

ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

**Откуда взялись мощные
ранние квазары?**

08'21
август



Небесный курьер (новости астрономии) История астрономии
NGC 6888: туманность Полумесяц Небо над нами: август - 2021

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://www.astronet.ru/db/msg/1704127>
 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



Календарь наблюдателя на август 2021 года <http://www.astronet.ru/db/news/>



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



НАУКА И ЖИЗНЬ
 Астрономия – одна из древнейших наук, и потому не надо думать, что астрономия – это наука о звездах. Астрономия – это наука о Вселенной, о том, как она устроена, как она эволюционирует, как она взаимодействует с другими науками. Астрономия – это наука о том, как мы живем на Земле, как мы взаимодействуем с другими планетами, как мы взаимодействуем с другими звездами. Астрономия – это наука о том, как мы живем на Земле, как мы взаимодействуем с другими планетами, как мы взаимодействуем с другими звездами. Астрономия – это наука о том, как мы живем на Земле, как мы взаимодействуем с другими планетами, как мы взаимодействуем с другими звездами.



<http://astronet.ru>



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



<http://www.vokruzsveda.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://www.astro.websib.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!

Ночное небо августа в средних широтах нашей страны более богато на туманные объекты. Виктор Смагин расскажет нам о том, какие из них видны в августе. «Нельзя представить себе ночь у костра без рассказов о сверхъестественном, но даже они сходят на нет, когда вдруг над головами обнаруживается <бездна, звезд полна>. Разговор плавно перетекает в другое русло - о звездах и планетах, о Млечном Пути, галактиках, черных дырах и инопланетянах, о том случайно ли зародилась наша Вселенная или была сотворена Богом, о том, что ждет нас через сто, тысячу, миллион, миллиард лет Я никогда не устаю удивляться тому, что чувство прекрасного и чувство благоговения пред красотами звездного неба заложено в каждом человеке, каким бы черствым и бездушным он ни представлялся при свете дня. Очень редко я беру <на холм> какой либо из своих инструментов: <Добсон> тяжеломерно тащить вверх и вниз по кручам, а 70 мм дудочка, как правило, благополучно поживает у меня дома в Подмосковье. Удивительно, наверное, но чаще всего мне приходится показывать своим знакомым скрытые от глаз простого смертного сокровища неба именно сквозь привозной SkyWatcher 707, а не через шестидюймовый <Ньютон>. И, возможно, следующая страничка, на которой я расскажу о самых ярких летних туманных объектах, покажется кому-то чересчур банальной - что ж, переходите сразу к следующей. Эти объекты очень легки для наблюдения, их просто найти, они являются основными мишенями начинающих любителей астрономии и начинающих астрофотографов. Они - классика летнего неба, которую можно показывать людям сколь всех возрастных и социальных групп. Итак, М13 - Великое скопление - выше всяких похвал! Беспроигрышный вариант, который не оставляет равнодушным ни новичка, ни опытного любителя, ни даже человека, вообще далекого от астрономии.» Полностью статью можно прочитать в [августовском номере журнала «Небосвод» за 2009 год](#). Не смотря на давность публикации, она актуальна и сейчас. Наблюдайте и присылайте ваши статьи в журнал «Небосвод».

Ясного неба и успешных наблюдений!

Редакция журнала «Небосвод»

Содержание

**4 Небесный курьер (новости астрономии)
Многолетние наблюдения с наземных радиотелескопов существенно уточнили параметры вращения Венеры**

Иван Лаврёнов

11 Откуда взялись мощные ранние квазары?

Борис Штерн

15 История современной астрономии (период 2012 года)

Анатолий Максименко

24 Небо над нами: АВГУСТ - 2021

Александр Козловский

Обложка: NGC 6888: туманность Полумесяц
<http://www.astronet.ru/db/apod.html>

NGC 6888, известная также как туманность Полумесяц – это космический пузырь диаметром около 25 световых лет, выдутый ветром от центральной яркой и массивной звезды. Триумвират астрофотографов (Джо, Гленн и Рассел) создал этот четкий портрет туманности. Вместе они получили изображения в узкополосных фильтрах, зарегистрировавшие излучение атомов водорода и кислорода, с общей экспозицией более 30 часов. Атомы кислорода создают сине-зеленое свечение, в которое погружены образующие сложные структуры волокна туманности. Центральная звезда NGC 6888 является звездой Вольфа-Райе (WR 136). Звезда сбрасывает внешнюю оболочку с сильным звездным ветром, масса выброшенного за десять тысяч лет вещества примерно равна массе Солнца. Сложная структура туманности, вероятно, возникла в результате взаимодействия сильного ветра с веществом, сброшенным звездой на предыдущих стадиях эволюции. Удивительно быстро сжигая ядерное топливо, звезда приближается к концу своей жизни, которая должна завершиться впечатляющим взрывом сверхновой. NGC 6888 находится в богатом туманностями созвездии Лебеда, на расстоянии около 5 тысяч световых лет.

Авторы и права: [Джо Навара](#), [Гленн Клоудер](#), [Рассел Дискомб](#)
Перевод: Д.Ю. Цветков

Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

Издается с октября 2006 года в серии «Астробиблиотека» (АстроКА)

Гл. редактор, издатель: **Козловский А.Н.** (<http://moscowaleks.narod.ru> - «Галактика», <http://astrogalaxy.ru> - «Астрогалактика») сайты созданы редактором журнала совместно с Александром Кременчуцким)

Обложка: **Н. Демин**, корректор **С. Беляков** stgal@mail.ru (на этот адрес можно присылать статьи)

В работе над журналом могут участвовать все желающие **ЛА России и СНГ**

Веб-ресурс журнала: <http://www.astronet.ru/db/author/11506>, почта журнала: 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://astro.websib.ru>, <http://ivmk.net/lithos-astro.htm>

Верстано 28.07.2021

© *Небосвод*, 2021

Новости астрономии

Многолетние наблюдения с наземных радиотелескопов существенно уточнили параметры вращения Венеры

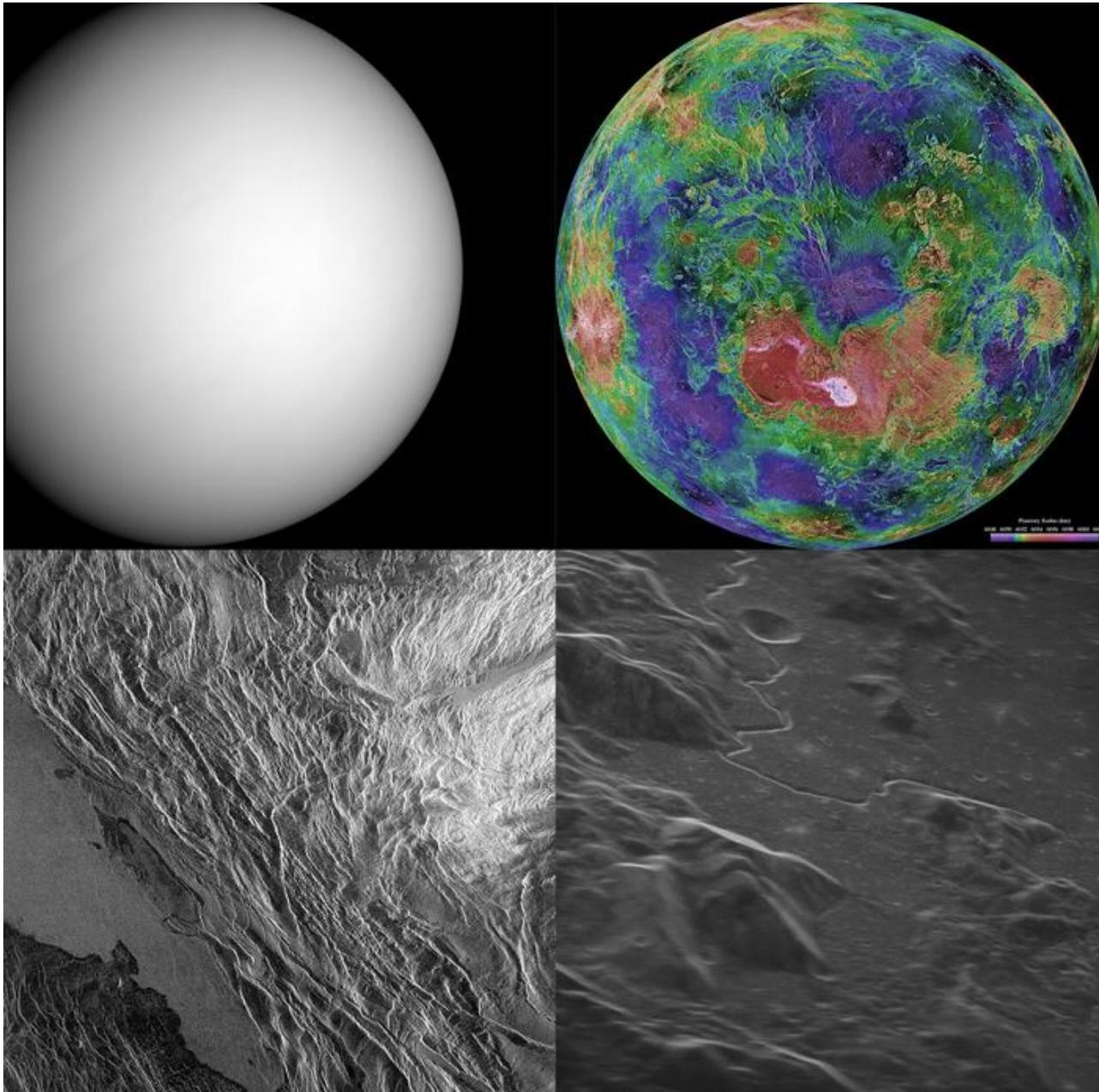


Рис. 1. Вверху слева: фотография Венеры в видимых лучах, полученная аппаратом «Мессенджер» во время второго пролета мимо этой планеты (основной его целью был Меркурий). Фото с сайта photojournal.jpl.nasa.gov. Вверху справа: мозаика радиолокационных изображений Венеры, составленная на основе данных аппарата «Магеллан», вид со стороны северного полюса. Цветовая кодировка указывает расстояние от точки до центра планеты. Изображение с сайта photojournal.jpl.nasa.gov. Внизу слева: горы Акны (Akna Montes) на Венере, радиолокационное изображение зонда «Магеллан». Изображение с сайта nssdc.gsfc.nasa.gov.

Внизу справа: изображение области посадки «Аполлона-15» на Луне, полученное с помощью радара обсерватории Голдстоун и массива радиотелескопов VLBA в качестве приемника. Разрешение составляет 5 метров на пиксель (или 0,003 угловой секунды — это в 10 раз лучше, чем у телескопа «Хаббл»). Изображение с сайта nrao.edu

Радиолокационные наблюдения Венеры с помощью наземных излучателей и передатчиков позволили с небывалой точностью измерить параметры вращения Венеры вокруг своей оси: среднюю продолжительность суток, направление оси планеты и ее прецессию. Также были измерены колебания

скорости вращения Венеры, основной вклад в которые, похоже, вносит взаимодействие между планетой и ее атмосферой. Кроме того, ученым удалось рассчитать момент инерции планеты и получить благодаря этому оценки размера ее ядра, позволяющие проверить предыдущие расчеты.

Радиолокация — уникальный способ исследования космических тел. На радиодиапазон приходится участки электромагнитного спектра, в которых атмосферы планет Солнечной системы наиболее прозрачны, поэтому наблюдения в этих частях спектра позволяет так глубоко заглянуть внутрь планет, как невозможно ни в одном другом диапазоне. К примеру, благодаря микроволновому радиометру космического аппарата «Юнона» удалось выяснить, что происходит на глубине 350 км под облачным слоем Юпитера (подробнее см. здесь), — это в два с лишним раза больше глубины, на которой отказал атмосферный зонд «Галилео» при сведении с орбиты. Радиоволны позволяют сканировать и внутренности каменных планет (правда, на небольшой глубине): с помощью радара аппарата «Марс-экспресс» удалось доказать существование подледного водоема на Марсе, находящегося под полуторакилометровой толщей полярной шапки (M. Sori, A. Bramson, 2019. Water on Mars, With a Grain of Salt: Local Heat Anomalies Are Required for Basal Melting of Ice at the South Pole Today, см. также новость Mars Express обнаружил в районе южного полюса Марса еще несколько подледных озер, «Элементы», 07.10.2020).

В радиодиапазоне невелика естественная яркость небесных тел, и одновременно в нем возможно создавать мощные, узконаправленные и монохроматические пучки излучения, которые могут распространяться по всей Солнечной системе и превосходить уровень фона на много порядков. В видимом диапазоне нечего и думать «подсветить» какое-нибудь небесное тело и облегчить таким образом наблюдения, — во всяком случае до тех пор, пока не будут изготовлены гигаваттные лазеры проекта Breakthrough Starshot. Однако в радиодиапазоне такая «подсветка» — давно вошедший в обиход метод исследований, применяющийся как при орбитальном зондировании (например, радиолокатор космического аппарата «Магеллан», работавшего на орбите Венеры в 1989–1994 годах, позволил составить довольно подробную и детальную карту ее поверхности: разрешение составило 100–300 метров), так и при изучении тел Солнечной системы с помощью мощных передатчиков, установленных на поверхности Земли.

Помимо телескопа Аресибо (трагически закончившего свою службу в декабре прошлого года) для «подсветки» используется 70-метровый радар обсерватории Голдстоун с излучателем мощностью 500 кВт. Отраженный сигнал можно принимать на многих наземных радиотелескопах, установленных на Земле (кое-что об этом можно прочитать здесь). Для гипотетического наблюдателя на поверхности исследуемого тела, способного видеть в радиодиапазоне на соответствующей длине волны, в момент прохождения луча наша планета или ползущая по небу точка орбитального аппарата будет становиться намного ярче Солнца.

Яркость небесных тел складывается из многих факторов, которые делятся на следующие категории: тепловое излучение (испускаемое всеми телами во Вселенной за счет их тепловой энергии), отраженное и рассеянное излучение («падающие» на объект фотоны перенаправляются им без поглощения и

изменения энергии) и нетепловое излучение, возникающее за счет всех других процессов (например, люминесценции или движения заряженных частиц в магнитном поле). В разных частях спектра они могут давать разный вклад. Так, тепловое излучение у планет приходится в основном на средний инфракрасный диапазон, а у звезд — на ближний инфракрасный, видимый и ультрафиолетовый. Интенсивность теплового излучения быстро спадает вдали от максимума, особенно в сторону коротких длин волн. Поэтому в ИК-части спектра существенно собственное излучение планет, а в видимом диапазоне преобладает отраженное излучение Солнца.

В жестком ионизирующем диапазоне излучение небесных тел имеет нетепловую природу: в основном оно является результатом взаимодействия поверхности или атмосферы с космическими лучами (интенсивность такого взаимодействия выше для тяжелых химических элементов) и высокоэнергетических процессов в их магнитных полях (примером могут служить солнечные вспышки). В гамма-лучах Луна (состоящая из скальных пород) может быть ярче Солнца (чья атмосфера почти полностью состоит из водорода и гелия).

В радиодиапазоне преобладают различные виды нетеплового излучения, связанные с динамическими процессами в магнитосферах планет и звезд, а также тепловое излучение. Но все они обладают невысокой интенсивностью (по меньшей мере, на несколько порядков ниже теплового излучения в ИК), и малой спектральной яркостью. Пучок волн, испущенных радаром, напротив, обладает большой мощностью, которая к тому же сконцентрирована в маленьком телесном угле и приходится на очень узкий диапазон частот. Поэтому он с легкостью может превосходить уровень фона на много порядков даже при радиолокации небесных тел Солнечной системы с поверхности Земли.

