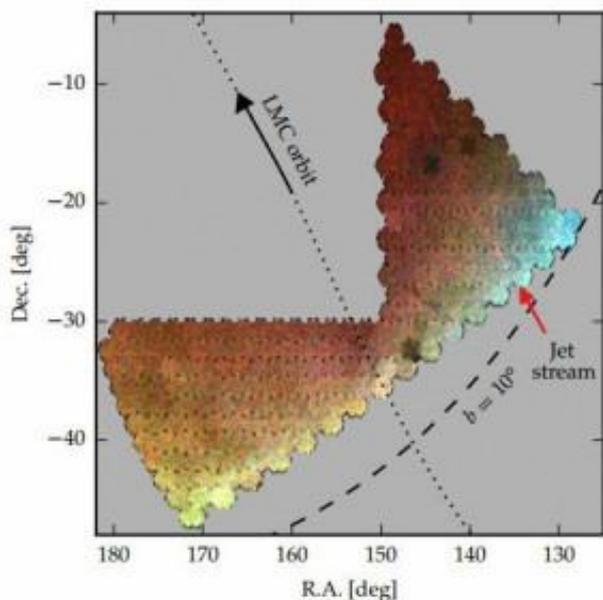
**2017г 10 декабря 2017 года сайт AstroNews сообщает, что астрономы открывают новый звездный поток в нашей Галактике. Международная команда астрономов обнаружила новый тонкий звездный поток в гало нашей галактики Млечный Путь. Эта вновь открытая структура, получившая название jet stream («реактивная струя»), может помочь исследователям ответить на фундаментальные вопросы относительно распределения массы темной материи в гало галактики Млечный путь.**

Звездные потоки являются остатками карликовых галактик или шаровых звездных скоплений, которые когда-то обращались вокруг крупной галактики, но впоследствии были разорваны и вытянуты вдоль своих орбит приливными силами, действующими со стороны родительской галактики. До настоящего времени в галактике Млечный путь было идентифицировано примерно 20 звездных потоков, в галактике Андромеда – всего лишь несколько, и примерно 10 звездных потоков было обнаружено за пределами Местной группы галактик.

В новом исследовании группа астрономов во главе с Прашином Джетва (Prashin Jethwa) из Европейской южной обсерватории обнаружила еще один звездный поток в нашей Галактике в рамках проведения обзора неба в оптическом диапазоне под названием Search for the Leading Arm of Magellanic Satellites (SLAMS). В обзоре неба SLAMS используется 4-метровый телескоп Бланко, расположенный в Межамериканской обсерватории Серро-Тололо (Чили) и предназначенный для наблюдений Большого и Малого Магеллановых Облаков. Однако наблюдения, проведенные командой Джетвы в декабре 2016 г. и январе 2017 г., по счастливой случайности выявили наличие

нового звездного потока внутри гало Млечного пути.

Согласно исследованию этот поток находится на расстоянии 95000 световых лет от нас и пересекает на небе созвездия Гидры и Компаса. Исследователи оценили, что ширина потока составляет примерно 293 световых года. Такой тонкий поток, считают исследователи, скорее всего, сформировался из шарового звездного скопления, а не из карликовой галактики.



Кроме того в исследовании показано, что эта «реактивная струя» имеет массу порядка 25000 звездных масс – что делает ее одним из наименее массивных звездных потоков, открытых на сегодняшний день. Более того, исследователи открыли, что поток состоит в основном из бедных металлами (астр.) звезд, а его возраст составляет примерно 12,5 миллиарда лет.

На 231-м собрании Американского астрономического общества (начали работу 8 января 2018 года) сообщили (опубликовано 18 января) интригующие результаты первых трех лет реализации проекта «Dark Energy Survey» (DES, - инструмент DES установлен на 4-метровом телескопе Бланко в Чили, проект начат в 2013 году и завершится в 2018 году), изучающий таинственную силу, ответственную за ускоренное расширение Вселенной. Пакет данных содержит сотни терабайт изображений, снятых 570-мегапиксельной камерой Dark Energy Camera и покрывающих восьмую часть неба, а также каталоги, описывающие сотни миллионов звезд и галактик.

Ученые обнаружили 11 новых звездных потоков, оставшихся от меньших галактик, разорванных в клочья Млечным Путем. Галактики сталкиваются довольно регулярно, и большая обычно разрывает меньшую на части и

поглощает ее звезды и материю. Однако некоторые из этих звезд остаются на орбите вокруг большей галактики, образуя так называемый звездный поток. Ранее были идентифицированы только 23 потока, большинство из которых окружают Млечный Путь, а несколько образованы вокруг галактики Андромеды. А тут за три года сразу 11. Впечатляет!!!

