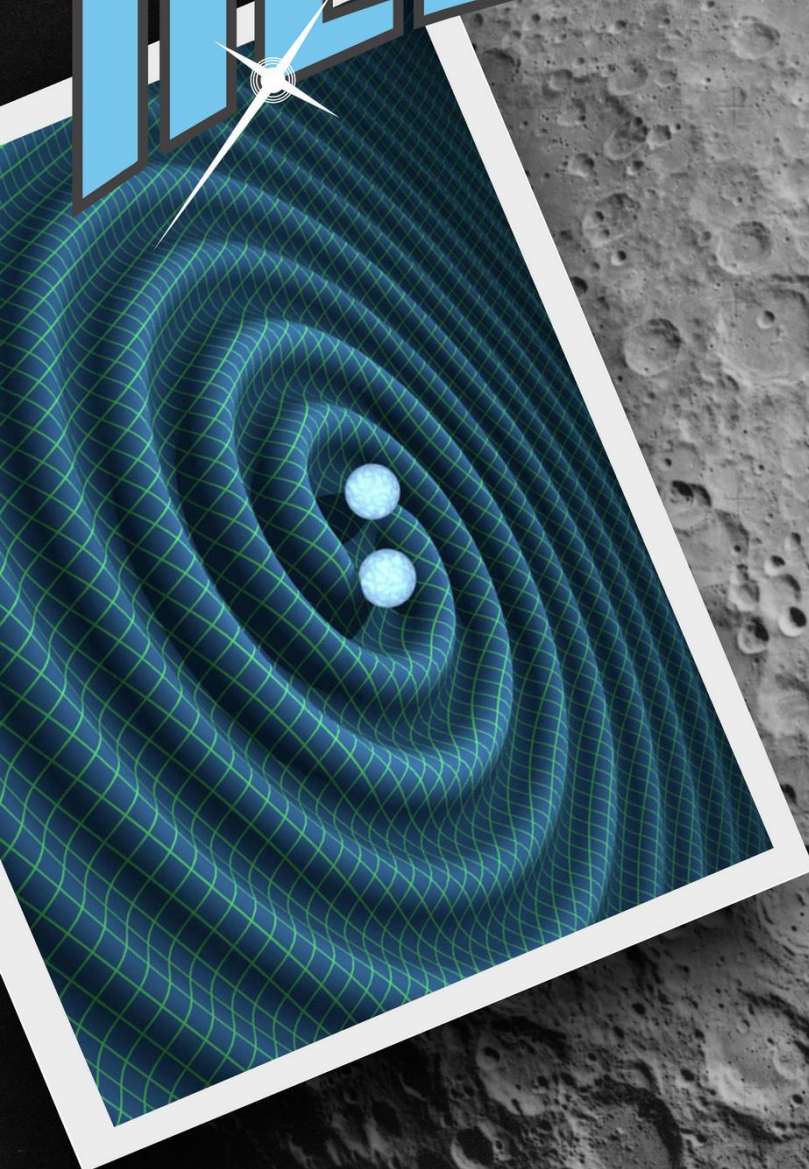


ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

Луна: другая сторона

03'16
март

Объекты каталога Мессье: M51 Гравитационные волны - открыты!
Интервью: Валентина Некрасова Полное солнечное затмение 09.03.2016
Программа для расчёта лунных затмений LmapWin



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



Астрономический календарь на 2005 год (архив – 1,3 Мб)
<http://files.mail.ru/79C92C0B0BB44ED0AAED7036CCB728C5>

Журнал «Земля и Вселенная» - издание для любителей астрономии с полувекковой историей
<http://earth-and-universe.narod.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://www.astronet.ru/db/news/>



Краткий Астрономический календарь на 2016 - 2050 годы <http://astronet.ru/db/msg/1335637>
Краткий Астрономический календарь на 2051 - 2200 годы <http://astronet.ru/db/msg/1336920>
Астрономические явления до 2050 года <http://astronet.ru/db/msg/1280744>

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>

«Астрономическая газета»
<http://www.astro.websib.ru/astro/AstroGazeta/astrogazeta>
и http://urfak.petsru.ru/astronomy_archive/

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 – Ваш неизменный спутник в наблюдениях неба!
КН на март 2016 года <http://www.astronet.ru/db/news/>



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



«Астрономический Вестник»
ИЦ КА-ДАР –
<http://www.ka-dar.ru/observ>
e-mail info@ka-dar.ru
<http://www.ka-dar.ru/info/kdi-1.pdf>
<http://www.ka-dar.ru/info/kdi-2-06.pdf>
<http://www.ka-dar.ru/info/kdi-3-06.pdf>
<http://www.ka-dar.ru/info/kdi-4-06.pdf>
<http://www.ka-dar.ru/info/kdi-5.pdf>
<http://www.ka-dar.ru/info/kdi-6.pdf>

Вселенная. Пространство.
Время <http://wselennaya.com/>



Вышедшие номера журнала «Небосвод» можно скачать на следующих Интернет-ресурсах:
<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>
<http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=3606936> (все номера)
ссылки на новые номера - на основных астрофорумах....