Венера — наша ближайшая соседка, если брать крупные космические тела (за вычетом Луны, конечно), — одна из наиболее привлекательных целей для радиолокации. Тем более, что большинством других методов ее и не изучаешь. В облачном слое венерианской атмосферы температура и давление примерно соответствуют земным, однако в облаках нет ни единого просвета (то есть невозможно вести наблюдения в оптическом диапазоне), а поверхность, скрывающаяся глубоко под ними, раскалена до 735 К (около 460°C). Давление на ней составляет 9,3 МПа (то есть около 92 земных атмосфер). В ИК-диапазоне у венерианской атмосферы есть несколько окон прозрачности, но из-за рассеяния на частицах облачного слоя удается получать лишь размытые изображения поверхности с разрешением не лучше километра. Ни один из посадочных зондов не проработал в условиях венерианской поверхности больше пары часов, а создание долгоживущих аппаратов, подобных марсоходам, потребует изготовления всей электроники с помощью принципиально новых технологий и материалов (например, карбида кремния, см. статью The Radio We Could Send to Hell).

И все-таки, изучать Венеру нужно, несмотря на все вызовы и на полную непригодность поверхности для жизни и колонизации. Во многих отношениях вторая планета от Солнца похожа на Землю более всех других тел Солнечной системы. Подробно о Венере и ее исследованиях можно почитать в статье Людмилы Засовой Удивительный мир Венеры, а

здесь остановимся на главном. Самые общие физические характеристики обеих планет — радиус, масса и химический состав — практически одинаковы, а отличия в других параметрах недостаточны, чтобы объяснить разительное расхождение условий на поверхности. Инсоляция на Венере превосходит земную на 90%, но из-за высокой отражательной способности облаков планета получает меньше солнечной энергии на единицу поверхности, чем Земля — только мощнейший парниковый эффект разогревает ее поверхность на 500 градусов выше эффективной температуры. Содержание воды меньше земного на несколько порядков, однако чрезвычайное обогащение венерианской воды тяжелым и малолетучим изотопом водорода (1,5% дейтерия против земных 0,016%, см. T. Donahue et al., 1982. Venus Was Wet: A Measurement of the Ratio of Deuterium to Hydrogen) указывает на то, что раньше ее было гораздо больше и могло хватить на глобальный океан глубиной до сотен метров. Существенно отличается также продолжительность суток: звездные равны 243 земных, а солнечные — 117 земных (так происходит из-за того, что орбитальное и суточное вращение Венеры направлены навстречу друг другу).

В такой длительности венерианских суток кроется указание на то, что раньше, возможно, на Венере условия были гораздо ближе к земным. Как показывает моделирование, при замедленном суточном цикле особенности атмосферной циркуляции на планетах с океанами и атмосферами умеренной плотности способны компенсировать высокую инсоляцию (M. Way et al., 2016. Was Venus the first habitable world of our solar system?). На дневной стороне таких планет за счет интенсивного испарения воды формируется мощный облачный покров, который отражает довольно значительную часть солнечного света и ограничивает нагрев. На ночной стороне, наоборот, облака и влага отсутствуют, что позволяет теплу беспрепятственно уходить в космос. В прошлом климат Венеры мог быть даже прохладнее жаркого земного климата предыдущих геологических эпох (см. таблицу 1 в этой статье), а пригодные для жизни условия на планете имели все шансы сохраниться до сих пор.



Но что-то пошло не так (рис. 2).
 Рис. 2. Слева: вулкан на Венере в представлении художника, основанном на данных об условиях на поверхности. Рисунок из статьи Л. Засовой Удивительный мир Венеры. Справа: фотография поверхности Венеры, сделанная зондом «Венера-13» после посадки. Фото с сайта starcatalog.ru

По некоторым признакам причины современного состояния Венеры, столь не похожего на

современную Землю (и на то, что должно было бы быть в соответствии с упомянутыми климатическими моделями), могли быть внутренними. Поверхность Венеры хранит следы масштабного катаклизма, который произошел несколько сотен миллионов лет назад, привел к полному (или почти полному) ее обновлению под действием вулканических и тектонических процессов за короткий период времени и должен был существенно повлиять на состав атмосферы. В настоящее время она представляет собой бесплодную пустыню, усеянную вулканами и разломами и залитую многокилометровыми слоями лавы. Для понимания природы этого события и причин расхождения эволюции планет одних климатических моделей и общей информации мало — нужны более подробные знания о внутреннем строении и динамике Венеры. А их можно получить либо с помощью посадочных аппаратов, либо — радиолокационных исследований.

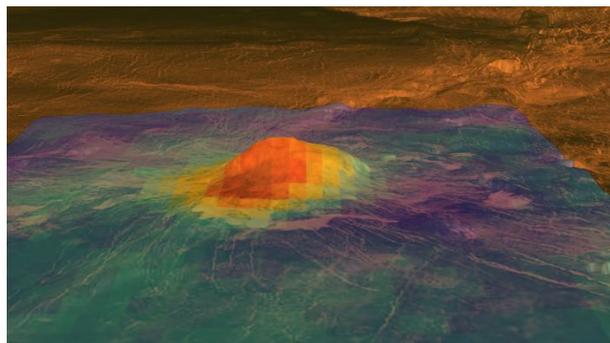
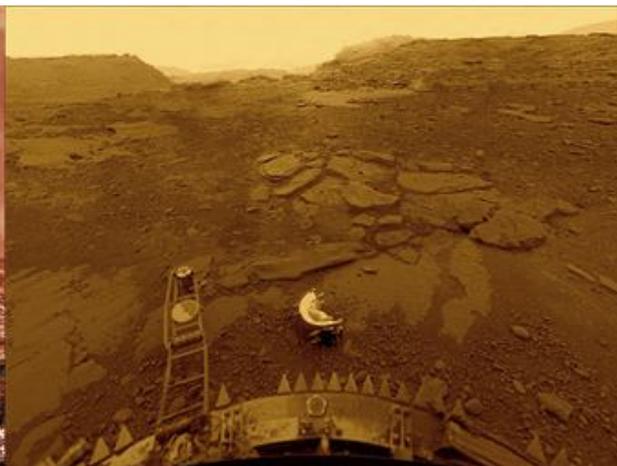


Рис. 3. Инфракрасное изображение венерианского вулкана Идунн (Idunn Mons), полученное аппаратом «Венера-экспресс», наложенное на трехмерную радиолокационную модель того же участка поверхности (составленную по данным «Магеллана»). Изображение с сайта esa.int

Первая и на данный момент единственная полная разведка поверхности Венеры с помощью радара была проведена космическим аппаратом «Магеллан» (см. рис. 1) в начале 1990-х годов. Тогда было обнаружено, что поверхность Венеры представлена в основном обширными равнинами, образованными застывшей лавой и пересеченными разломами, а



также участками более высокого ландшафта, отдаленно напоминающими земные континенты и претерпевшими сильнейшие тектонические деформации. Дальнейшие исследования велись в более коротковолновой области спектра. Ультрафиолетовый диапазон позволяет получить информацию о строении облачного слоя и вышележащих слоев атмосферы, а инфракрасный — о более глубоких ее слоях и о поверхности (но, как уже говорилось, с низким разрешением). Результаты

работы орбитальных аппаратов «Венера-экспресс» и «Акацуки», которые провели масштабные наблюдения в этих диапазонах, позволили существенно углубить знания об атмосфере Венеры и происходящих в ней процессах. Однако детали геологической истории планеты, ее строения и взаимодействия поверхности с атмосферой остались неясными.

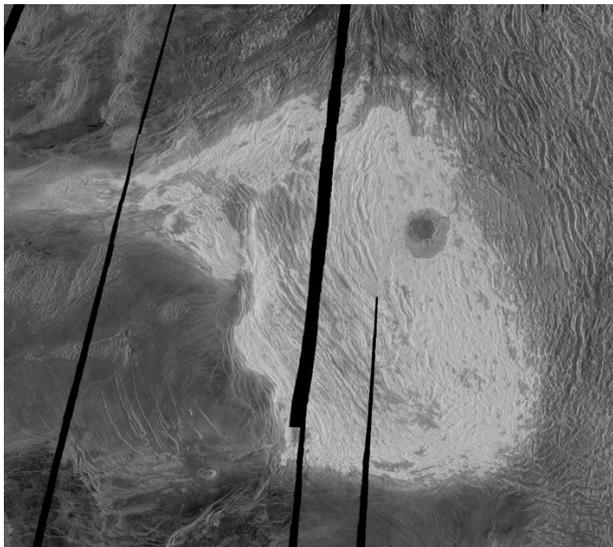


Рис. 4. Радиолокационное изображение гор Максвелла, самого высокого участка поверхности Венеры (данные КА «Магеллан»). В правой части изображения находится тессера Фортуны, представляющая собой один из участков древнего рельефа Венеры, а в левой — молодое плато Лакими, сложенное застывшей лавой, из которой также поднимаются участки более древнего, многократно деформированного рельефа. Изображение с сайта jpl.nasa.gov

В процессе этих исследований было обнаружено, что вращение Венеры вокруг своей оси неравномерно (T. Navarro et al., 2018. Atmospheric mountain wave generation on Venus and its influence on the solid planet's rotation rate). Для скалистых планет это весьма необычное явление. Например, колебания продолжительности земных суток не превышают тысячных долей секунды и происходят в основном за счет перераспределения массы в атмосфере и океанах. На Венере этот эффект, действительно, может быть гораздо сильнее земного, поскольку ее атмосфера гораздо массивнее и находится в состоянии суперротации — ее верхние слои обращаются вокруг планеты в десятки раз быстрее, чем она сама вокруг своей оси. Однако его величина и характер зависят не только от атмосферной динамики, но и от внутреннего строения планеты, определяющего ее момент инерции и способность «поддаваться» раскручиванию или торможению. И если его не учитывать, будущие венерианские спускаемые аппараты могут промахнуться мимо запланированной области посадки на несколько километров. С учетом условий на планете, шансов добраться до изучаемого объекта у них может не оказаться, особенно в высокогорьях — наиболее интересных для изучения участках поверхности, местность на которых, к сожалению, сильно пересеченная.

Помимо неравномерности вращения, неизученными оставались и другие важные вопросы, ответы на которые трудно получить исследованиями в оптическом диапазоне. Почему у Венеры нет собственного магнитного поля (хотя оно есть даже у маленького Меркурия, который тоже вращается вокруг своей оси очень медленно, не говоря уж о

Земле)? Каково строение ее недр? Информацию о распределении массы внутри планеты и о размерах ее внутренних слоев можно получить, измеряя гравитационное поле с помощью сверхточного определения траектории космических аппаратов (см. новость Анализ гравитационного поля Энциллада тоже указывает на наличие на нем жидкой воды, «Элементы», 04.07.2014). Но этот расчет базируется на отклонении формы небесного тела от сферической, а для планет соответствующие эффекты пропорциональны скорости их вращения вокруг своей оси. Венера — рекордсмен по длине звездных суток среди планет Солнечной системы, и для нее подобный метод не слишком информативен.

Ответы на некоторые из этих вопросов дало все то же радарное зондирование, но проведенное с Земли. Результаты работы опубликованы в недавнем номере журнала Nature Astronomy. В основе исследования лежал все тот же принцип: в направлении планеты «выстреливаются» короткие импульсы мощного узконаправленного радиоизлучения, которые отражаются от планеты и регистрируются на Земле. По картине отраженных импульсов затем воссоздаются детали ландшафта планеты и характеристики ее вращения. Специалисты из Калифорнийского университета (UCLA) во главе с Жан-Люком Марго (Jean-Luc Margot) в течение 15 лет провели более ста наблюдений Венеры с помощью радара обсерватории Голдстоун и радиотелескопа Грин-Бэнк, и рассчитали характеристики вращения планеты вокруг своей оси на основе полученных данных. Благодаря большой продолжительности наблюдений и способу обработки данных, о котором подробнее будет сказано ниже, ученым удалось заметно превзойти точность орбитальной радиолокации «Магеллана».

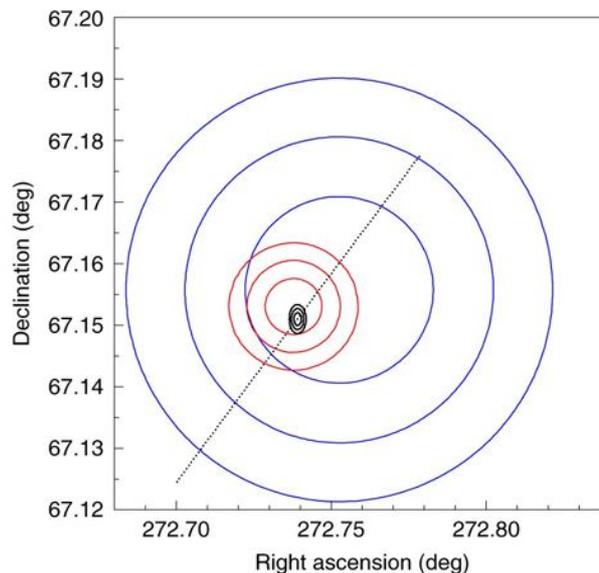


Рис. 5. Ориентация оси вращения Венеры. Синие и красные эллипсы — погрешности по данным «Магеллана» (исходные результаты и новая обработка, см. A. S. Konopliv et al., 1999. Venus Gravity: 180th Degree and Order Model), черные — результаты обсуждаемого исследования; в каждой тройке внутренний эллипс соответствует погрешности 1σ , средний — 2σ , внешний — 3σ . Тонкая пунктирная линия — направление прецессии оси. По горизонтальной оси — прямое восхождение, по вертикальной — склонение, в угловых градусах. Для сравнения: область неба, попавшая на этот график, в несколько раз меньше видимого размера Луны (0,5 градуса). Рисунок из обсуждаемой статьи в Nature Astronomy

По новым данным сейчас ось вращения Венеры наклонена к плоскости ее орбиты на $2,6392 \pm 0,0008$ градусов (рис. 5). Звездные сутки Венеры (усредненный период ее обращения вокруг своей оси) оказались равным $243,0226 \pm 0,0013$ земных суток. Точность определения первой величины превзошла предыдущие результаты в 5–15 раз, а второй — примерно в три раза. Зафиксированы моментальные отклонения скорости вращения планеты вокруг своей оси от среднего значения до 61 миллионных долей (20 земных минут в пересчете на период). Выяснилось, что они не проявляют какой-либо явной закономерности. Не обнаружено и долговременной тенденции, выходящей за пределы случайных блужданий. Авторы попытались выделить полусуточный, суточный и орбитальный периоды, являющиеся следствиями, соответственно, тепловых приливов в атмосфере, прямой передачи углового момента от атмосферы к поверхности, и неравномерности солнечного прогрева, однако обнаружили лишь первый из них, и тот с невысокой степенью достоверности (рис. 6).