«Удивительно, что мы нашли столько звездных потоков. Мы можем использовать эти потоки для измерения количества и распределения темной материи в Млечном Пути. Изучение звездных потоков поможет ограничить фундаментальные свойства темной материи», – считает астрофизик Алекс Дрлица-Вагнер.

«В данных ожидаются всевозможные открытия. Хотя ученые DES сосредоточены на их применении для изучения темной энергии, мы хотим, чтобы астрономы всесторонне использовали их потенциал для улучшения понимания Вселенной», – говорит Брайан Янни, ученый DES, отвечающий за управление данными.



Также поток газа связывает между собой две карликовые галактики, Большое Магелланово Облако и Малое Магелланово Облако – обе из которых обращаются вокруг Млечного пути. Однако помимо обращения вокруг Млечного пути эти две галактики также обращаются друг относительно друга. Каждая из галактик-спутников тянет вещество из соседней галактики, и одной из двух галактик удалось вытянуть гигантское облако газа из другой галактики.

Группа исследователей во главе с Эндрю Фоксом (Andrew Fox) из Института исследований космоса с помощью

космического телескопа (США), проанализировав спектр поглощения света далеких квазаров облаком Leading Arm с использованием космического телескопа Hubble, доказали что газ этого потока соответствует материалу Малого Магелланова Облака. Этот газовый поток под названием Leading Arm связывает Магелленовы Облака с нашей галактикой Млечный путь. Возраст этой структуры размером примерно с половину нашей Галактики составляет от 1 до 2 миллиардов лет. Поток был поглощен нашей галактикой Млечный путь и привел к повышению интенсивности звездообразования в ней.



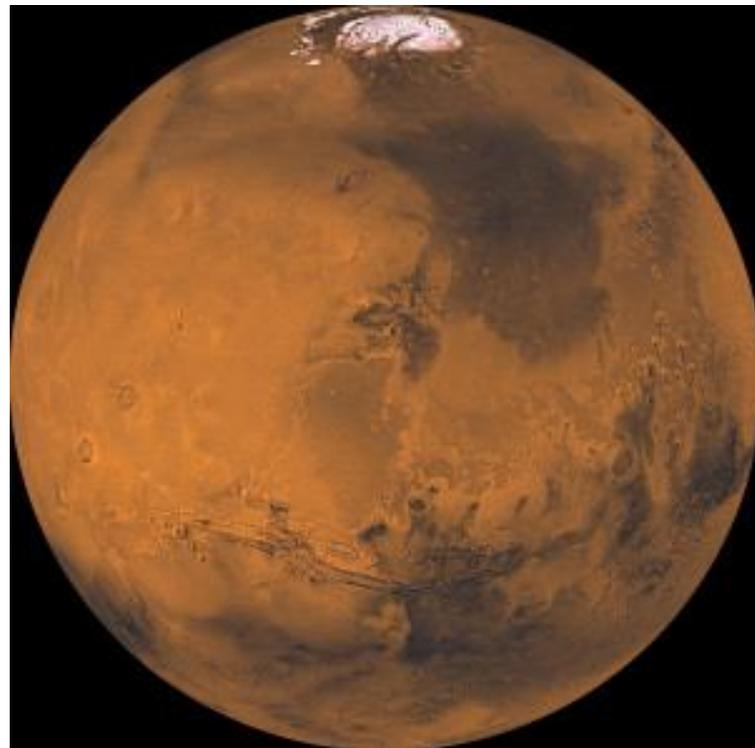
**2017г 13 декабря в статье, принятой к публикации в Astronomical Journal говорится об обнаружении первого двойника Солнечной системы. Открытие восьмой по счету планеты Kepler-90i на орбите вокруг далекой звезды в системе Kepler-90 в созвездии Дракона на расстоянии  $2,54 \pm 0,33$  тыс. световых лет от Солнца астрономом из Техасского университета в Остине (США) Эндрю Вандербургом (Andrew Vanderburg) и его коллегами меняет статус нашей Солнечной системы, как имеющей наибольшее число планет среди всех известных науке планетных систем. Теперь мы в общем потоке. Ранее системы с восемью экзопланетами не обнаруживались.**

Эта вновь обнаруженная планета, получившая обозначение Кеплер 90i – раскаленная каменная планета, обращающаяся вокруг родительской звезды с периодом 14,4 суток – была открыта при помощи компьютерного кода, представляющего собой так называемую нейронную сеть, «обученную» поиску сигналов далеких планет в архиве наблюдательных данных, собранных при помощи космического телескопа НАСА Kepler («Кеплер»). Этот космический телескоп обнаруживает далекие внесолнечные планеты по крохотным изменениям яркости звезды при прохождении перед ней планеты – так называемый «транзитный метод».