Уважаемые любители астрономии!

*Мерцанье звезд погасит сноп рассвета,
И Солнца луч раздвинет ветви сна.
Ворвется в день и в жизнь строка поэта,
И в душу к нам опять придет весна!*

Весна у любителей астрономии ассоциируется с равноденствием. День становится равен ночи 20 марта, а затем долгота дня стремительно увеличивается. Дни становятся все теплее, хотя зима еще не хочет отдавать свои права и температура воздуха рассветных часов в средней полосе России может иногда опускаться до -20 градусов при ясной погоде, но весна с каждым днем завоевывает территорию страны все дальше к северу. Но морозное утро означает ясное прозрачное небо, и холод не остановит истинного любителя астрономии, чтобы в очередной раз увидеть красоты Вселенной. Вечернее небо марта богато яркими звездами и созвездиями, но бедно на планеты. Лишь Юпитер, находящийся близ противостояния, украшает восточную часть небосклона, да Луна после новолуния поднимается высоко над горизонтом. Зато утреннее небо предоставляет любителям астрономии, хотя и изрядно поредевший, но еще привлекательный парад ярких планет. Хотя Меркурий и Венера еще находятся на утреннем небе, но восходят практически вместе с Солнцем, поэтому наблюдать их можно только днем (в телескоп, соблюдая осторожность в виду близкого Солнца!). Сатурн, Марс и Юпитер великолепно видны на ночном и рассветном небе, и наблюдение их даже в самый скромный телескоп доставит массу удовольствия. Но если у вас еще нет телескопа, а вы непременно хотите увидеть то, что не видно невооруженным глазом - посетите Астрофест, где имеется возможность наблюдать небо в десятки телескопов различной апертуры! Этот ежегодный фестиваль любителей астрономии - самое крупное астрономическое мероприятие для любителей астрономии России и СНГ, которое в этом году пройдет в подмосковном пансионате Ершово с 21 по 24 апреля. Подробности о регистрации и мероприятиях этого замечательного фестиваля можно узнать на сайте [Астрофест](http://astrofest.ru). Посетите его и напишите о своих впечатлениях в журнал «Небосвод». Ясного неба и успешных наблюдений!

Искренне Ваш Александр Козловский

Содержание

- 4 Гравитационные волны - открыты!
Игорь Иванов
- 13 Объекты Мессье: M51
Николай Дёмин
- 17 Интервью
Валентина Некрасова
- 19 Луна: другая сторона
Николай Дёмин
- 27 Падение на Юпитер небесного тела (2009)
30 лучших фотографий «Хаббла»
- 28 Мир астрономии 10-летие назад
Александр Козловский
- 31 Программа для расчёта лунных затмений LmapWin
Сергей Беляков
- 32 Астрофото: моя галерея
Дмитрий Селезнев
- 33 Почему казнили Хо и Хи?
Сергей Цуканов
- 35 Полное солнечное затмение 9 марта 2016 года
Александр Козловский
- 40 Небо над нами: МАРТ - 2016
Александр Козловский

Обложка: [Область звездообразования S106](#)

Массивная звезда IRS 4 начинает расправлять крылья. Новорожденная звезда, которой всего сто тысяч лет, выбрасывает вещество, формируя туманность под названием Шарплесс 2-106 (S106), изображенную на этой фотографии. Широкий диск из газа и пыли вокруг Инфракрасного источника 4 (Infrared Source 4, IRS 4), изображенный коричневым цветом в центре картинки, придает туманности форму песочных часов или бабочки. Газовая туманность S106 возле звезды IRS 4 ведет себя как эмиссионная туманность: свет излучается ионизированной плазмой. Пыль вдалеке от IRS 4 отражает свет центральной звезды и является отражательной туманностью. Детальное исследование инфракрасных изображений S106 позволило найти сотни маломассивных коричневых карликов, скрывающихся в газе туманности. Размер S106 - около 2 световых лет, она находится примерно в 2 тысячах световых лет от нас в направлении на созвездие Лебедя.