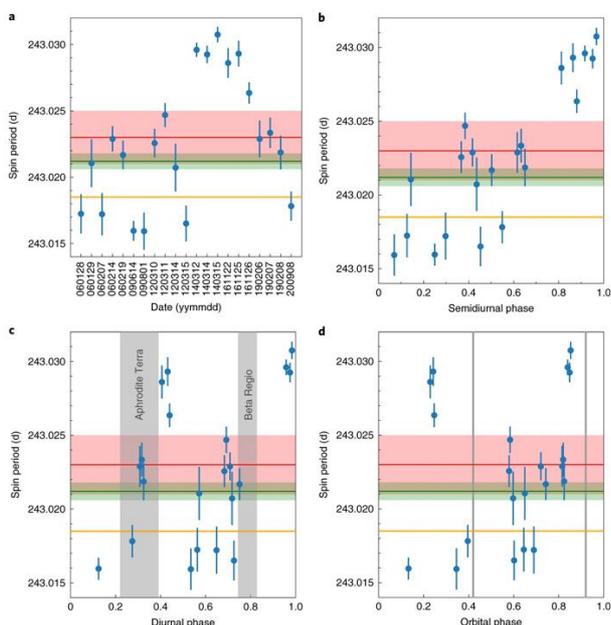


Рис. 6. Скорость вращения Венеры вокруг своей оси по измерениям за 2006–2020 годы (вверху слева). На остальных графиках — эти же данные, приведенные к различным периодам: полусуточному (вверху справа), суточному (внизу слева) и орбитальному (внизу справа). На трех последних графиках по горизонтальной оси отложены фазы соответствующих периодов. Полусуточный период соответствует колебаниям за счет тепловых приливов в атмосфере, суточный — взаимодействию вращающейся атмосферы с топографией поверхности, а орбитальный — изменению циркуляции за счет отличия солнечного прогрева в перигелии и афелии. Вертикальные серые полосы соответствуют времени суток, при котором Солнце находится над экваториальными высокогорными областями, а черные линии — равноденствиям. Горизонтальные линии и полосы соответствуют продолжительности звездных суток и ее погрешности, определенным по данным «Магеллана» и «Венеры-экспресс» (красные), обсуждаемым радиолокационным наблюдениям (зеленые) или только по данным Магеллана (оранжевая линия). Заметная корреляция прослеживается только для полусуточного периода. Рисунок из обсуждаемой статьи в *Nature Astronomy*

Предполагалось, что тепловые приливы в атмосфере Венеры ответственны за отсутствие у нее приливной синхронизации. Гравитация Солнца деформирует Венеру вдоль прямой, соединяющей их центры, а вращение планеты вокруг своей оси смещает приливные горбы вперед по направлению вращения. Поскольку Солнце притягивает дневной приливный горб чуть сильнее, чем ночной, возникает крутящий момент, направленный против вращения планеты и замедляющий его до тех пор, пока период и направление вращения не совпадет с орбитальным. Именно из-за этого Луна всегда обращена к Земле одной стороной. Но если у планеты есть мощная атмосфера, сильно нагреваемая Солнцем, в ней образуются также и тепловые приливы: на дневной стороне воздух расширяется под действием нагрева и перетекает на ночную сторону, отчего масса атмосферы на дневном полушарии оказывается чуть меньше, чем на ночном. Тепловая инерция приводит к тому, что максимальный нагрев имеет место после полудня (в точности как на Земле), а наибольшее охлаждение — после полуночи. Воздух растекается из обоих регионов, и в результате скапливается там, где в данный момент времени позднее утро или ранняя ночь (C. Scharf, 2018. *Rocky Planet Rotation, Thermal Tide Resonances, and the Influence of Biological Activity*). Суммарная асимметрия массы оказывается противоположной приливам в самой планете, и стремится раскрутить ее в обратном направлении, противодействуя классическим приливам. В результате вращение планеты стабилизируется на некоторой низкой скорости, отличной от синхронной и соответствующей балансу между тепловыми и классическими приливами. Этот механизм описан уже больше 40 лет назад (A. Ingersoll, A. Dobrovolskis, 1978. *Venus' rotation and atmospheric tides*). Предполагалось, что длина суток на Венере как раз и является следствием этого баланса, однако периодичность отклонений скорости вращения Венеры выражена слишком слабо. Это указывает на сложность процессов обмена угловым моментом между атмосферой и планетой.

В одном случае авторам обсуждаемой работы удалось провести пару наблюдений, разделенную одними земными сутками, и оказалось, что скорость вращения Венеры за это время успела измениться на 9 миллионных долей (3 минуты в пересчете на период вращения). Крутящий момент, необходимый для такого сдвига, составляет астрономическую величину 2×10^{21} Н·м. К примеру, если равномерно приложить его к атмосфере Земли, то за один день она раскрутится так, что на экваторе скорость ветра составит 8 м/с, а за неделю — быстрее почти любого урагана. И все-таки эта величина не выходит за пределы возможного. Общий угловой момент венерианской атмосферы огромен — $2,9 \times 10^{28}$ кг·м²/с — и, чтобы обеспечить полный размах наблюдаемых вариаций суточного периода Венеры, планете достаточно передать всего 4% от этой величины (или 0,6% за земные сутки в описываемом случае).

Вклад переменного взаимодействия суперротации и рельефа тоже значителен. На изображениях, полученных аппаратом «Акацуки», время от времени проявлялись стационарные структуры в облачном слое Венеры (рис. 7), которые остаются на месте в течение нескольких земных суток, несмотря на суперротацию, и очень напоминают стоячие волны над камнями на дне ручья (T. Navarro et al., 2018. *Atmospheric mountain wave generation on Venus and its influence on the solid planet's rotation rate*). Расположение этих волн над землей Афродиты, крупным поднятием вблизи экватора Венеры,

свидетельствует о набегании ветра на высокогорные участки ландшафта. Напротив, другой источник неравномерности вращения планеты — крутящий момент за счет турбулентных потоков в жидком ядре — можно исключить расчетами и сравнением с Землей. На нашей планете он составляет порядка 5×10^{17} Н·м. Если ядро Венеры расплавлено, аналогичная величина вряд ли существенно превосходит земную. Таким образом, она совершенно недостаточна для объяснения вариаций продолжительности венерианских суток, и искать причину нужно все-таки во взаимодействиях атмосферы с планетой.

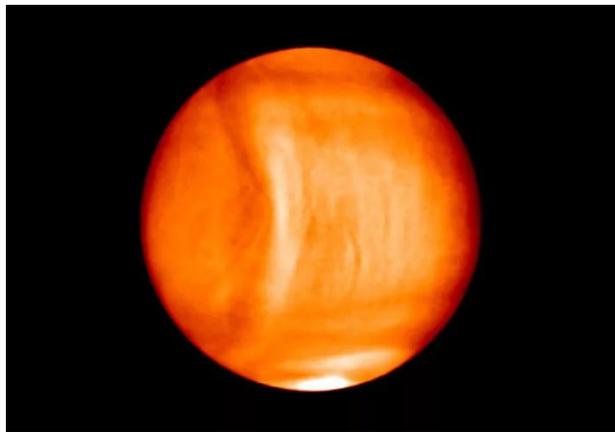


Рис. 7. «Улыбка Венеры» — стоячая волна в облачном слое планеты. Снимок сделан японским космическим аппаратом «Акацуки». Фото с сайта planetary.org

Точность измерения параметров вращения Венеры оказалась настолько высока, что из полученных данных оказалось возможным рассчитать дополнительные величины. Период прецессии оси вращения Венеры оказался равным $29\,000 \pm 2000$ лет, что близко к земному. А по периоду прецессии исследователи рассчитали и момент инерции Венеры — у них получилось $0,337 \pm 0,024$. Прецессия возникает из-за того, что собственное вращение сжимает планету вдоль оси вращения, и солнечное притяжение создает крутящий момент между ближними и дальними участками получившегося эллипсоида, что заставляет ось планеты колебаться, как волчок. При этом величина сжатия, при прочих равных, зависит от степени концентрации массы к центру планеты, то есть от того, насколько ее ядро плотнее мантии и каков его размер. Поскольку состав Венеры схож с земным, можно ожидать, что ядро состоит в основном из железа, а мантия — из силикатов. Это позволяет при моделировании представить планету двухслойной (с легким внешним слоем и тяжелым внутренним) и найти такую толщину слоев и распределение плотности в них, которые наилучшим образом соответствуют найденному моменту инерции. Радиус ядра получился равным 3500 км, или около 60% от радиуса планеты. Точность здесь уже невелика, ± 500 км, но вспомним во-первых, что из-за малого сжатия венерианского эллипсоида момент инерции не получается «измерить с орбиты», как у многих других планет и их спутников, а во-вторых, насколько длинной является цепочка расчетов от данных о скорости вращения и направлении оси к этой цифре. Предыдущие расчеты, основанные на предположении о земном составе мантии и ядра, давали чуть меньший радиус ядра — 3000 км. Больше ядро при меньшей плотности самой планеты может указывать на обогащение его материала легкими элементами (в первую очередь, серой), но здесь пока еще рано делать определенные

выводы — остается надеяться, что когда-нибудь на Венере появятся долгоживущие сейсмографы.

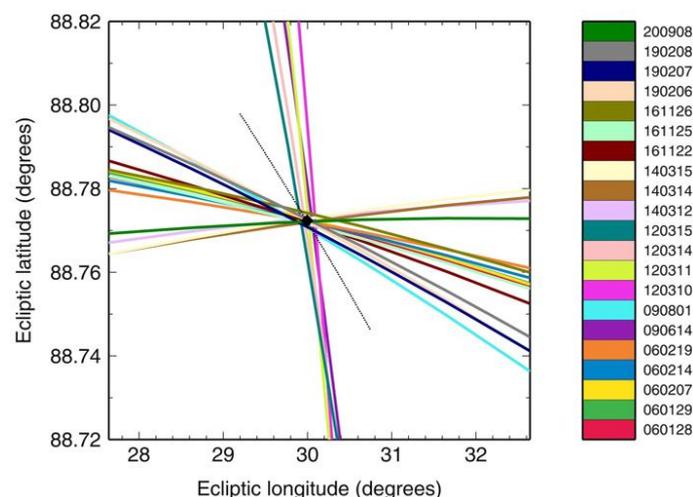


Рис. 8. Индивидуальные погрешности измерения ориентации оси вращения Венеры в каждом наблюдении представляют собой очень вытянутые эллипсы, ориентация которых зависит от момента наблюдения. Комбинирование данных позволяет вычислить ориентацию оси с точностью, намного превосходящей точность индивидуальных измерений. По вертикали и горизонтали — широта и долгота в эклиптической системе координат. Справа указаны даты наблюдений. Рисунок из обсуждаемой статьи в *Nature Astronomy*

Теперь остановимся на том, что собой представляют данные радиолокации соседних планет, и почему они оказались точнее орбитальных исследований с гораздо более близкого расстояния. В случае околоземных астероидов расстояние от излучателя до объекта невелико, и можно получить довольно детальное изображение поверхности. Различить детали ландшафта на соседних планетах сложнее, но в данном случае этого и не потребовалось. Исследователи использовали Венеру как... шар для диско-иллюминации. Только вместо зеркальных пластинок были горы и долины Венеры, а вместо отраженных ими лучей прожектора, пробегающих по земной поверхности, — дифракционные максимумы, получающиеся при интерференции индивидуальных отражений первичного пучка от деталей венерианского ландшафта. Легко увидеть, что отражения бегут параллельно друг другу, а одно и то же отражение проходит через две разные точки наблюдения только при определенном, и очень точном сочетании направления между этими точками и ориентации оси вращения Венеры (рис. 9).



Рис. 9. Траектории отражений на поверхности Земли при разной геометрии наблюдений. Красными треугольниками отмечены принимающие радиотелескопы. Рисунок из обсуждаемой статьи в *Nature Astronomy*

Поскольку положение и ориентация телескопов относительно Венеры меняется с орбитальным и суточным вращением Земли, это сочетание наступает только в определенные моменты времени, в которые и необходимо проводить наблюдения.

Интенсивность радиоволн, измеряемая на одном радиотелескопе, при этом повторяет измерения на другом с некоторой временной задержкой и с точностью, зависящей от отклонения траектории максимумов от линии между телескопами. На этом и основан примененный в обсуждаемом исследовании алгоритм наблюдений и обработки данных.

Сначала по эфемеридам Земли и Венеры авторы рассчитали приблизительные моменты, когда траектории отражений проходят через оба приемника. В эти моменты они подвечивали Венеру лучом передатчика, после чего записывали зависимость интенсивности отраженного сигнала от времени на обоих телескопах (к моменту включения приемников передатчик уже можно было выключить, поскольку время путешествия луча до Венеры и обратно многократно превышает продолжительность искомого момента).

Перед началом наблюдений корреляции между сигналами отсутствуют и графики не похожи друг на друга. Затем, если все рассчитано правильно, сигнал на одном телескопе начинает повторять сигнал на другом с некоторой временной задержкой. Степень корреляции («похожесть» сигналов) сначала растет, затем достигает максимума и понижается обратно до нуля. Выделив участок повторения, авторы сначала рассчитывали корреляцию сигналов друг с другом как функцию от временного сдвига между ними (фактически, при этом один график накладывается на другой и сдвигается по оси времени, а искомая величина — сдвиг, при котором они «совпадают»). На зависимости корреляционной функции от сдвига при этом появляется четко выраженный пик, максимум которого с очень высокой точностью позволяют рассчитать подгонки моделирующей функции (fitting), — это значение и будет точным временем запаздывания сигнала, прямо зависящим от скорости вращения Венеры. Ну, а зная запаздывание, можно сосчитать точное время наступления максимальной корреляции сигналов друг с другом. Оно и соответствует моменту точного совпадения траекторий отражений с линией между приемниками, а по нему можно рассчитать точное направление оси вращения Венеры. Таким образом, по определению моментов появления корреляций между зависимостями интенсивностей отражений, измеренных на двух радиотелескопах, исследователи определяли направление оси Венеры, а по задержке — текущую скорость ее вращения вокруг своей оси.

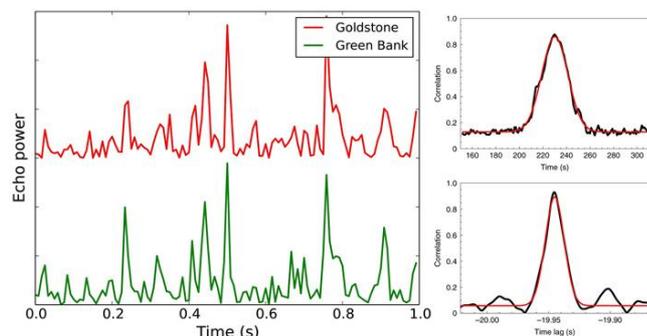


Рис. 10. Слева: типичные зависимости интенсивности отражения от времени на двух радиотелескопах в момент наступления корреляции с учетом разности времени прохождения между точками наблюдения. Длительность обоих сигналов — одна секунда (горизонтальная ось). Справа: результаты расчетов корреляции между наблюдениями на двух радиотелескопах, задействованных в исследовании. Выше —

зависимость корреляции от точного времени наблюдений, при временном сдвиге, соответствующем максимуму на нижнем графике. Ниже — зависимость корреляции между результатами наблюдений от временного сдвига между данными двух приемников. Моделирование максимумов математическими функциями позволяет определить время наступления максимальной корреляции с точностью до 300 мс, а задержку — до 100 мкс. Рисунки из обсуждаемой статьи в *Nature Astronomy*

К преимуществам радиолокационной астрономии можно отнести еще и ее высочайшее угловое разрешение. С помощью радиолокации было получено большинство изображений околоземных астероидов и изображение места посадки «Аполлона-15» (см. рис. 1). Кроме того, на настоящий момент только в радиодиапазоне возможно создавать интерферометры со сверхдлинной базой, которые учитывают фазу регистрируемого приемниками излучения и за счет этого могут работать как единый телескоп с размером, соответствующим максимальному расстоянию между его элементами. Радиоволновая интерферометрия активно развивается в настоящее время — так, с помощью вывода российской обсерватории «Радиоастрон» на орбиту удалось достичь базы 390 000 км (это больше расстояния до Луны), а с помощью наблюдений в миллиметровых волнах — получить знаменитое изображение тени черной дыры в галактике M87 (см. новости Черная дыра галактики M87: портрет в интерьере, «Элементы», 14.04.2019 и Черная дыра галактики M87: новые штрихи к портрету, «Элементы», 26.05.2021).

Перед тем, как радар «Аресибо» драматически закончил свое существование, радиолокация тел Солнечной системы проводилась в основном с помощью его излучателей и приемников (он располагался на острове Пуэрто-Рико в Карибском море). Дальность этой схемы ограничивалась буквально временем распространения сигналов — нельзя было наблюдать объект, если к моменту возврата отраженного сигнала Земля успеет «отвернуться» от него, и все доступные приемники вместе с ней. «Аресибо» в этом смысле был особенно ограничен, поскольку не обладал поворотной антенной и мог нацеливаться только на объекты вблизи зенита. Теперь же, помимо радара обсерватории Голдстоун, в эксплуатацию вводится передатчик на стометровом телескопе Грин-Бэнк, обладающем поворотной антенной, а также новые интерферометрические системы, рассчитанные на беспрецедентную чувствительность и угловое разрешение (см. Square Kilometre Array). Можно ожидать, что в недалеком будущем это позволит распространить объем, доступный радиолокационной астрономии, на всю Солнечную систему, и впереди нас ждет еще много уникальных исследований и связанных с ними открытий.

Источник: Jean-Luc Margot, Donald B. Campbell, Jon D. Giorgini, Joseph S. Jao, Lawrence G. Snedeker, Frank D. Ghigo & Amber Bonsall. Spin state and moment of inertia of Venus // *Nature Astronomy*. 2021. DOI: 10.1038/s41550-021-01339-7.