Подобно нейронам человеческого мозга программа, разработанная командой Вандербурга, «просеяла» данные, собранные при помощи космической обсерватории Kepler, и обнаружила слабый транзитный сигнал, указывающий на присутствие прежде не наблюдаемой восьмой планеты на орбите вокруг звезды Кеплер-90, солнцеподобной звезды, расположенной на расстоянии 2545 световых лет от Земли в направлении созвездия Дракона.

Богатая планетами система этой звезды, однако, вряд ли может стать местом существования внесемной жизни. В этой системе все восемь планет располагаются слишком близко к родительской звезде, ближе, чем Земля к Солнцу. Поэтому температура на поверхности, например, планеты Кеплер 90i очень высока и достигает 450 градусов, сообщают Вандербург и его соавторы.

До открытия Kepler-90 i планетная система желтого карлика Kepler-90 совместно с системой красного карлика TRAPPIST-1 в созвездии Водолея, HD 10180 в созвездии Гидры и HR 8832 в созвездии Кассиопеи занимали лидерство по количеству известных семи экзопланет. После обнаружения восьмой планеты Kepler-90 стала самой большой экзопланетной системой, известной человечеству.



**2017г 19 декабря 2017 года сайт AstroNews сообщает, что Марс и Земля не были соседями несколько миллиардов лет назад. В новом исследовании предполагается, что Марс сформировался в том месте, которое сейчас носит название Астероидного пояса,**

**то есть планета находилась примерно в 1,5 раза дальше от Солнца, чем сейчас, прежде чем мигрировала в свое текущее расположение.**

Большинство ученых считают, что Марс сформировался рядом с Землей из одного и того же материала, однако этому предположению противоречат обнаруженные различия в составе материала этих двух планет. Марс содержит другие, более легкие, чем в случае Земли, силикаты, больше напоминающие вещество метеоритов. В попытке объяснить, почему химические и изотопные составы вещества Марса и Земли так значительно различаются между собой, исследователи из Японии, США и Великобритании во главе с Р. Брассером (R. Brasser) построили компьютерную модель движения Красной планеты по Солнечной системе.

Хотя проведенные командой Брассера сеансы моделирования показали, что наиболее вероятным сценарием является формирование Марса рядом с Землей, однако эта версия не объясняет различия в составе вещества двух планет. Поэтому исследователи обратили свое внимание на так называемую модель Большого отклонения (Grand Tack model), согласно которой Юпитер играл основную роль в формировании планет внутренней части Солнечной системы и их окончательных орбит. Согласно этой гипотезе недавно сформировавшийся Юпитер помог транспортировать к Солнцу большое количество вещества, из которого затем сформировались Земля и Венера, в то же время оттолкнув часть материала от Марса, вследствие чего масса сформировавшейся Красной планеты составила не более чем 11 процентов от массы Земли.

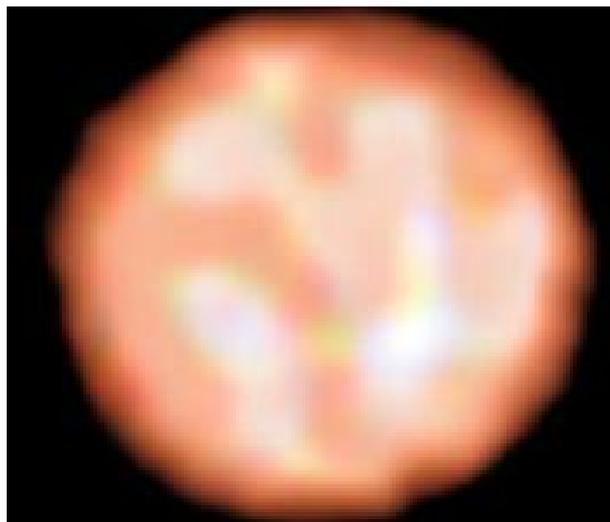
При моделировании в соответствии с гипотезой Большого отклонения Брассер и его коллеги получили с небольшой вероятностью сценарий, в котором Марс формируется намного дальше от Солнца, чем Земля и Венера, однако авторы работы считают, что, несмотря на относительно низкую вероятность развития такого сценария, именно он имел место в ранней Солнечной системе, поскольку только этот сценарий позволяет объяснить различия в химическом и изотопном составе вещества Марса и Земли.

Работа опубликована в журнале *Earth and Planetary Science Letters*.

**2017г 20 декабря 2017 года опубликована в журнале Nature статья о том, что астрономы впервые смогли рассмотреть огромные конвективные ячейки в фотосфере стареющей звезды  $\pi 1$  Журавля.**

$\pi 1$  Журавля является тесной двойной звездной системой, состоящей из желтого карлика и красного гиганта, расположенных на расстоянии 530 световых лет от Земли. Последний является пульсирующей переменной звездой с периодом изменения яркости в 199 дней, его масса больше солнечной в полтора раза, а диаметр — в 658 раз. Эффективная температура звезды оценивается в 3100 К. Этот гигант находится на завершающей стадии своей эволюции и постепенно теряет свои внешние слои, которые рассеиваются в пространстве. Доказательством этого служит обнаруженная на расстоянии в 0,91 светового года от звезды газовая оболочка, сброшенная около двадцати тысяч лет назад. Помимо этого главный компонент системы относится к звездам S-типа, в спектрах которых обнаруживаются химические элементы, такие как цирконий, рожденные в результате s-процесса.

Астрономы следили за красным гигантом в сентябре 2014 года при помощи приемника PIONIER, установленного на интерферометре VLTI (The Very Large Telescope Interferometer), составленного из четырех 8-метровых телескопов. Наблюдения велись на трех длинах волн в ближнем инфракрасном диапазоне, так как окрестности вблизи фотосферы звезды достаточно «пыльные», что мешает наблюдениям в оптике. В дальнейшем для построения изображений применялся специализированный код SQUEEZE, основанный на методе Монте Карло по схеме марковской цепи (Markov Chain Monte Carlo, MCMC), а также алгоритм реконструкции изображений MiRa.



В результате ученым удалось разглядеть элементы структуры верхних слоев звезды — гранулы или конвективные ячейки. Единственная звезда, у которой ранее астрономы могли увидеть подобные образования — Солнце. Фотосфера нашей

звезды состоит из примерно двух миллионов конвективных ячеек, диаметр которых около 1500-2000 километров. Однако на поверхности гигантских и сверхгигантских звезд, которые могут быть в несколько сотен раз больше Солнца, малая поверхностная гравитация способна порождать лишь небольшое количество крупных конвективных ячеек. Так и произошло в случае красного гиганта  $\pi$ 1 Журавля, у которого наблюдается несколько конвективных ячеек, каждая из которых имеет размер в поперечнике около 120 миллионов километров, что равно примерно 27% диаметра самой звезды или, чуть больше, чем расстояние от Солнца до Венеры.



**2017г 22 декабря 2017 года сайт AstroNews сообщает, что команда астрономов, изучающая звезду RZ Рыб, обнаружила признаки, указывающие на то, что необычные, нерегулярные эпизоды снижения яркости этой звезды вызваны обширными облаками из газа и пыли, являющимися остатками одной или более разрушенных планет. Для обзора решили использовать спутник ЕКА XMM-Newton и 10-метровый телескоп обсерватории Кек.**

«Наши наблюдения показывают наличие массивных облаков пыли и газа, которые блокируют часть звездного света и, вероятно, движутся по спирали, падая на звезду, - сказала Кристина Пунци (Kristina Punzi), студент докторантуры Технологического института Рочестер, США, и главный автор нового исследования. – И хотя, очевидно, могут существовать и другие объяснения этих наблюдений, но мы склоняемся к тому, что этот материал сформировался в результате дезинтеграции массивного тела, обращаемого вокруг звезды».

Звезда RZ Рыб расположена на расстоянии примерно 550 световых лет от Земли в созвездии Рыбы. Яркость этой звезды нерегулярно снижается почти в 10 раз, по сравнению с исходным уровнем. Кроме того, звезда интенсивно излучает в ИК-диапазоне, что указывает на то, что вокруг звезды

находится большое количество космической пыли.

Эти предыдущие наблюдения привели астрономов к выводу, что звезда RZ Рыб представляет собой молодую солнцеподобную звезду, окруженную плотным поясом астероидов, в котором частые столкновения привели к превращению камней в пыль. Однако существовало и альтернативное объяснение, согласно которому RZ Рыб является не молодой, а стареющей звездой, входящей в фазу красного гиганта. В этом случае источником пыли могли стать осколки планеты, поглощаемой звездой.

В своей работе Пунци и ее коллеги на основе наблюдений звезды RZ Рыб при помощи рентгеновских и оптических обсерваторий делают вывод о том, что звезда является все же относительно молодой, ее возраст составляет от 30 до 50 миллионов лет), однако она уже не окружена в этом возрасте диском из газа и пыли. Вместо этого наличие больших количеств пыли в окрестностях этой звезды команда Пунци связывает с приливным разрывом звездой крупного тела, возможно, планеты. Основываясь на оценке температуры пыли (230 градусов Цельсия), исследователи предполагают, что облако пыли находится на расстоянии примерно 50 миллионов километров от звезды.