Иван Лаврёнов,
https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5271905/Ivan_Lavryonov

Откуда взялись мощные ранние квазары?

Современная космология в целом успешно объясняет происхождение и эволюцию Вселенной — от ничтожных долей первой секунды ее существования до нынешнего времени. Тем не менее остаются не то чтобы белые пятна, а скорее «острые углы» — спорные моменты, вопросы, по поводу которых не существует научного консенсуса. Недавно были найдены квазары с очень большим красным смещением, содержащие черные дыры массой свыше миллиарда солнечных. Мы наблюдаем их из молодой Вселенной, когда ее возраст составлял сотни миллионов лет. Как эти черные дыры успели к тому времени поглотить миллиарды солнечных масс вещества? Как образовались зародыши сверхмассивных черных дыр? Насколько массивными изначально были эти зародыши?

Наблюдения

В последнее десятилетие велся массовый «отлов» квазаров с большим красным смещением, то есть тех, которые светят нам из ранней Вселенной, из первого миллиарда лет ее жизни. Их не зря называют «маяками Вселенной». Во-первых, они просвечивают космическую среду, выявляя вторичную ионизацию Вселенной (которую сами же и производят). Во-вторых, ранние квазары интересны сами по себе, как и всё, что связано с молодой Вселенной.

Поиск далеких квазаров ведется в основном на наземных телескопах в ближнем инфракрасном диапазоне — именно туда переезжает ультрафиолетовая линия водорода Лайман-альфа. Улов к настоящему времени составляет несколько десятков квазаров с красным смещением $z > 6,5$ (возраст Вселенной — меньше 800 млн лет), из них несколько с $z > 7$. Недавно найден рекордный квазар с «телефонным номером» J0313–1806, у которого $z = 7,64$ (возраст Вселенной — 650 млн лет). Причем это довольно яркий квазар: его абсолютная светимость — $1,4 \times 10^{47}$ эрг/с, что на три порядка ярче всей нашей Галактики с ее сотнями миллиардов звезд. Это не рекордная светимость для квазаров, но она не сильно уступает рекордной. Значит, масса черной дыры — «центральной машины» этого квазара — должна быть не меньше миллиарда солнечных масс, иначе трудно объяснить такую светимость.

И действительно, оценка массы по скорости движения газа в квазаре (доплеровское уширение одной из спектральных линий магния) дает величину $1,6 \pm 0,4 \times 10^9$ солнечных масс (M_{\odot}). Другие обнаруженные квазары при $z > 7$ лишь немного уступают по массе центральной черной дыры. Итак, есть факт: в первые 600 с небольшим миллионов лет во Вселенной появились черные дыры массой порядка миллиарда масс Солнца.

Оказывается, этот факт объяснить не просто. Казалось бы, на вырост таких черных дыр не должно хватить времени. Почему?

Пределы роста

Если звезда или любой другой объект будет светить слишком ярко, давление излучения на окружающий газ или собственные внешние слои превысит тяготение объекта. Если это звезда, то она начнет сбрасывать внешние слои. Такие звезды существуют: например, Эта Киля; жить им осталось недолго. Если это черная дыра, стягивающая на себя вещество (аккрецирующая), то падение вещества остановится. Эта пограничная светимость называется «эддингтоновской светимостью», ее превышение возможно, но требует каких-то специальных объяснений. Эддингтоновская светимость, естественно, пропорциональна массе объекта: для Солнца она составляет $1,4 \times 10^{38}$ эрг/с — до нее нашему светилу не хватает почти пяти порядков величины. А для черной дыры в миллиард солнечных масс она, соответственно, равна $1,4 \times 10^{47}$ эрг/с — и получается, что светимость квазара J0313–1806 близка к эддингтоновской, точнее $L \sim 0,6 L_{\text{Edd}}$.

Именно эддингтоновская светимость ограничивает «штатную» скорость роста черных дыр.

Дело в том, что существует типичная эффективность аккреции черных дыр. Если на черную дыру упала масса M , то при самом эффективном режиме аккреции выделяется энергия около $0,1 Mc^2$. Это распространенный режим: геометрически тонкий, оптически толстый аккреционный диск Шакуры — Сюняева. Если темп падения вещества превысит $10 L_{\text{Edd}}/c^2$, то светимость превысит L_{Edd} , диск начнет распухать и рассеиваться, поток вещества на черную дыру упадет.

«Критический», или эддингтоновский, темп аккреции, естественно, пропорционален массе черной дыры. Это значит, что «штатный» рост черной дыры идет по экспоненте — рост от 10 до 100 000 M_{\odot} и от 100 000 до миллиарда солнечных масс занимает одно и то же время.

На рис. 1 показаны кривые роста черных дыр, от возраста Вселенной 100 млн лет, когда только образовывались первые звезды, до момента, когда были обнаружены самые далекие квазары: для каждого конкретного квазара — своя кривая. Эти кривые предполагают, что темп аккреции и светимость всё время были эддингтоновскими при постоянной эффективности высвечивания $0,1 M_{\odot}^2$. Назовем это «критической аккрецией». В таком случае увеличение массы черной дыры в e раз происходит примерно за 50 млн лет (а в 10 раз — за 120 млн лет).

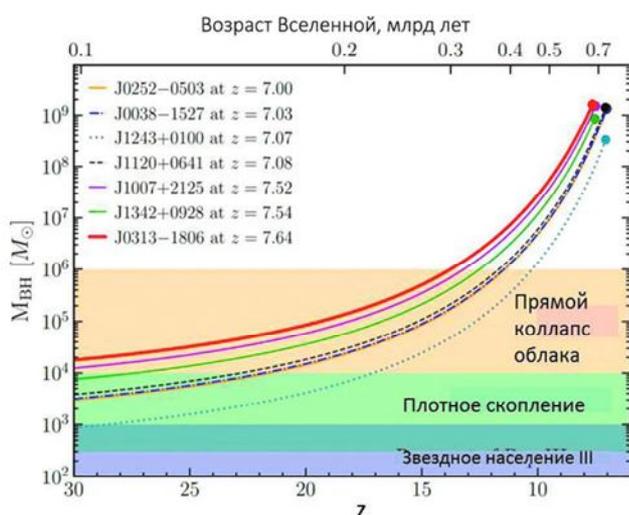


Рис. 1. Треки роста сверхмассивных черных дыр при критической аккреции (эддингтоновская светимость при эффективности высвечивания $0,1$), ведущие к наблюдаемым ранним квазарам. Цветом показаны диапазоны масс для зародышей разной природы. График из работы [1]

Парадокс заключается в том, что рост должен был начаться с зародышевых черных дыр массой порядка десяти тысяч масс Солнца (для рекордного квазара — как минимум 20 000 M_{\odot}), иначе им не успеть вырасти к $z \sim 7$ до наблюдаемых величин. Понятно, откуда может взяться зародыш массы 100 или даже несколько сотен M_{\odot} , — от коллапса гигантских звезд первого поколения (население III). Но здесь требуются либо зародыши в сотню раз тяжелей, либо «сверхкритический» темп роста. И то и другое не исключено, но объяснение требует изрядного напряжения.

Начнем со сверхкритического роста.

Аномально быстрый рост

Эддингтоновский предел светимости далеко не абсолютен и вполне преодолим, особенно на некоторое время. Строго говоря, он относится только к оптически тонкой плазме. Если же на тяготеющий центр падает, например, звезда, то светимость может подпрыгивать до любой величины. К тому же быстрый темп роста черной дыры не обязательно связан с преодолением эддингтоновского предела. Есть другой вариант — низкая эффективность высвечивания, то есть вещества падает много, а излучения от него мало — и никаких проблем.

Есть вариант аккреции под названием ADAF (advection dominated accretion flow) — геометрически толстый, но оптически тонкий диск. В нем не успевает установиться температурное равновесие: ионы горячие, но они не светят, а электроны, которые должны бы светить, — холодные. Вся энергия ионов уносится в черную дыру. Такое, судя по всему, имеет место в центре нашей Галактики и знаменитой галактики M87. Правда, этот вариант работает только при относительно малых темпах аккреции и вряд ли подходит для сверхкритического режима.

Более подходящий вариант — так называемый стройный (slim) аккреционный диск. Собственно, именно в него и должен превращаться канонический тонкий диск Шакуры — Сюняева при околоскритическом темпе аккреции. Выделяемое тепло не успевает излучиться наружу и уносится в черную дыру. Диск распухает, но умеренно. Видимо, поэтому Марек Абрамович (один из основных классиков по режимам аккреции) назвал его slim disk. В принципе такая аккреция может стабильно идти в сверхкритическом режиме и могла бы решить проблему ранних квазаров, если бы не одно «но». Дело в том, что радиационная эффективность в таком режиме сильно зависит от вращения черной дыры. Если вращение слабое, диск излучает мало и на черную дыру может падать много вещества при умеренной светимости. Если же момент вращения черной дыры близок к предельному (что вполне вероятно), то внутренняя часть аккреционного диска близ последней стабильной орбиты высвечивает большую часть выделившейся в диске энергии — эффективность оказывается такой же, как в случае тонкого диска. Поэтому подобный режим не панацея. Он может ускорить рост черной дыры на каком-то этапе, но вряд ли способен решить проблему ранних квазаров.

Есть еще один аспект — feedback, обратная связь, влияние яркого источника на окружающую среду. Допустим, на черную дыру падает нечто оптически толстое — звезды, плотные облака газа и т. п. Светимость огромная, причем это как раз тот случай, когда эддингтоновский предел не работает. Но появляется другая засада: квазар ионизирует и разогревает окружающую среду вокруг себя настолько, что прекращается образование звезд, а выросшее давление горячего газа намного превосходит тяготение черной дыры. Как показывает моделирование, быстрый рост черной дыры при такой «гиперэддингтоновской» аккреции прекращается на уровне всего лишь $10^8 M_{\odot}$.

Итак, кажется, весьма непросто преодолеть наклон кривых, приведенных на рис. 1, и вырастить за 600 млн лет квазар с черной дырой $10^9 M_{\odot}$, стартуя с черной дыры звездного происхождения.

Пока это были рассуждения на качественном уровне. Стоит сказать пару слов о том, как народ пытается исследовать проблему численно.

Молодая Вселенная в суперкомпьютере

Численное моделирование эволюции ранней Вселенной — уже далеко не новое занятие. Наиболее знаменит проект «Миллениум», выдавший эффектную картину крупномасштабной структуры. С тех пор (начало 2000-х) произошел некоторый (хотя и не радикальный) прогресс как в вычислительной технике, так и в методах моделирования. Задача изначально тяжелая, поскольку включает в себя гравитацию и гидродинамику космической среды с разными компонентами (темная материя, двухфазная барионная среда (горячий ионизированный и холодный нейтральный газ), звезды).

Сравнительно недавно (декабрь 2020) опубликован препринт [2] с результатами весьма впечатляющего счета, подобного «Миллениуму», но с существенно лучшим разрешением. Во-первых, был использован гибридный метод (мягкие частицы + сетка), уменьшающий числовой шум и различные артефакты типа численной вязкости. Всё равно возможности численного счета далеки от того, чтобы честно проследить всё, что происходит на всей лестнице масштабов, охватывающей много порядков величин. Поэтому авторам пришлось прибегнуть к ряду ухищрений: счет в два приема, сначала грубая прикидка эволюции в кубическом гигапарсеке, потом выбор самого тяжелого облака $10^{13} M_{\odot}$, образовавшегося в этом гигапарсеке, и затем дальнейшая работа с ним одним. Поскольку невозможно одновременно отслеживать большие и

маленькие масштабы, образование индивидуальных звезд и черных дыр было модельным: там, где были подходящие условия, автоматически появлялось звездное население III, часть которого превращалась в черные дыры массой $10-100 M_{\odot}$. Эти черные дыры играли роль «легких зародышей». Данные о более тяжелых чернотырных зародышах ($10^3-10^6 M_{\odot}$) вносились вручную в предположении, что они появляются в результате некоторых процессов, которые невозможно воспроизвести прямым моделированием (см. ниже). Для аккреции на черную дыру (основной материал аккреции — межзвездный газ) тоже использовались модели в разных вариантах, обратное влияние растущего квазара на окружающую среду моделировалось более корректно.

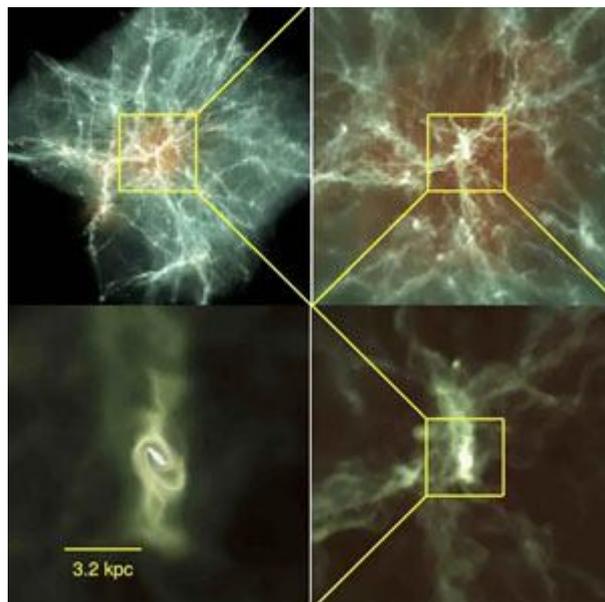


Рис. 2. Распределение газа в компьютерной симуляции облака массой $10^{13} M_{\odot}$. Из работы [2]

Картинки распределения газа, полученные в результате этого моделирования, впечатляют глубиной разрешения (рис. 2). Что касается роста квазара — моделирование подтвердило проблему: вырастить квазар массой $10^9 M_{\odot}$ из легкого зародыша не удастся. Максимум, что получилось к $z = 6$ из зародыша звездной массы, — черная дыра $2,5 \times 10^6 M_{\odot}$. А если взять зародыш массой $10^5 M_{\odot}$, то всё получается. Но откуда его взять? Он должен появиться примерно в то же время, когда родились первые звезды: при $z \sim 30$, когда возраст Вселенной составлял 100 млн лет, может быть чуть позже.

Тяжелые зародыши

Естественно, в качестве одного из решений проблемы ранних квазаров привлекаются первичные черные дыры. Тогда всё объясняется просто: зародыши массой $10^5 M_{\odot}$ образовались вместе со Вселенной, в ее первые мгновения, а потом выросли

до наблюдаемых величин. Проблема в том, что первичные черные дыры, особенно такой массы, плохо сочетаются с теорией космологической инфляции; точнее, для их объяснения требуются специальные теоретические усилия. Да, они могли бы образоваться в результате флуктуаций метрики при плотности Вселенной, сравнимой с планковской, там могло образоваться что угодно — космические струны, доменные стенки, магнитные монополи. Однако раздувание пространства, которое шло при плотности на несколько порядков ниже планковской, разносит всю эту экзотику на колоссальные расстояния, так что обнаружить нечто подобное в пределах горизонта Вселенной крайне маловероятно. Существуют довольно мудреные модели, в которых первичные черные дыры большой массы получаются в конце инфляции или даже после нее. Но все-таки это некая чрезвычайщина: разрабатывать подобные модели интересно и полезно, но чтобы их принять за правду, требуются чрезвычайные свидетельства. Их пока нет.

Может ли тяжелый зародыш образоваться в первые 100–200 млн лет жизни Вселенной? Это так называемые темные века, о которых мы почти ничего не знаем, что-то наблюдать там очень тяжело из-за огромного красного смещения, да и ярких источников почти нет. Пока можно только теоретически или численно пытаться воспроизвести, что там происходит. Вырисовывается много интересного.

Во-первых, иерархическое слияние объектов — звезд и черных дыр. Недавно наблюдалось слияние двух рекордных черных дыр, одна из которых, по всей вероятности, уже была результатом слияния [3]. Могут сливаться и звезды — друг с другом (после чего коллапсировать в черные дыры) и с черными дырами. Это может происходить в плотном скоплении, где тяжелые объекты из-за многократных взаимодействий теряют момент вращения, передавая его легким объектам, и садятся в центр скопления, где и сливаются. Есть работы, где прослеживается динамика звезд в плотном скоплении с образованием черных дыр в $1000 M_{\odot}$. Вероятно, это далеко не предел. Заметим, что при слиянии звезд и черных дыр эддингтоновский предел вообще никак не сказывается, а при слиянии черных дыр эффективность высвечивания в электромагнитном спектре вообще близка к нулю.