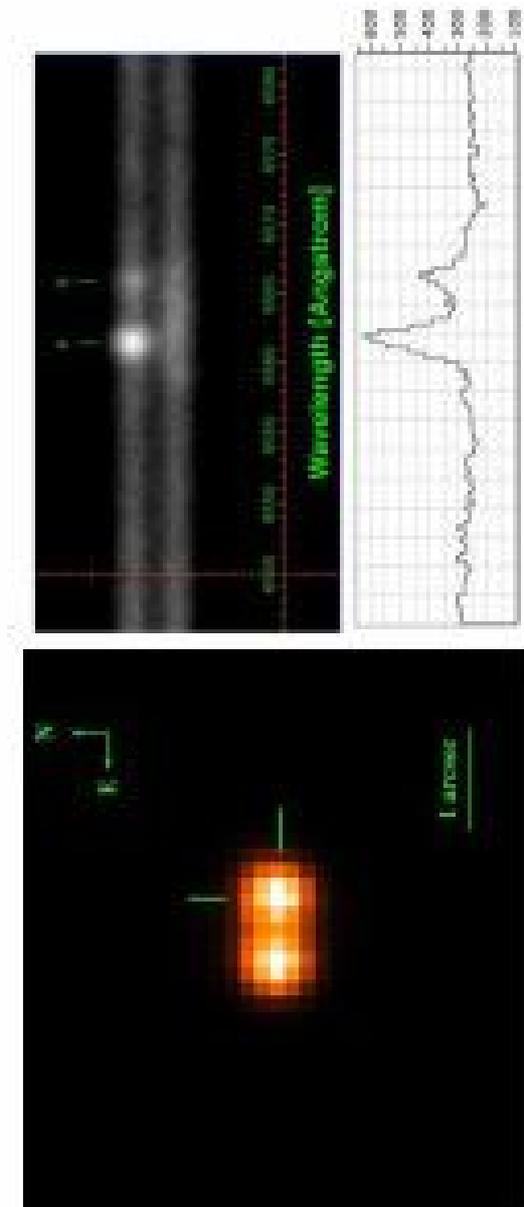
Исследование вышло в журнале *Astronomical Journal*.

**2017г 24 декабря 2017 года на сервере предварительных научных публикаций arxiv.org (arxiv.org/abs/1712.08884) появилось исследование, что астрономы проанализировав архивные результаты обзоров неба и проведя дополнительные измерения радиальных скоростей звезд, открыли новую затменно двойную системы - двойная звезда, состоит из двух карликов спектрального класса М, обращающихся друг относительно друга на сравнительно небольшом расстоянии.**

Карлики спектрального класса М, особенно те из них, которые входят в состав затменных двойных систем, играют важную роль в понимании фундаментальных параметров звезд небольших масс. Затменные двойные системы позволяют напрямую измерить массу, радиус и эффективную температуру входящих в них звезд.

В новом исследовании группа ученых во главе с Цянь-Сиу Ли (Chien-Hsiu Lee) из Национальной астрономической обсерватории Японии идентифицировала новую затменную двойную систему из карликов спектрального класса М. Эта система была обнаружена в данных, собранных ранее при помощи обзоров

неба Sloan Digital Sky Survey (SDSS) и Catalina Sky Survey (CSS). Этот вновь обнаруженный объект наблюдался впоследствии при помощи спектрографа Gemini Multi-Object Spectrograph, установленного на телескопе Gemini North, расположенном на Гавайях, для измерения радиальных скоростей относящихся к нему звезд.



Согласно этому исследованию источник SDSSJ1156-0207 представляет собой очень тусклую затменную двойную систему, состоящую из карликов спектрального класса M, орбитальный период которой составляет всего лишь 0,3 суток. Масса и размер основной звездной компоненты системы примерно в половину меньше соответствующих величин аналогичных параметров Солнца, в то время как размер второй звезды составляет примерно 30 процентов от размера Солнца, а масса – всего лишь 0,19 массы нашего светила. Звезды разделены расстоянием примерно в 0,0077

астрономической единицы (1 а.е. равна расстоянию от Земли до Солнца).

Кроме того, исследователи оценили эффективную температуру системы. Эффективная температура основной звезды составила 3101 Кельвин, а эффективная температура второй звездной компоненты – 2899 Кельвинов.

*2017г В 2017 году было открыто 135 экзопланет. 2017 год в планетологии был примечателен следующими важными событиями:*

*22 февраля — на конференции NASA астрономы сообщили, что вокруг звезды TRAPPIST-1 открыто семь экзопланет размером с Землю, три из которых находятся в зоне обитаемости. (сообщение)*

*31 марта — у экзопланеты GJ 1132 b земного типа впервые нашли атмосферу. (сообщение)*

*6 июня — обнародована информация об открытии в 2014 году самой горячей экзопланеты, известной на данный момент. Она получила название KELT-9 b и вращается вокруг звезды KELT-9. (сообщение)*

*19 июня — с помощью телескопа «Кеплер» были обнаружены ещё 10 экзопланет, находящихся в обитаемой зоне. (сообщение)*

*21 июня — открыты две планеты у звезды Лейтена, второй по удалённости планетной системы от Земли после Проксимы; одна из них находится в обитаемой зоне. (сообщение)*

*6 августа — первая экзопланета (HD 208897 b), открытая на российско-турецком телескопе PTT-150. (сообщение)*

*13 сентября — в атмосфере планеты WASP-19 b была впервые найдена окись титана. (сообщение)*

*15 сентября — астрономы выяснили, что поверхность планеты WASP-12 b является очень тёмной. (сообщение)*

*14 декабря — с помощью нейронных сетей была открыта планета Kepler-90 i. Таким образом, система Kepler-90 является рекордсменом на данный момент (не считая Солнечной системы) по количеству планет. (сообщение)*

*18 декабря — учёные выяснили, что орбита планеты Глизе 436 b, открытой в 2004 году, имеет полярную орбиту. (сообщение)*

*21 декабря — астрономы выяснили, что атмосфера планеты WASP-39 b содержит гораздо больше водяного пара, чем ожидалось. Это значит, что планета образовалась на более далёком расстоянии от звезды и в дальнейшем мигрировала на свою текущую орбиту.*

**Анатолий Максименко,**  
Любитель астрономии, <http://astronomam.ru>



### Избранные астрономические события месяца (время всемирное - UT)

2 октября - максимальная западная либрация  
Луны по долготе  $6,7^\circ$ ,

2 октября - Меркурий проходит в 2 градусах  
севернее Спика,

5 октября - Луна ( $\Phi = 0,96+$ ) в восходящем узле  
своей орбиты,

6 октября - Луна ( $\Phi = 0,98+$ ) близ Сатурна и  
Нептуна,

7 октября - полнолуние,

8 октября - Луна ( $\Phi = 0,97-$ ) в перигее своей  
орбиты на расстоянии 359819 км от центра  
Земли,

9 октября - максимум действия метеорного  
потока Драконида ( $ZHR = 20 - 100$ ),

10 октября - Луна ( $\Phi = 0,87-$ ) близ Альдебарана,  
Урана и рассеянного звездного скопления  
Плеяды (покрытие при видимости на Чукотке),

11 октября - максимальная южная либрация Луны по широте  $6,8^\circ$ ,  
 12 октября - Луна ( $\Phi = 0,68-$ ) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,  
 13 октября - Луна в фазе последней четверти,  
 13 октября - Луна ( $\Phi = 0,48-$ ) близ Юпитера,  
 14 октября - Луна ( $\Phi = 0,37-$ ) проходит севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44),  
 15 октября - максимальная восточная либрация Луны по долготе  $7,2^\circ$ ,  
 16 октября - покрытие Луной ( $\Phi = 0,2-$ ) Регула при видимости в Северной Америке,  
 18 октября - Луна ( $\Phi = 0,10-$ ) в нисходящем узле своей орбиты,  
 19 октября - Луна ( $\Phi = 0,03-$ ) близ Венеры,  
 20 октября - Меркурий проходит в 2 градуса южнее Марса,  
 21 октября - максимум действия метеорного потока Ориониды ( $ZHR = 15$ ),  
 21 октября - Луна ( $\Phi = 0,01-$ ) проходит близ Спика (покрытие не видно из-за близости к Солнцу),  
 21 октября - новолуние,  
 23 октября - Луна ( $\Phi = 0,04+$ ) близ Меркурия и Марса,  
 23 октября - Луна ( $\Phi = 0,06+$ ) в апогее своей орбиты на расстоянии 406445 км от центра Земли,  
 25 октября - максимальная северная либрация Луны по широте  $6,7^\circ$ ,  
 25 октября - покрытие Луной ( $\Phi = 0,11+$ ) Антареса (при видимости в Южной Америке и Антарктиде),  
 26 октября - Луна ( $\Phi = 0,22+$ ) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,  
 29 октября - Луна в фазе первой четверти,  
 29 октября - Меркурий в максимальной восточной (вечерней) элонгации 24 градуса,  
 31 октября - максимальная западная либрация Луны по долготе  $7,5^\circ$ .