Во-вторых, может существовать механизм прямого коллапса (минуя стадию звезд) массивных газовых облаков массой порядка $10^6 M_{\odot}$ в черную дыру. Такая возможность обсуждается в работе [2], там же даны соответствующие ссылки. Подобный процесс довольно сложно себе представить, поскольку он

требует эффективных механизмов охлаждения газа (рассматривается вариант охлаждения через излучение нейтрино) и сброса момента вращения. Тем не менее некоторые разумные варианты такого коллапса существуют. Их обсуждение заслуживает отдельной статьи.

Стоит сказать об одном упрощающем обстоятельстве: квазаров с массой $\sim 10^9 M_{\odot}$ на красном смещении $z \sim 7$, похоже, очень мало. Они должны быть неплохо видны: плотность газа в ту эпоху весьма высока, и темп аккреции должен быть близок к критическому. Тем не менее во всей огромной Вселенной их найдено лишь несколько штук. Это значит, что для их объяснения можно привлекать редкие события, например аномально плотное звездное скопление, где образовался аномально массивный зародыш будущего квазара, и т. п.

В целом, кажется, что проблема решается без какой-либо чрезвычайщины, хотя и с некоторым напряжением. Наиболее вероятный ключ к решению — самые первые сотни миллионов лет, где можно рассчитывать на сверхкритический (даже «гиперкритический») рост зародыша черной дыры до 10^5 – $10^6 M_{\odot}$. Дальнейший сверхкритический рост сверхмассивной черной дыры кажется менее вероятным, но он и не нужен, если смог образоваться тяжелый зародыш. Для прояснения необходимы дальнейшие исследования, пока что — численными методами.

Что касается наблюдений, стоит в очередной раз возложить надежду на грядущий телескоп Джеймса Уэбба, который позволит глубже заглянуть в «темные века» Вселенной.

Автор благодарен Константину Постнову за ценные замечания.

Литература

1. Wang F. et al. A Luminous Quasar at Redshift 7.642.
2. Zhu Q. et al. The Formation of the First Quasars. I. The Black Hole Seeds, Accretion and Feedback Models.
3. Штерн Б. Слияние чемпионов // ТрВ-Наука. № 312 от 8 сентября 2020 года

Борис Штерн,

«Троицкий вариант — Наука» №4 (323), 23.02.2021
https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435765/Troitskiy_variant_Nauka_4_323_23_fevralya_2021_goda

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ



2012г 5 октября в Австралии официально открыли ASKAP (Australian Square Kilometre Array Pathfinder, Австралийский следопыт квадратно-километровой решётки) радиointерферометр в обсерватории Мерчисон на западе Австралии, - первую фазу в строительстве крупнейшего в мире радиотелескопа SKA (Square Kilometre Array - массив антенн площадью один квадратный километр). Об этом сообщается на официальном сайте проекта.

ASKAP (Australian SKA Pathfinder) состоит из 36 антенн диаметром 12 метров каждая, объединённых в один интерферометр. Стоимость проекта составляет около 158 миллионов долларов, а первые научные данные должны начать поступать к концу 2012 - началу 2013 годов. Примечательно, что время работы на телескопе уже расписано на пять лет вперед.

Ученые называют ASKAP самым быстрым радиотелескопом в мире. Для получения полноценного "снимка" в радиодиапазоне черной дыры Стрельца А* уйдет около 10 тысяч часов компьютерной обработки, при 400 снимков, сделанных современными радиотелескопами. Интегрированная система обработки данных в ASKAP позволит сделать то же самое примерно за пять минут, используя всего два фото, сделанных массивом. Инструмент принадлежит австралийскому государственному учреждению CSIRO.

Массив ASKAP считается предшественником SKA, который должен стать крупнейшим и самым чувствительным радиотелескопом в мире. На ASKAP, среди прочего, планируется опробовать многие технологии, которые пригодятся при его строительстве.

Строительство SKA, с бюджетом в 1,5 млрд евро, должно начаться в 2016 году. Старт наблюдений планируется на 2020 год, а выход на полную мощность — к 2024 году. Название проект получил потому, что площадь всех антенн будет составлять примерно километр. Стоимость проекта составляет свыше 2 миллиардов долларов. В общей сложности телескоп будет состоять из нескольких тысяч антенн. Они будут подразделяться на три категории - низкочастотные, среднечастотные и тарелки.

Первый тип будет представлять собой группы по 90 антенн, в круге с диаметром 100 метров. Второй тип представляет собой круг диаметром 60 метров, выложенный элементами по 9 квадратных метров каждый. Тарелки будут представлять собой 15-метровые тарелки. Массив согласно решению от 12 мая 2012 года будет разбит на две компоненты - одна будет размещена в Австралии, другая - в ЮАР.

В мае 2015 года принято решение консультативного совета проекта разместить штаб-квартиру SKA при британском Астрофизическом центре Джодрелл-Бэнк (Jodrell Bank Centre for Astrophysics) рядом с Манчестером.

В июле 2016 года южноафриканская часть мегателескопа SKA — телескоп MeerKAT — официально начала свою работу ещё до завершения его постройки и открыла тысячи ранее неизвестных галактик в первый же сеанс своей работы.



2012г 17 октября на сайте обсерватории "Джемми" опубликовано (скачать изображение в высоком разрешении) самое подробное на сегодняшний день изображение галактики NGC 660, относящейся к редкому классу полярных галактик.

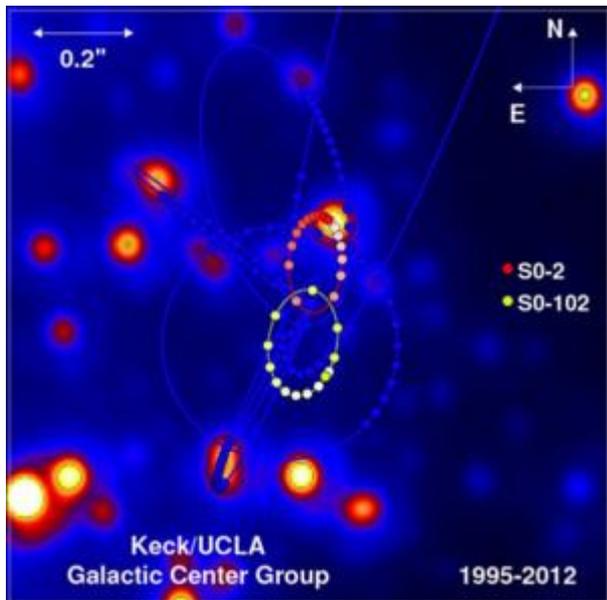
Галактика NGC 660 расположена на расстоянии 40 миллионов световых лет от Земли в созвездии Рыбы. Она состоит как бы из двух отдельных звездных скоплений: спирального и линзообразного. Такие галактики называют полярными - в них внешнее кольцо вращается над полюсами внутреннего скопления. Кроме того, NGC 660 является единственной среди известных полярных галактик, у которой в центре имеется старое линзовидное скопление.

Все полярные галактики представляют собой продукт взаимодействия двух отдельных звездных скоплений. Некоторые из них могут быть образованы в результате столкновения двух сформированных галактик (например, такая галактика может сформироваться при слиянии в будущем Млечного Пути с Андромедой. Другие возникают в результате тесного гравитационного взаимодействия скоплений.

Астрономы пока не знают, как сформировалась необычная структура NGC 660, но склоняют к версии гравитационного взаимодействия. Против

гипотезы столкновения, в частности, говорит об отсутствии в центре NGC 660 двух сверхмассивных черных дыр. Вместо них астрономы обнаружили в центре галактики мощное радиоизлучение, исходящее от молодых голубых звезд. Их образование было стимулировано гравитационным взаимодействием двух прото-галактик.

Обсерватория "Джемини", в которой получено изображение, расположена на потухшем вулкане Мауна-Кеа на Гавайях. Ранее сотрудники этой обсерватории получили изображение туманности "Sharpless 2-71", образованной в результате взаимодействия двух стареющих звезд.



2012г В октябре 2012 года группа астрономов под руководством доктора Андреа Гез, работавших в обсерватории Кека, после 17-летних наблюдений, сообщила об открытии нового объекта. В кластере звезд, обращающихся вокруг сверхмассивной чёрной дыры Стрелец A*, расположенной в центре Галактики, была обнаружена звезда, получившая наименование S0-102. Она обладает самым коротким периодом обращения вокруг чёрной дыры — 11,5 лет. До неё рекордные характеристики были зарегистрированы у её соседа — звезды S2. Именно S2 мешала обнаружить её ещё раньше, так как обладает светимостью в 16 раз выше, чем S0-102. S0-102 — звезда S-класса, обращающаяся вокруг радиосточника Стрелец A* — сверхмассивной чёрной дыры в центре Млечного Пути. Звезда, открытая в 2012 году, совершает полный оборот вокруг него за $11,5 \pm 0,3$ года. Это звезда с самым малым временем обращения вокруг чёрной дыры из всех зарегистрированных.

Открытие стало возможным благодаря работе инфракрасной камеры NIRC и внедрению новой системы адаптивной оптики главного телескопа обсерватории Кека. Чтобы избежать смазывания изображения атмосферной турбулентностью, учёные проанализировали несколько тысяч снимков галактического центра, сделанных с выдержкой порядка 0,1с. Последние достижения в технике наблюдения объектов подобного рода позволили отследить элементы орбиты S0-102 с самой высокой

точностью среди всех её компаньонов: около 40% длины орбиты звезды достоверно регистрируются по результатам наблюдений.



Кстати, еще 20 января 2012 года в Швеции объявлены лауреаты премии Крафорда (учреждена в 1980 году шведским промышленником Хольгером Крафордом и его женой) в области астрономии (пресс-релиз призового комитета Шведской королевской академии наук, денежный эквивалент премии составляет 4 миллиона шведских крон (около 400 тысяч евро)). Астрономической награды удостоились Рейнхард Генцель (Reinhard Genzel) и Андреа Гез (Andrea Ghez). Премия была присуждена этим ученым за обнаруженные ими и их сотрудниками весомые доказательства того, что в центре Млечного Пути находится сверхмассивная черная дыра. Оба астронома наблюдали звезды, обращающиеся вокруг центра Галактики и пришли к одному и тому же выводу независимо друг от друга. Они рассчитаны точные орбиты для ближайших к центру Галактики 28 звезд, наиболее интересной среди которых является звезда S2. За время наблюдений (1992—2007), она сделала полный оборот вокруг чёрной дыры, что позволило с большой точностью оценить параметры её орбиты и с высокой точностью оценить массу центрального тела, сверхмассивной черной дыры в $4,31 \cdot 10^6$ масс Солнца.



2012г 24 октября на сайте Европейской южной обсерватории приводится краткое описание работы астрономов, получивших самое подробное на сегодняшний день изображение центра Млечного Пути. Девятигигапиксельная фотография опубликована на сайте обсерватории (оригинал, 25 Гбайт, версия с инструментами увеличения).

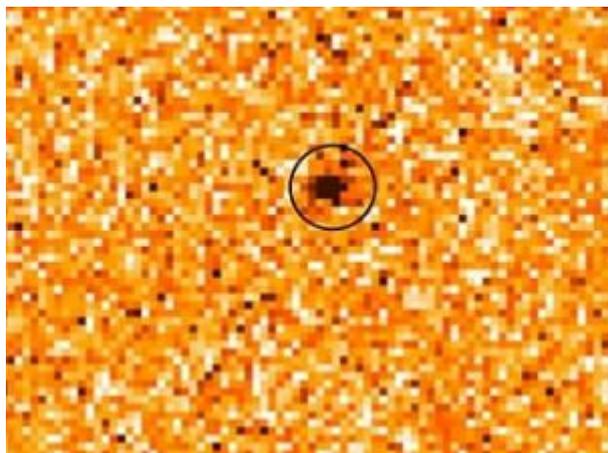
Фотография получена с помощью телескопа VISTA, установленного в чилийской пустыне Атакама. Он обладает четырехметровым зеркалом и способен "видеть" в инфракрасном диапазоне. Благодаря использованию этого диапазона, астрономам удалось получить четкое изображение

более 84 миллионов звезд, несмотря на то, что в видимом свете значительная их часть скрыта космической пылью Млечного Пути.

Размеры полученной фотографии (108 200 на 81 500 пикселей) делают ее одним из самых крупных цветных изображений в астрономии. Представленные на фотографии данные позволили создать самую подробную на сегодняшний день диаграмму распределения светил центра Млечного Пути по цвету и блеску. Это распределение имеет важное значение для понимания механизмов эволюции звезд, содержащихся в спиральных галактиках вообще и в нашей галактике в частности.

Ранее астрономы, работающие на телескопе VISTA, опубликовали еще более подробное изображение - 150-гигапиксельную фотографию всего Млечного Пути целиком. Тем не менее, центральная область галактики на новом изображении запечатлена с гораздо большим количеством деталей.

Другим крупным проектом каталогизации небесных тел является Слоановский проект. Недавно занятые в нем астрономы представили крупнейшую трехмерную карту известных галактик и черных дыр.



2012г 31 октября в журнале Nature опубликована работа австралийских астрономов обнаруживших свидетельства взрыва рекордно древней сверхновой, который произошел в ранней вселенной 12,1 миллиарда лет назад. Открытие удалось совершить благодаря длительным наблюдениям телескопа Канада-Франция-Гавайи, расположенного на вершине горы Мауна-Кеа на Гавайях. Изображение получено при помощи наложения тысяч фотографий неба в области созвездия Секстанта. Здесь ученые обнаружили необычно яркую звезду рекордного возраста, которая относилась к очень редкому классу нестабильных сверхновых. Эти массивные звезды со временем схлопываются из-за образования электрон-позитронных пар.

Когда ученые проанализировали спектр галактики, куда входила сверхновая, оказалось, что ее красное смещение соответствует возрасту в 12,1 миллиарда лет. Таким образом, вспышка сверхновой произошла спустя всего 1,6 миллиардов лет после Большого взрыва. Возраст находки почти на миллиард лет больше, чем соответствующий

показатель самой древней из уже известных сверхновых.

Тем не менее, обнаруженная сверхновая не принадлежит первому поколению звезд - светил, которые образовались из первичного газа. Этот газ состоял только из водорода, гелия и лития, появившихся в результате Большого взрыва. Более тяжелые элементы (углерод, кислород), стали образовываться уже в самих звездах. Позднее эти элементы сами становились материалом для формирования следующего поколения светил, к которому и относится обнаруженная сверхновая, пишет Лента.РУ.



2012г 1 ноября на сайте Европейской южной обсерватории опубликована фотография шарового скопления NGC 6362 полученная астрономами обсерватории Ла-Силья, в котором обнаружено большое количество голубых бродяг - нетипичных звезд со спектром, смещенным в синюю область.

По словам ученых, возраст скопления составляет около 10 миллиардов лет. Оно расположено в районе созвездия Жертвенник в южном полушарии небесной сферы. Спектр излучения большинства находящихся в нем звезд соответствует этому солидному возрасту - многие из них уже стали красными гигантами. Однако, в скоплении имеются и массивные голубые звезды, так называемые "голубые бродяги", имеющие гораздо большую температуру, чем в среднем по скоплению. Из-за этого их свет сдвинут в синюю область спектра.

Голубые бродяги нарушают стандартные представления о звездной эволюции. Современные теории их возникновения подразумевают обмен материалом между несколькими телами, благодаря которому звезда получает свежую порцию ядерного топлива. Механизмы, благодаря которому происходит такой обмен, являются предметом дебатов среди астрофизиков. Однако, все они сходятся в том, что при зарождении светила имеют меньшую массу, чем та, которая наблюдается, когда звезды становятся голубыми бродягами.

Изображение получено с помощью широкоугольного телескопа MPG/ESO, оборудованного 2,2 метровым зеркалом.