**Солнце** движется по созвездию Девы до конца месяца, а наблюдать его поверхность можно в любой телескоп, защищенный солнечным фильтром у объектива. Особенно интересно наблюдать Солнце на восходе или заходе. Относительно теплая погода октября создает комфортные условия для наблюдений и днем и ночью. Долгота дня за месяц уменьшается с 11 часов 34 минут до 09 часов 17 минут. Эти данные справедливы для широты Москвы, где полуденная высота Солнца уменьшится за месяц от 31 до 20 градусов. Октябрь - один из благоприятных месяцев для наблюдений дневного

светила. **Но нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно проводить обязательно (!) с применением солнечного фильтра** (рекомендации по наблюдению Солнца имеются в журнале «Небосвод» <http://astronet.ru/db/msg/1222232>).

Луна начнет движение по октябрьскому небу в созвездии Стрельца при фазе 0,6+. 1 октября Луна ( $\Phi = 0,67+$ ) вступит в созвездие Козерога пробудет здесь до 3 октября, когда при фазе 0,86+ перейдет в созвездие Водолея. 5 октября почти полная Луна при фазе 0,97+ перейдет в созвездие Рыб, где при фазе 0,98+ будет наблюдаться близ Сатурна и Нептуна. 7 октября в созвездии Рыб яркая Луна примет фазу полнолуния, наблюдаясь всю ночь. 8 октября Луна ( $\Phi = 0,98-$ ) перейдет в созвездие Овна. 9 октября ночное светило достигнет созвездия Тельца при фазе 0,88-, а 10 октября при фазе 0,87- пройдет близ Урана и рассеянного звездного скопления Плеяды (покрытие при видимости на Чукотке). В этот же день Луна ( $\Phi = 0,8-$ ) пройдет севернее Альдебарана, а 12 октября при фазе 0,66- перейдет в созвездие Близнецов и примет здесь фазу последней четверти 13 октября, пройдя в этот же день севернее Юпитера при фазе 0,48-. 14 октября лунный серп ( $\Phi = 0,45-$ ) перейдет в созвездие Рака. Здесь в этот день Луна ( $\Phi = 0,37-$ ) пройдет севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44), а 15 октября при фазе 0,29- старый месяц перейдет в созвездие Льва. Здесь 16 октября произойдет покрытие Луной ( $\Phi = 0,2-$ ) Регула при видимости в Северной Америке. 18 октября при фазе 0,07- Луна перейдет в созвездие Девы. Здесь Луна 19 октября пройдет близ Венеры при фазе 0,03-, а 21 октября при фазе 0,01- пройдет близ Спика (покрытие не видно из-за близости к Солнцу). В этот день Луна примет фазу новолуния, а 22 октября лунный серп ( $\Phi = 0,01+$ ) перейдет в созвездие Весов. Здесь 23 октября при фазе 0,04+ молодой месяц пройдет близ Меркурия и Марса, а 24 октября при фазе 0,07+ достигнет созвездия Скорпиона. Здесь 25 октября произойдет покрытие Луной ( $\Phi = 0,11+$ ) Антареса (при видимости в Южной Америке и Антарктиде). В этот же день Луна ( $\Phi = 0,11+$ ) перейдет в созвездие Змееносца, а 26 октября при фазе 0,21+ - в созвездие Стрельца. 29 октября лунный серп при фазе 0,44- вступит в созвездие Козерога, приняв в этот день фазу первой четверти. 31 октября лунный овал ( $\Phi = 0,66+$ ) достигнет созвездия Водолея и закончит здесь свой путь по небу октября при фазе 0,73+.

**Большие планеты Солнечной системы.** Меркурий перемещается прямым движением по созвездию Девы, 12 октября переходя в созвездие Весов, а 29 октября - в созвездие Скорпиона. Быстрая планета находится на вечернем небе, 29 октября достигая максимальной восточной элонгации 24 градуса. 23 октября близ Меркурия

пройдет Луна. Блеск планеты уменьшается от  $-0,5m$  до  $-0,2m$ . Видимый диаметр Меркурия возрастает от 5 до 7 угловых секунд. Фаза планеты уменьшается до 0,94 до 0,6. В телескоп виден небольшой диск, переходящий в овал.

**Венера** перемещается прямым движением по созвездию Льва, 8 октября переходя в созвездие Девы (к концу месяца сближаясь со Спикой до 3 градусов). Планета видна на утреннем небе. 19 октября близ Венеры пройдет Луна. Угловое расстояние планеты от Солнца уменьшается от 24 до 17 градусов к западу от Солнца. Видимый диаметр планеты составляет около  $11''$ , а фаза изменяется от 0,91 до 0,96 при блеске около  $-4m$ . В телескоп наблюдается небольшой диск без деталей.

**Марс** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Девы, 4 октября переходя в созвездие Весов. Загадочную планету можно найти на вечернем небе. 23 октября близ Марса пройдет Луна. Блеск Марса составляет около  $+1,5m$ , а видимый диаметр - около 4 секунд дуги. В телескоп наблюдается крохотный диск с некоторыми крупными деталями на поверхности планеты.

**Юпитер** перемещается прямым движением по созвездию Близнецов. Газовый гигант находится на утреннем небе. 13 октября близ Юпитера пройдет Луна. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы достигает  $40''$  при блеске около  $-2m$ . Диск планеты различим даже в бинокль, а в небольшой телескоп на поверхности Юпитера видны полосы и другие детали. Четыре больших спутника видны уже в бинокль, а в телескоп в условиях хорошей видимости можно наблюдать тени от спутников на диске планеты, а также различные конфигурации спутников.

**Сатурн** имеет попятное движение, перемещаясь по созвездию Водолея. Планета наблюдается всю ночь, т.к. находится близ противостояния с Солнцем. 6 октября близ Сатурна пройдет Луна. Блеск планеты уменьшается от  $+0,6m$  до  $1m$  при видимом диаметре около  $19''$ . В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также другие наиболее яркие спутники. Видимый наклон колец Сатурна составляет около 2 градусов.

**Уран** ( $6m, 3,5''$ ) перемещается попятно по созвездию Тельца южнее звездного скопления Плеяды. Планета находится на ночном и утреннем небе. 10 октября близ Урана пройдет Луна. Увидеть диск Урана (в период видимости) поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планета может быть найдена темном небе при отсутствии Луны и наземных источников света (лучше всего в период противостояния). Блеск спутников Урана слабее  $13m$ .

**Нептун** ( $8m, 2,4''$ ) перемещается попятно по созвездию Рыб, близ звезды лямбда Psc ( $4,5m$ ). Планета наблюдается всю ночь, т.к. находится близ противостояния с Солнцем. 6 октября близ Нептуна пройдет Луна. Найти планету в период видимости можно в бинокль с использованием звездных карт [Астрономического календаря на 2025 год](#). Диск планеты различим в телескоп от 100 мм в диаметре с увеличением более 100 крат (при прозрачном небе). Спутники Нептуна имеют блеск слабее  $13m$ .

**Из комет месяца** расчетный блеск около  $12m$  и ярче будут иметь, по крайней мере, две кометы: Wierchos (C/2024 E1) и Swift (D/1895 Q1). Первая при максимальном расчетном блеске около  $11m$  движется по созвездию Геркулеса. Вторая перемещается по созвездиям Южной Рыбы и Скульптора при максимальном расчетном блеске около  $9m$ . Подробные сведения о других кометах месяца имеются на <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://195.209.248.207/>.

**Среди астероидов** месяца самой яркой будет Церера в созвездии Кита с максимальным блеском около  $7,5m$ . Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

**Долгопериодические переменные звезды** месяца. Данные по переменным звездам (даты максимумов и минимумов) можно найти на <http://www.aavso.org/>.

**Среди основных метеорных потоков** 9 октября максимума действия достигнут Дракониды (ZHR= 20 - 100). 21 октября максимальной интенсивности достигнут Ориониды (ZHR= 15). Луна в период максимума первого потока будет около фазы полнолуния, а второго - в фазе близкой к новолунию. Поэтому условия наблюдений первого потока будут подвержены влиянию Луны, а второй моток можно будет наблюдать без помех со стороны Луны. Подробнее на <http://www.imo.net>

Дополнительно в АК 2025 - <https://www.astronet.ru/db/msg/1942896>

### Ясного неба и успешных наблюдений!

Оперативные сведения о небесных телах и явлениях всегда можно найти на <http://www.astronomy.ru/forum/index.php> Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты видимых путей по небесной сфере имеются в **Календаре наблюдателя № 10 за 2025 год** <http://www.astronet.ru/db/news/>

**Календарь наблюдателя 10 - 2025**

# Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>



КА ДАР  
ОБСЕРВАТОРИЯ

<http://www.ka-dar.ru/observ>

Сделайте шаг к науке  
вместе с нами!

Астрономический календарь на 2025 год

<http://www.astronet.ru/db/msg/1942896>

Главная любительская обсерватория России  
всегда готова предоставить свои телескопы  
любителям астрономии!



# АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

Два стрельца



<http://shvedun.ru>



<http://www.astro.websib.ru>

[astro.websib.ru](http://astro.websib.ru)



<http://астрономия.рф/>

Астрономия .РФ

Общероссийский астрономический портал

ТЕЛЕСКОПЫ - НАША ПРОФЕССИЯ

Звездочет

<http://astronom.ru>

(495) 729-09-25, 505-50-04

Офис продаж: Москва. Тихвинский переулок д.7, стр.1 [\(карта\)](#)

О НАС    КОНТАКТЫ    КАК КУПИТЬ И ОПЛАТИТЬ    ДОСТАВКА    ГАРАНТИЯ

# Луна встречается со звездами-сестрами