Фотография включает в себя всю область скопления. Недавно другая группа астрономов, работающая с данными космического телескопа "Хаббл", опубликовала изображение узкой центральной области этого же скопления.

19 декабря 2012 года в журнале Nature опубликована работа ученых (можно прочитать на сайте Европейской южной обсерватории), что астрономы обнаружили, что шаровые скопления могут эволюционировать с очень разной скоростью, а о динамике этого процесса лучше всего говорит распределение в них особого класса звезд - голубых бродяг. В нашей галактике на сегодняшний день обнаружено около 150 таких скоплений. Шаровые скопления образовались очень давно, около 12-13 миллиардов лет назад, при том что вся история Вселенной насчитывает 13,7 миллиардов лет.

Ученые обнаружили, что несмотря на общий древний возраст, эволюция в шаровых скоплениях может протекать с очень разной скоростью. Для этого авторы изучили распределение разных типов звезд в 21 шаровом скоплении. Изображения скоплений были получены "Хабблом" и 2,2 метровым телескопом MPG Европейской южной обсерватории.

Оказалось, что в разных звездных кластерах наблюдается разное распределение голубых бродяг - наиболее массивных звезд в скоплении. Считается, что такие светила образуются в результате обмена веществом или слияния более мелких звезд. Благодаря свежему ядерному топливу, такие звезды светятся ярче и хорошо видны в скоплении.

Астрономы показали, что поскольку массивные голубые бродяги должны со временем скапливаться в центре кластера, их распределение говорит о скорости эволюции всего скопления. Например, если голубые гиганты равномерно распределены по всему шаровому скоплению, это говорит о эволюционной молодости звездного кластера.



2012г Чедвик Трухильо (Чад Трухильо; Chadwick A. Trujillo; род. 22.11.1973г) — американский астроном из обсерватории «Джемини» на Гавайских островах, совместно со Скотт Шепард из института Карнеги в Вашингтоне открыли 5 ноября 2012 года (объявлено 26 марта 2014г) карликовую планету 2012 VP113, самого далёкого объекта в Солнечной системе. Обнаружен на одном из

снимков, выполненных с помощью Камеры тёмной энергии, совмещённой с 4-метровым телескопом имени Виктора Бланко в межамериканской обсерватории Серро-Тололо.

В Солнечной системе известно всего четыре объекта, кроме 2012 VP113, чей перигелий находится дальше 45 а. е. от Солнца: Седна (76 а. е.), 2004 XR190 (51 а. е.), 2010 GB174 (48 а. е.) и 2004 VN112 (47 а. е.)

Астроном Майкл Браун оценивает диаметр объекта в 595 км при альбедо 10 % и магнитуде 4,3. Перигелий 2012 VP113 (80,6 а. е.) является самым удалённым среди всех известных объектов Солнечной системы, его орбита удаляется максимум на 452 а. е. от Солнца. Как предполагается, 2012 VP113 может быть частью облака Оорта.

Чад Трухильо после получения докторской степени в Гавайском университете в 2000 году поступил в обсерваторию Джемини, где исследует пояс Койпера и внешнюю Солнечную систему, а также изучает возникновение Солнечной системы и других планетных систем. Во время поисков светлых транснептуновых объектов он стал соучастником, в том числе, открытия карликовых планет Эрида (открыта 5.01.2005г с Дэвид Рабиновиц и Майкл Браун) и Макемаке (открыта 31.03.2005г с Дэвид Рабиновиц и Майкл Браун), а также больших астероидов Кварвар (открыт 4.07.2002г группой Майкла Брауна), (90377) Седна (открыт 14.11.2003г с Дэвид Рабиновиц и Майкл Браун), (90482) Орк (открыт 17.02.2004г с Дэвид Рабиновиц и Майкл Браун) и (26375) 1999 DE9 (открыт с Джейн Х. Лю).

В его честь назван астероид (12101) Трухильо.



2012г 15 ноября NASA опубликовала результаты метеорологических наблюдений ровера "Кьюриосити" (запуск 26.11.2011г), в результате которых ему удалось составить карту ветров в кратере Гейла и обнаружить перепады давления в атмосфере Марса. Сообщение с описанием результатов измерений появилось на сайте американского космического агентства.

Разница между давлением атмосферы днем и ночью на Марсе оказалась весьма существенной - около 10 процентов от пиковых значений. По словам астрофизиков, дневное давление настолько ниже ночного вследствие того, что из-за разогревания поверхности планеты в атмосфере образуются мощные восходящие потоки воздуха.

Интересно, что на Марсе колебания давления сопровождаются колебаниями уровня радиоактивного излучения. Для его измерения "Кьюриосити" оснащен специальным детектором -

RAD, (он же собирал информацию о космической радиации еще до того, как марсоход опустился на поверхность Красной планеты). Детектор зафиксировал, что уровень ионизирующего излучения на поверхности колеблется в зависимости от плотности атмосферы планеты. Это объясняется тем, что Марс, в отличие от Земли, лишен защитного магнитного поля.

Помимо суточных колебаний, марсоход обнаружил и сезонные тренды в атмосферном давлении. Они происходят от того, что лето в южном полушарии Марса сопровождается испарением большого количества углекислого газа, отложенного там в виде сухого льда.

Наряду с проведением глобальных климатических измерений, "Кьюриосити" также составил карту ветров внутри кратера Гейла, где ему предстоит работать. Она существенно отличалась от того, что ожидали специалисты. Считалось, что в кратере преобладающими будут ветры вдоль периферии к центру, где расположена гора Шарп. Однако, это оказалось не так - более выражены были ветры вдоль границы кратера. В месте, где сейчас находится "Кьюриосити", преобладают западно-восточные ветры.

Рover опустился на поверхность Марса 6 августа 2012 года. Помимо анализа марсианского климата он проводит геохимические и физические исследования грунта с целью обнаружения условий, пригодных для бактериальной жизни. Недавно "Кьюриосити" доставил первый твердый образец марсианского грунта в прибор SAM, предназначенный для поиска органических соединений. SAM составлен из нескольких инструментов, среди которых имеется масс-спектрометр и газовый хроматограф, пишет Лента.РУ.

Химическая лаборатория на борту марсохода Curiosity проанализировала минеральный состав марсианского грунта и выяснила, что почва Красной планеты состоит примерно из тех же зерен минералов, что и вулканический туф в окрестностях вулканов на Гавайских островах, заявили астрогеологи на пресс-конференции в Лаборатории реактивного движения NASA во вторник.

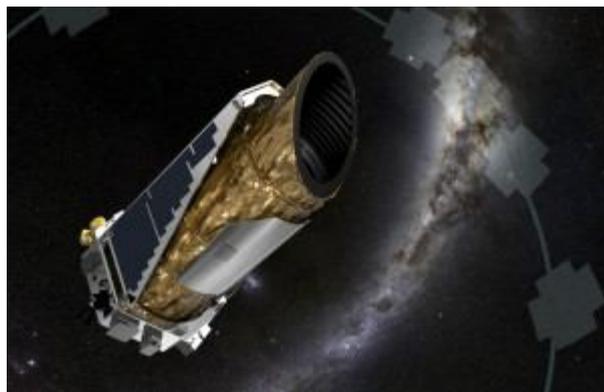
"Инструмент CheMin стал первым рентгеновским кристаллографом, который проанализировал образец материи вне пределов Земли. С его помощью мы выяснили, что марсианский грунт очень похож по своему минеральному составу на вулканические почвы на Гавайских островах", - заявил один из участников научной программы Curiosity Дэвид Ванман (David Vaniman) из Института планетологии в городе Тусон (США).

По словам Ванмана, марсианская почва примерно наполовину состоит из мелких кристаллов вулканических пород, львиную долю которых составляют полевой шпат, оливин и пироксен. Эти породы широко распространены на Земле в окрестностях вулканов и горных хребтов. Другая половина почвы состоит из аморфной материи, химический состав и структуру которой ученым еще предстоит изучить.

Как отметил геолог Дейвид Биш (David Bish) из Университета штата Индиана в городе Блумингтон (США), минеральный состав почвы в целом

соответствует представлениям о том, что поверхность Марса могла быть покрыта водой в далеком прошлом красной планеты.

"На текущий момент, все образцы, которые были проанализированы инструментами марсохода, соответствуют нашим представлениям о том, что отложения на дне кратера Гейл прошли путь от жизни в "мокрой" окружающей среде к современной марсианской "засухе". Древние породы, такие как конгломераты, указывают на то, что на Марсе были потоки жидкой воды, тогда как минералы в верхних, более молодых слоях почвы говорят нам о крайне ограниченном контакте с водой", - пояснил Биш.



2012г В ноябре НАСА отмечает важный рубеж в изучении планет, подобных Земле – успешное завершение 3,5-летней основной программы космического телескопа им. Кеплера (запуск 7.03.2009г) и начало расширенной миссии, которая продлится 4 года. На снимке поле поиска планет.

Используя данные, полученные Кеплером, астрономы обнаружили более 2300 транзитных кандидатов в планеты и подтвердили планетную природу более ста из них. Стало ясно, что Галактика изобилует планетными системами, и что планеты небольших размеров очень распространены.

К настоящему моменту найдено несколько сотен кандидатов планеты земного размера в обитаемой зоне – области в планетной системе, где на поверхности планеты могла бы существовать жидкая вода. Ни один из этих кандидатов не походит на Землю в точности. Однако теперь, с завершением главной миссии, собрано достаточно данных, чтобы начать находить истинные аналоги Земли – планеты земного типа около звезд, подобных Солнцу, делающих один оборот примерно за один земной год.

– Одно из главных открытий миссии Kepler состоит в том, что, по крайней мере, у одной трети звезд есть планеты, и что число планет в нашей галактике должно исчисляться миллиардами, – сказал Уильям Боруцки, научный руководитель Kepler в Научно-исследовательском центре Эймса НАСА. – Наибольший интерес вызывают планеты – аналоги Земли, и они уже есть в данных, ожидающих анализа. Самые захватывающие результаты Кеплера еще впереди!

Главные результаты, полученные во время основной миссии:

1. 8 апреля 2009 года аппарат передал первый снимок, сделанный несткалиброванной камерой

фотометра. На нём находится около 4,5 миллионов звёзд созвездий Лебедя и Лиры. Несмотря на нечёткое изображение, на фотографии хорошо видны звезда TrES-2 (она имеет, как минимум, одну планету) и рассеянное скопление NGC 6791. До окончания калибровки «Кеплер» также обнаружил атмосферу у планеты — газового гиганта, демонстрируя, таким образом, великолепный потенциал новой обсерватории.

2. 4 января 2010 года было объявлено об открытии первых 5 планет (Kepler-4 b, Kepler-5 b, Kepler-6 b, Kepler-7 b и Kepler-8 b). Все эти планеты являются «горячими Юпитерами» с периодом обращения от 3,3 до 4,9 дней.

3. 15 июня 2010 года были опубликованы результаты обработки данных, собранные телескопом за первые 43 дня наблюдений. «Кеплер» непрерывно наблюдал небосвод в течение этого времени и обнаружил 706 потенциальных планет, размер которых колеблется от размера Земли до размера, слегка превышающего Юпитер.

4. В августе 2010 ученые объявили об открытии первой планетной системы, имеющей несколько транзитных планет. Система Kepler-9 дала возможность измерять гравитационное взаимодействие между планетами методом тайминга транзитов (т.е. анализа периодических отклонений времени наступления транзитов, вызванных взаимным гравитационным влиянием планет). Этот метод во многих случаях позволяет астрономам вычислить массу планет, анализируя непосредственно данные Кеплера, не прибегая к последующим наземным измерениям лучевых скоростей родительской звезды.

5. 11 января 2011 команда Кеплера объявила об открытии первой бесспорно скалистой планеты вне Солнечной системы. Kepler-10 b, имеющая радиус 1.42 радиусов Земли — самая маленькая подтвержденная планета, у которой измерены и радиус, и масса. В данных, полученных Кеплером, продолжают открывать планеты все меньших и меньших размеров, вплоть до размера Марса, что говорит о том, что маленькие скалистые миры весьма распространены в Галактике.

6. 2 февраля 2011 опубликованы данные результатов наблюдений с 13 мая по 16 сентября 2009 года. В них сообщается о 1235 кандидатах в планеты. Из них 68 примерно размером с Землю; 288 суперземель; 662 размером с Нептун; 165 размером с Юпитер и 19 больше чем Юпитер. 54 планет кандидатов находится в обитаемой зоне, пять из которых по размерам близки к Земле.

7. В феврале 2011 ученые объявили об открытии тесной компактной системы с шестью транзитными планетами. У звезды Kepler-11 — шесть планет крупнее Земли, движущихся по круговым орбитам, расположенным ближе к звезде, чем орбита Венера по отношению к Солнцу. Эта и другие тесные компактные многопланетные системы явились для ученых полной неожиданностью — ничего подобного до начала миссии не предполагалось.

8. В сентябре 2011 данные Кеплера подтвердили существование планеты, вращающейся вокруг пары звезд как целого. Открытие Kepler-16 b сделало научным фактом то, что раньше было сферой научной фантастики. Позднее было открыто еще

шесть планет, вращающихся вокруг двойных звезд. Стало ясно, что планеты могут сформироваться и сохраниться в окрестностях двойной звезды.

9. В начале декабря 2011 года было объявлено об обнаружении первой транзитной планете, открытой «Кеплером», суперземли в обитаемой зоне (Kepler-22 b) приблизительно в 2.4 раза больше Земли и чуть позже об обнаружении планеты с радиусом меньше, чем у Земли (Kepler-20 e)

10. В январе 2012 года объявлено об обнаружении трёх миниземель у звезды KOI-961, одна из которых размером с Марс.

11. В феврале 2012 команда Кеплера объявила об открытии более чем 1,000 новых транзитных кандидатов в планеты (их общее количество достигло 2,321). Основная тенденция — обнаружение все меньших планет на орбитах со все более длинными орбитальными периодами. Также результаты включают в себя сотни многопланетных систем — звезд с несколькими транзитными кандидатами в планеты.

12. Недавно астрономы-любители, участвующие в проекте «Охотники за планетами», организованном Йельским университетом, сделали свое первое открытие. Совместная работа любителей и профессиональных астрономов привела к открытию планеты, вращающейся вокруг двойной звезды, вокруг которой, в свою очередь, вращается вторая отдаленная пара звезд.

4 апреля 2012 года было объявлено о продлении миссии телескопа по меньшей мере до 2016 года. Ноябрь 2012 — Кеплер завершил основную часть своей миссии, но продолжит работу ещё в течение четырёх лет.



2012г 21 ноября опубликована в журнале Nature (краткое содержание можно прочитать на сайте обсерватории), что астрономы Европейской южной обсерватории установили, что карликовая планета Макемаке лишена атмосферы.

Открытие удалось совершить благодаря прохождению Макемаке по линии света одной из звезд. Это "звездное затмение", которое астрономы называют покрытием, наблюдалось 23 апреля 2011 года на территории Южной Америки и было зафиксировано тремя телескопами Европейской южной обсерватории.

Вывод об отсутствии у Макемаке атмосферы удалось сделать благодаря тому, что свет звезды во время покрытия пропал и появился вновь очень резко. При наличии у небесного тела атмосферы это

происходит постепенно, так как часть света рассеивается в газовой оболочке. По расчетам астрономов, максимальное давление газа на Макемаке не превышает 12 миллиардных давления земной атмосферы, что в 250 раз меньше, чем давление на Плуtone.

Кроме того, в ходе наблюдений астрономы существенно уточнили размер и плотность карликовой планеты. Макемаке имеет немного вытянутую форму и ее больший и меньший диаметр составляют 1430 и 1502 километра соответственно. Плотность достигает 1,7 грамм на кубический сантиметр. Астрономы также оценили альbedo планеты, то есть долю излучения, отражаемого от ее поверхности. Оно составило 77 процента, что выше, чем у Плутона имеющего атмосферу, но ниже, чем у Эриды - двух других карликовых планет-соседей Макемаке.

Карликовыми планетами называют вращающиеся вокруг Солнца небесные тела, массы которых достаточно для поддержания округлой формы, но не достаточно для того, чтобы доминировать на своей орбите. Макемаке, Плутон, Эрида, Харон и некоторые другие карликовые планеты являются крупнейшими из известных классических объектов пояса Койпера, наряду со своими спутниками и астероидами, относятся к поясу Койпера. Эта область Солнечной системы начинается от орбиты Нептуна и простирается до ее внешних границ (около 55 расстояний от Земли до Солнца).

2012г Ученые установили, что сверхмассивная (17±3 млрд M_{\odot}) черная дыра в центре галактики NGC 1277, удаленной от нас на 228 миллионов световых лет в созвездии Персея, примерно в 20 миллиардов раз тяжелее массы нашего Солнца (10% Млечного Пути), что по сути удваивает рекорд, установленный предыдущим "тяжеловесом" — черной дырой в галактике NGC 4889, заявляют ученые в статье, опубликованной в журнале Nature.

Считается, что в центре большинства массивных галактик существует, по крайней мере, одна сверхмассивная черная дыра. Причины образования этих объектов пока не совсем ясны. Наблюдения за искривлением пространства вокруг них позволяют говорить о том, что типичная масса сверхмассивных черных дыр находится в диапазоне от миллиона до нескольких миллиардов масс Солнца. Самым тяжелым объектом такого рода считалась черная дыра в галактике NGC 4889, чья масса составляет 9,8 миллиарда солнечных масс.

Группа астрономов под руководством Ремко ван ден Боша (Remco van den Bosch) из Института астрономии Общества Макса Планка в Гейдельберге (Германия) смогла побить этот рекорд, изучая снимки, полученные при помощи инфракрасного спектрометра в составе телескопа Хобби-Эберли в американской обсерватории Макдональда.

Авторы статьи наблюдали за ночным небом в созвездии Персея, пытаясь найти сверхмассивные черные дыры в близких к нам галактиках. Для этого ученые вычисляли скорости движения звезд в центре и других частях "звездных мегаполисов" и вычисляли разницу между ними. Как правило, звезды, захваченные в гравитационные "объятия"

черной дыры, движутся быстрее других светил в галактике. Это позволяет ученым находить черные дыры в далеких галактиках и измерять некоторые их свойства, в том числе и массу.

В общей сложности Ван ден Бош и его коллеги изучили около 700 галактик, расположенных в относительной близости от Млечного Пути. Их внимание привлекла небольшая галактика NGC 1277, в центре которой, судя по скорости движения звезд, обитала черная дыра-супертяжеловес.

Ученые проанализировали снимки галактики и пришли к выводу, что данная черная дыра содержит в себе огромное количество материи — от 14 до 20 миллиардов масс Солнца. Это делает черную дыру в центре NGC 1277 самым массивным небесным телом, известным человечеству.

По словам астрономов, открытие черной дыры преподнесло им еще один сюрприз. Как правило, сверхмассивные черные дыры в центрах галактик содержат в себе около 0,1% от общей массы "звездного мегаполиса".

Черная дыра в NGC 1277 оказалась намного больше — она содержит свыше 14% от массы галактики. Ученые полагают, что она содержит в себе больше половины массы балджа — центральной, наиболее плотной части галактики.

"Это действительно очень странная галактика. Она практически целиком состоит из черной дыры. Может быть, мы открыли первый объект из класса галактик-черных дыр", — заявил один из авторов статьи Карл Гебхардт (Karl Gebhardt) из университета штата Техас в Остине (США).

Как отмечают ученые, им еще предстоит изучить около 100 галактик в созвездии Персея. Вполне возможно, что одна из них таит в себе нового чемпиона среди черных дыр, который побьет рекорд NGC 1277, передает MKRU.



2012г 28 ноября на сайте Европейской южной обсерватории приводится статья о том, что ученые зарегистрировали выброс квазара рекордной мощности. Статья (pdf в журнале The Astrophysical Journal).

Объектами исследования выступали квазары - активные ядра галактик. Источниками излучения квазаров является материя, поглощаемая сверхмассивной черной дырой в центре скопления. В процессе поглощения могут происходить выбросы джетов - потоков горячей материи, которые являются источниками мощного электромагнитного излучения.

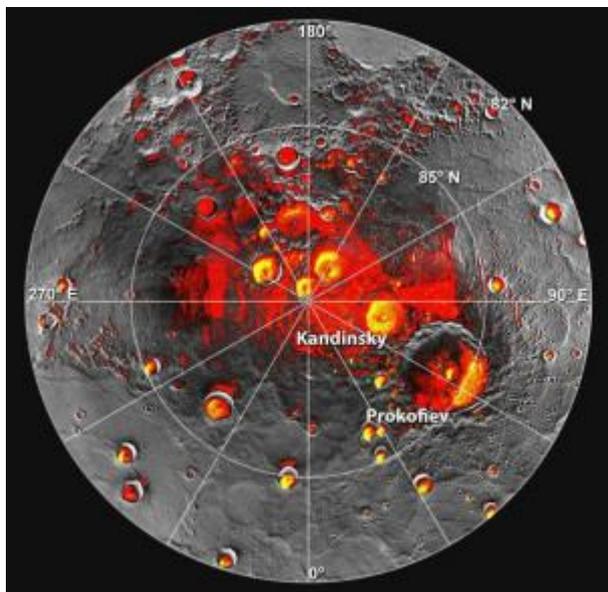
В рамках новой работы ученые рассмотрели выбросы квазаров SDSS J1106+1939 и SDSS J1512+1119, которые были зарегистрированы в апреле 2011 и марте 2012 годов.

В результате анализа собранных телескопом VLT данных, ученые установили, что выброс SDSS J1106+1939 был самым мощным из когда-либо зарегистрированных. Его мощность на два порядка превышает мощность излучения всего Млечного пути - это примерно в пять раз выше, чем у предыдущего рекордсмена.

Скорость потоков материи в этом регионе достигает 8000 километров в секунду. За год через этот регион проходит масса около 400 солнечных. Сам квазар располагается на расстоянии 8,8 миллиарда световых лет от Земли (красное смещение 3,038). Выброс произошел на расстоянии примерно 1000 световых лет от самой черной дыры.

Примечательно, что, несмотря на рекордную мощность, выброс не удивил астрономов. Дело в том, что существующие теории формирования джетов рядом со сверхмассивными черными дырами говорят, что такие выбросы должны быть крайне мощными. До последнего времени, однако, ничего подобного ученым на практике наблюдать не удавалось. Новый же выброс очень хорошо укладывается в существующую теорию.

Ученые говорят, что новые результаты помогут им прояснить процессы, происходящие в окрестностях сверхмассивных черных дыр, а также определить, каким образом такие дыры влияют на формирование и структуру той галактики, в которой они располагаются.



2012г 30 ноября приводится на сайте NASA анализ новых данных, полученных космическим аппаратом "Мессенджер" (запуск 03.08.2004г), подтвердившим наличие водного льда в постоянно затененных кратерах Меркурия.

Выводы ученых основаны на трех независимых блоках данных. Во-первых, с помощью нейтронного спектрометра "Мессенджера" исследователям удалось обнаружить в полярных кратерах Меркурия большое количество атомов водорода, свидетельствующих о наличии воды. Толщина практически чистого льда по данным спектрометра

составила несколько десятков сантиметров. При этом, замерзшая вода, хотя и выходит в некоторых местах кратеров на поверхность, в основном покрыта слоем темного материала толщиной 10-20 сантиметров. Ученые пока не знают, что представляет из себя этот материал, но полагают, что в нем содержатся органические вещества, принесенные, как и вода, кометами.

Второй блок доказательств связан с измерением рельефа поверхности полюса Меркурия. Он был проведен при помощи лазерного высотомера MLA, и показал, что внутри кратеров находятся области с повышенным отражением в области близкого инфракрасного излучения. Это подтверждает данные спектрометра о наличии там замерзшей воды.

Наконец, на основе новых данных о рельефе ученые провели моделирование распределения температуры на Меркурии, которое подтвердило возможность существования льда в обследованных областях планеты.

Предположение о возможности существования замерзшей воды на ближайшей к Солнцу планете была высказана еще в 70-е годы прошлого века. Оно было основано на том, что поскольку ось вращения Меркурия практически перпендикулярна его орбите, в его полярные кратеры никогда не заглядывает Солнце. Первое экспериментальное указание на верность гипотезы было получено радиотелескопом "Аресибо". В дальнейшем, его данные были подтверждены "Мессенджером" в октябре 2011 года.

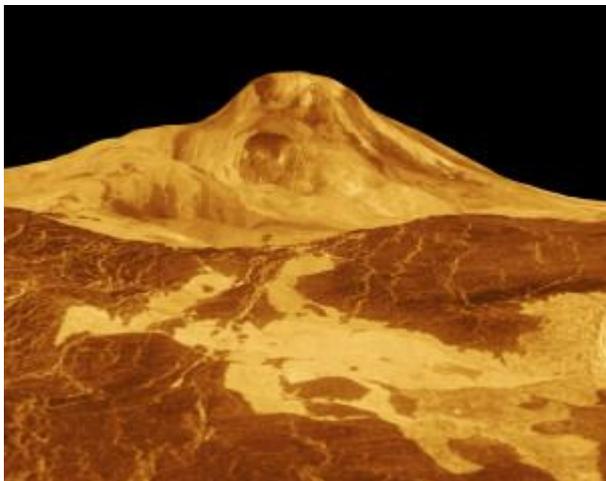
2012г 3 декабря было сообщено о том, что ровер «Curiosity» («Кьюриосити») обнаружил на Марсе органических соединений, а также перхлоратов. Прибор SAM зарегистрировал четыре хлорсодержащих органических соединения, однако у специалистов нет полной уверенности в их марсианском происхождении. Те же исследования показали наличие водяного пара в нагретых образцах грунта. Интересным фактом является то, что «Curiosity» на Марсе приземлился на дно высохшего озера.

И хотя органика не позволяет говорить о наличии на Марсе жизни (органика для этого – условие необходимое, но не достаточное. Анализ наблюдений говорит, что планета ранее имела значительно более благоприятные для жизни условия, нежели теперь).

Через два года 16 декабря 2014 года НАСА сообщило об обнаружении органических соединений и кратковременной вспышке концентрации метана в 10 раз во время исследований «Кьюриосити».

2012г 3 декабря появилась статья на Infox.ru (публикация в журнале Nature Geoscience), что проанализировав данные, собранные космическими аппаратами Pioneer-Venus (Пионер-Венера, запуск 20.05.1978г) и Venus-Express (запуск 9.11.2005г), проведенные тремя французскими специалистами из лаборатории LATMOS совместно с российским ученым Денисом Беляевым из Института космических исследований РАН, ученые показали, что на Венере периодически происходят извержения вулканов, которые меняют состав ее атмосферы.

О существовании вулканов на Венере говорит значительное количество сернистого газа (SO₂ - диаксид серы) в ее атмосфере. Этот газ на Венере, как и на Земле (здесь его концентрация в один миллион раз меньше), по-видимому, имеет вулканическое происхождение. Однако долгое время ученые не могли определить, являются ли вулканы Венеры действующими или же они, выбросив SO₂, давно потухли.



Авторы работы смогли ответить на этот вопрос, проанализировав наблюдения аппарата Venus-Express, запущенного Европейским космическим агентством. С 2006 по 2012 годы с помощью спектрометра SPICAV спутник фиксировал постоянное падение концентрации SO₂ в верхних слоях атмосферы Венеры. По мнению исследователей, это говорит о том, что незадолго до прибытия аппарата на орбиту Венеры в августе 2006 года на ней произошел ряд мощных извержений.

В результате выделилось большое количество сернистого газа, часть которого просочилась выше плотного слоя облаков. Ниже этого слоя молекулы SO₂ надежно защищены от солнечного излучения и могут существовать практически бесконечно. Но, выйдя за его пределы, сернистый газ быстро окисляется. Поэтому с 2007 по 2011 концентрация SO₂ в верхних слоях атмосферы Венеры упала с 1 до 0,1-02 миллионных долей. Есть причины предполагать, что гора Маат извергалась относительно недавно — об этом говорят свежие потоки застывшей лавы, отсутствие ударных кратеров и «снега» на её вершине.

Похожую картину уже наблюдал спутник Pioneer-Venus, работавший на орбите Венеры в 1980-х. Тогда концентрация SO₂ над слоем облаков с 1980 по 1986 годы упала с 0,5 до 0,1 миллионных долей. Из этого авторы работы и сделали вывод, что на Венере примерно раз в десятилетие происходят вулканические извержения, при которых сернистый газ выбрасывается в верхние слои атмосферы планеты и затем постепенно исчезает.

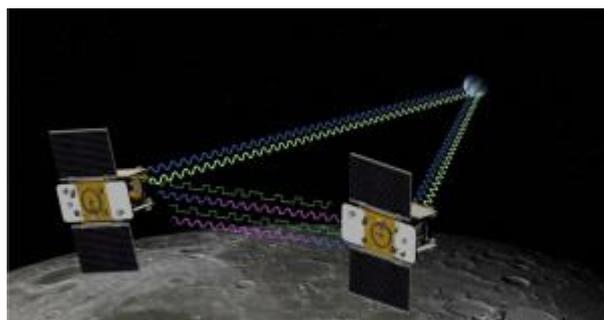
2012г 13 декабря китайский межпланетный зонд «ЧаньЭ-2» (запущен 1.10.2010г) совершил пролет мимо астероида (4179) Таутатис, который сутками ранее миновал Землю. В момент максимального сближения в 08:30:09 UTC (12:30:09 мск) космический аппарат и небесное тело

разделяли 3,2 километра. Камерами «ЧаньЭ-2» сделаны великолепные снимки малой планеты с разрешением 10 метров.



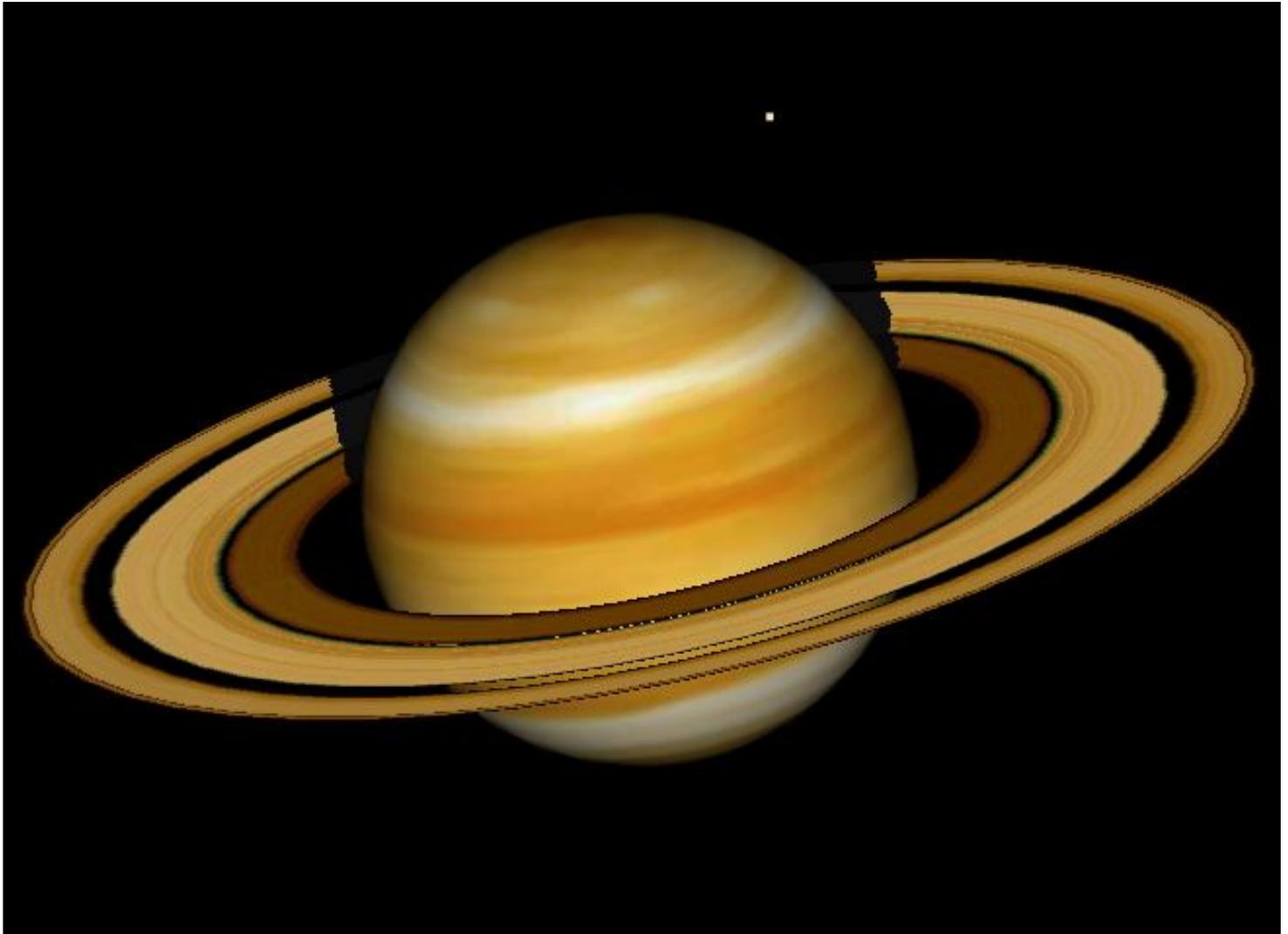
Астероид (4179) Таутатис размером 5,4 километра относится к группе Аполлона и довольно часто сближается с Землей. Китайский зонд «перехватил» его во время очередного рандеву.

В начале июня 2011 года он покинул окололунную орбиту и устремился во внешний космос для дополнительных исследований, удалившись на полтора миллиона километров от Земли. 14 июля 2013 года расстояние между «ЧаньЭ-2» и Землей составило 50 млн. км, а на 27 ноября 2013 года уже свыше 60 млн. км. По оценкам специалистов ВАССС за всё время полёта аппарат может удалиться на 300 млн. км.



2012г 18 декабря завершена американская программа GRAIL (Gravity Recovery and Interior Laboratory) изучения гравитационного поля и внутреннего строения Луны. Научно-исследовательский зонд GRAIL-A (Ebb, "Эбб" - "отлив") 31 декабря 2011 года в 21:21 UTC выведен на селеноцентрическую орбиту, а спустя сутки к нему присоединился его брат-близнец GRAIL-B (Flow, "Флоу" - "прилив"). Двигатели зондов были включены на торможение и в 02:28 UTC зонды со скоростью около 1,7 километров в секунду, с промежутком в 20 секунд врезались в Луну близ кратера Гольдшмидт на северном полюсе Луны. Перед своей гибелью они еще раз послужили науке – поднятое при падении облако лунного грунта было проанализировано с помощью спектрометров орбитального зонда LRO (лунный орбитальный разведчик – Lunar Reconnaissance Orbiter).

Анатолий Максименко,
любитель астрономии, <http://astro.websib.ru>



Избранные астрономические события месяца (время всемирное - UT)

1 августа - Луна ($\Phi = 0,46-$) проходит южнее Урана,
1 августа - Меркурий в верхнем соединении с Солнцем,
2 августа - долгопериодическая переменная звезда RR Скорпиона близ максимума блеска (5,5m),
2 августа - Сатурн в противостоянии с Солнцем,
2 августа - Луна ($\Phi = 0,35-$) проходит южнее Плеяд,
2 августа - Луна ($\Phi = 0,34-$) в апогее своей орбиты на расстоянии 404412 км от центра Земли,
2 августа - покрытие Луной ($\Phi = 0,29-$) звезды омега2 Тельца (4,9m) при видимости в Сибири,
3 августа - Луна ($\Phi = 0,26-$) проходит севернее Альдебарана,

3 августа - Луна ($\Phi = 0,26-$) в восходящем узле своей орбиты,
5 августа - долгопериодическая переменная звезда RT Лебедя близ максимума блеска (6m),
5 августа - Луна ($\Phi = 0,09-$) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,
5 августа - покрытие Луной ($\Phi = 0,08-$) звезды эpsilon Близнецов (3m) при видимости на Дальнем Востоке,
8 августа - новолуние,
9 августа - Луна ($\Phi = 0,01+$) проходит севернее Меркурия,
9 августа - Луна ($\Phi = 0,01+$) проходит севернее Регула,
10 августа - Луна ($\Phi = 0,02+$) проходит севернее Марса,
11 августа - Луна ($\Phi = 0,08+$) проходит севернее Венеры,
12 августа - Меркурий проходит в градусе севернее Регула,
12 августа - максимум действия метеорного

потока Персеиды ($ZHR=120$),
 13 августа - долгопериодическая переменная звезда R Гидры близ максимума блеска (4m),
 13 августа - Луна ($\Phi=0,26+$) проходит севернее Спика,
 15 августа - Луна в фазе первой четверти,
 16 августа - Луна ($\Phi=0,62+$) в нисходящем узле своей орбиты,
 16 августа - долгопериодическая переменная звезда R Большой Медведицы близ максимума блеска (6,5m),
 16 августа - Луна ($\Phi=0,62+$) проходит севернее Антареса,
 17 августа - максимум действия метеорного потока каппа-Цигниды ($ZHR=3$),
 17 августа - Луна ($\Phi=0,70+$) в перигее своей орбиты на расстоянии 369128 км от центра Земли,
 17 августа - покрытие на 6 секунд звезды омега Рыб 3,9t астероидом Геометрия (376) при видимости на севере России,
 18 августа - Луна ($\Phi=0,84+$) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,
 18 августа - Меркурий проходит в 0,1 гр. южнее Марса,
 20 августа - долгопериодическая переменная звезда R Льва близ максимума блеска (3,5m),
 20 августа - Юпитер в противостоянии с Солнцем,
 20 августа - Уран в стоянии с переходом к попятному движению,
 20 августа - Луна ($\Phi=0,97+$) проходит южнее Сатурна,
 22 августа - Луна ($\Phi=0,99+$) проходит южнее Юпитера,
 22 августа - полнолуние,
 24 августа - Луна ($\Phi=0,97-$) проходит южнее Нептуна,
 24 августа - покрытие Луной ($\Phi=0,94-$) звезды 30 Рыб (4,4m) при видимости в Сибири,
 24 августа - долгопериодическая переменная звезда RS Лебедя близ максимума блеска (6,5m),
 25 августа - долгопериодическая переменная звезда V Гончих Псов близ максимума блеска (6m),
 28 августа - Луна ($\Phi=0,69-$) проходит южнее Урана,
 30 августа - Луна ($\Phi=0,52-$) в апогее своей орбиты на расстоянии 404100 км от центра Земли,
 30 августа - Луна ($\Phi=0,51-$) в восходящем узле своей орбиты,
 30 августа - Луна в фазе последней четверти,
 30 августа - Луна ($\Phi=0,5-$) проходит севернее Альдебарана,
 31 августа - долгопериодическая переменная звезда о Кита близ максимума блеска (2m),
 31 августа - долгопериодическая переменная звезда T Большой Медведицы близ максимума блеска (6m).

Солнце движется по созвездию Рака до 10 августа, а затем переходит в созвездие Льва и остается в нем до конца месяца. Склонение дневного светила, по сравнению с первыми двумя летними месяцами уменьшается с каждым днем все быстрее. Как

следствие, также быстро уменьшается продолжительность дня: с 15 часов 59 минут в начале месяца до 13 часов 52 минут к концу описываемого периода (более двух часов). Эти данные справедливы для широты Москвы, где полуденная высота Солнца за месяц уменьшится с 52 до 42 градусов. Для наблюдений Солнца август - один из самых благоприятных месяцев в северном полушарии Земли. Наблюдения пятен и других образований на поверхности дневного светила можно проводить в телескоп или бинокль и даже невооруженным глазом (если пятна достаточно крупные). **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 небу августа при фазе 0,46- южнее Урана и устремится к созвездию Тельца, в которое войдет 1 августа при фазе 0,39-. На следующий день тающий лунный серп при фазе около 0,35- будет наблюдаться близ рассеянного звездного скопления Плеяды, а 3 августа ($\Phi=0,26-$) максимально сблизится с Гиадами и Альдебараном. 4 августа тонкий лунный серп при фазе 0,13 перейдет в созвездие Близнецов при фазе 0,02-, а 7 августа достигнет созвездия Рака ($\Phi=0,02-$). В этот же день Луна пройдет севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44), но это явление не будет видно из-за близости к Солнцу. 8 августа наступит новолуние, а затем Луна перейдет в созвездие Льва уже на вечернем небе. Здесь лунный серп при фазе 0,01+ будет наблюдаться близ Меркурия, Регула и Марса. Затем Луна устремится к созвездию Девы, в которое войдет 11 августа при фазе 0,08+, наблюдаясь севернее Венеры. 13 августа Луна ($\Phi=0,26+$) пройдет севернее Спика. Устремившись к созвездию Весов, ночное светило войдет в него 14 августа при фазе 0,38+. Здесь ночное светило примет фазу первой четверти, а созвездия Скорпиона достигнет 16 августа уже при фазе 0,56+. В этот же день лунный овал при фазе 0,62+ вступит в созвездие Змееносца, наблюдаясь севернее Антареса. 18 августа яркая Луна ($\Phi=0,76+$) перейдет в созвездие Стрельца и пробудет здесь до 20 августа. В этот день ночное светило ($\Phi=0,94+$) перейдет в созвездие Козерога и пройдет южнее Сатурна при фазе 0,97+. 22 августа Луна достигнет созвездия Водолея, увеличив фазу до 0,99+ и пройдя южнее Юпитера. В созвездии Водолея 22 августа Луна примет фазу полнолуния, наблюдаясь всю ночь. 24 августа яркий лунный диск ($\Phi=0,97-$) пройдет южнее Нептуна, в этот же день перейдя в созвездие Рыб при фазе 0,95-. 25 августа Луна перейдет в созвездие Кита при фазе 0,92-. 26 августа Луна ($\Phi=0,86-$) вновь пересечет границу созвездия Рыб, находясь здесь до 27 августа когда при фазе 0,76- еще раз войдет в созвездие Кита, а затем при фазе 0,73- перейдет в созвездие Овна. Здесь лунный овал пройдет южнее Урана при фазе 0,69-, а затем устремится к созвездию Тельца, в которое войдет 29 августа при фазе 0,61-. В этот день Луна пройдет южнее Плеяд при фазе 0,56-, а 30 августа примет фазу последней четверти близ Гиад и Альдебарана. В созвездии Тельца Луна закончит свой путь по летнему небу при фазе 0,34-.

Большие планеты Солнечной системы. Меркурий перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Рака, 5 августа переходя в

созвездие Льва, а 26 августа - в созвездие Девы. 1 августа Меркурий проходит верхнее соединение с Солнцем и переходит на вечернее небо, постепенно увеличивая угловое расстояние от дневного светила. Видимый диаметр Меркурия весь месяц придерживается значения 5 секунд дуги, а блеск быстрой планеты уменьшается в течение описываемого периода от -2m до 0m. Фаза Меркурия изменяется от 1,0 до 0,75. Это означает, что при наблюдении в телескоп Меркурий будет иметь вид диска, переходящего в овал, приближаясь к максимальной элонгации, которая наступит уже осенью (14 сентября).

Венера движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Льва, 10 августа переходя в созвездие Девы. Планета наблюдается на вечернем небе, увеличивая угловое расстояние от центрального светила от 32 до 40 градусов. Видимый диаметр Венеры увеличивается от 13" до 15", а фаза уменьшается от 0,82 до 0,74 при блеске около -4m. 11 августа близ Венеры пройдет Луна. В телескоп наблюдается небольшой яркий диск без деталей.

Марс перемещается по созвездию Льва в одном направлении с Солнцем. Планету можно найти на фоне вечерней зари. Блеск Марса придерживается значения +1,8m, а видимый диаметр загадочной планеты составляет менее 4 секунд дуги. В телескоп наблюдается крохотный диск практически без деталей.

Юпитер перемещается попятно по созвездиям Водолея и Козерога. Газовый гигант имеет ночную видимость, наблюдаясь невысоко над горизонтом в южной стороне неба. Юпитер приближается к своему противостоянию, которое наступит 20 августа. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы увеличивается от 48" до 49" при блеске более -2,5m. 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 перемещается попятно по созвездию Козерога. Окольцованная планета имеет ночную видимость, и видна невысоко над горизонтом в южной стороне неба. Сатурн приближается к своему противостоянию, которое наступит 2 августа. Блеск планеты имеет максимальное значение +0,2m при видимом диаметре около 18,5". В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также другие наиболее яркие спутники. Видимый наклон колец Сатурна составляет 18 градусов.

Уран (6m, 3,5") имеет прямое движение (20 августа меняя его на попятное), перемещаясь по созвездию Овна южнее звезды альфа этого созвездия. Планета находится на ночном и утреннем небе, и может быть найдена при помощи бинокля. Разглядеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планету можно наблюдать в периоды новолуний (лучше около противостояния) на темном чистом небе. Блеск спутников Урана слабее 13m.

Нептун (8m, 2,4") имеет попятное движение, перемещаясь по созвездию Водолея левее звезды фи Aqr (4,2m). Планета находится на ночном и

утреннем небе. Для поисков самой далекой планеты Солнечной системы понадобится бинокль и звездные карты в [Астрономическом календаре на 2021 год](#), а диск 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, видимых с территории нашей страны, расчетный блеск около 11m и ярче будут иметь, по крайней мере, две кометы: PANSTARRS (C/2017 K2) и P/Фаяе (4P). Первая при максимальном расчетном блеске около 10,5m движется по созвездию Геркулеса. Вторая перемещается по созвездиям Овна и Тельца при максимальном расчетном блеске около 11m. 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 самым ярким будет Веста (8m), которая движется по созвездию Девы. Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

Долгопериодические переменные звезды месяца (по данным <http://blog.astronomypage.ru/> - звездная величина фотографическая): RR Скорпиона 6,6m - 2 августа, RS Геркулеса 8,0m - 5 августа, RT Лебеда 7,3m - 5 августа, U Персея 8,3m - 6 августа, S Жирафа 8,6m - 8 августа, S Северной Короны 7,9m - 9 августа, W Лиры 7,9m - 10 августа, W Эридана 7,9m - 13 августа, R Рака 7,9m - 13 августа, R Гидры 5,5m - 13 августа, V Тельца 9,1m - 15 августа, R Большой Медведицы 7,4m - 16 августа, R Волос Вероники 9,1m - 17 августа, R Льва 5,2m - 20 августа, S Ящерицы 8,2m - 20 августа, S Микроскопа 9,1m - 20 августа, R Овна 8,1m - 21 августа, X Возничего 8,4m - 22 августа, RS Лебеда 7,4m - 24 августа, X Единорога 7,6m - 24 августа, Y Андромеды 8,8m - 25 августа, V Гончих Псов 7,2m - 25 августа, R Персея 8,0m - 26 августа, SS Змееносца 9,1m - 28 августа, о Кита 2,8m - 31 августа, T Большой Медведицы 7,1m - 31 августа. Дополнительно на <http://www.aavso.org/>.

Среди основных метеорных потоков 12 августа максимума действия достигнут Персеиды (ZHR=120). 17 августа максимальной интенсивности достигнут каппа-Цигниды из созвездия Лебеда (ZHR=3). Луна в период максимума Персеид будет близка к фазе первой четверти, поэтому условия наблюдений метеоров этого потока будут достаточно благоприятны. Для каппа-Цигнид условия наблюдений менее благоприятны из-за большой фазы Луны. Подробнее на <http://www.imo.net>.

Другие сведения об астроявлениях в АК_2021 - <http://www.astronet.ru/db/msg/1704127>

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 их видимых путей по небесной сфере имеются в **Календаре наблюдателя № 08 на 2021 год** <http://www.astronet.ru/db/news/>

Александр Козловский, журнал «Небосвод»

Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>



КА ДАР
ОБСЕРВАТОРИЯ

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

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

Сделайте шаг к науке
вместе с нами!

Астрономический календарь на 2021 год

<http://www.astronet.ru/db/msg/1704127>

АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

Два стрельца



<http://shvedun.ru>



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

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

NGC 6888: туманность Полумесяц