Авторы и права: [Брендон Пимента](#)

Перевод: Д.Ю.Цветкова

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») (созданы редактором журнала совместно с Александром Кременчуцким)

Редактор: **Дёмин Н.И.**, Дизайнер обложки: **Н. Кушнир**, offset@list.ru, корректор **С. Беляков**

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

Е-mail редакции: nebosvod_journal@mail.ru, веб-ресурс журнала: <http://www.astronet.ru/db/author/11506>

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://ka-dar.ru>, <http://astronomy.ru/forum>

Сверстано 22.02.2016

© *Небосвод*, 2016

Гравитационные волны — открыты!

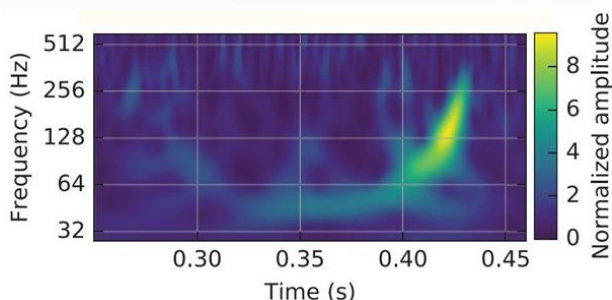


Рис. 1. «Звучание» сливающихся черных дыр: измеренная LIGO зависимость частоты гравитационно-волнового сигнала от времени. Изображение из обсуждаемой статьи

В астрофизике произошло событие, которого ждали десятилетия. После полувека поисков наконец-то открыты гравитационные волны, колебания самого пространства-времени, предсказанные Эйнштейном сто лет назад. 14 сентября 2015 года обновленная обсерватория LIGO зарегистрировала гравитационно-волновой всплеск, порожденный слиянием двух черных дыр с массами 29 и 36 солнечных масс в далекой галактике на расстоянии примерно 1,3 млрд световых лет. Гравитационно-волновая астрономия стала полноправным разделом физики; она открыла нам новый способ наблюдать за Вселенной и позволит изучать недоступные ранее эффекты сильной гравитации.

Гравитационные волны

Теории гравитации можно придумывать разные. Все они будут одинаково хорошо описывать наш мир, пока мы ограничиваемся одним-единственным ее проявлением — ньютоновским законом всемирного тяготения. Но существуют и другие, более тонкие гравитационные эффекты, которые были экспериментально проверены на масштабах Солнечной системы, и они указывают на одну конкретную теорию — [общую теорию относительности](#) (ОТО).

ОТО — это не просто набор формул, это принципиальный взгляд на суть гравитации. Если в обычной физике пространство служит лишь фоном, местом для физических явлений, то в ОТО оно само становится явлением, динамической величиной, которая меняется в согласии с законами ОТО. Вот эти искажения пространства-времени относительно ровного фона — или, на языке геометрии, искажения метрики пространства-времени — и ощущаются как гравитация. Говоря кратко, ОТО вскрывает геометрическое происхождение гравитации.

У ОТО есть важнейшее предсказание: гравитационные волны. Это искажения пространства-времени, которые способны «оторваться от источника» и, самоподдерживаясь, улететь прочь. Это гравитация

сама по себе, ничья, своя собственная. Альберт Эйнштейн окончательно сформулировал ОТО в 1915 году и почти сразу понял, что полученные им уравнения допускают существование таких волн. Как и для всякой честной теории, такое четкое предсказание ОТО должно быть проверено экспериментально. Излучать гравитационные волны могут любые движущиеся тела: и планеты, и брошенный вверх камень, и взмах руки. Проблема, однако, в том, что гравитационное взаимодействие столь слабое, что никакие экспериментальные установки не способны заметить излучение гравитационных волн от обычных «излучателей».

Чтобы «погнать» мощную волну, нужно очень сильно исказить пространство-время. Идеальный вариант — две черные дыры, вращающиеся друг вокруг друга в тесном танце, на расстоянии порядка их гравитационного радиуса (рис. 2). Искажения метрики будут столь сильными, что заметная часть энергии этой пары будет излучаться в гравитационные волны. Теряя энергию, пара будет сближаться, кружась всё быстрее, искажая метрику всё сильнее и порождая еще более сильные гравитационные волны, — пока, наконец, не произойдет кардинальная перестройка всего гравитационного поля этой пары и две черных дыры не сольются в одну.

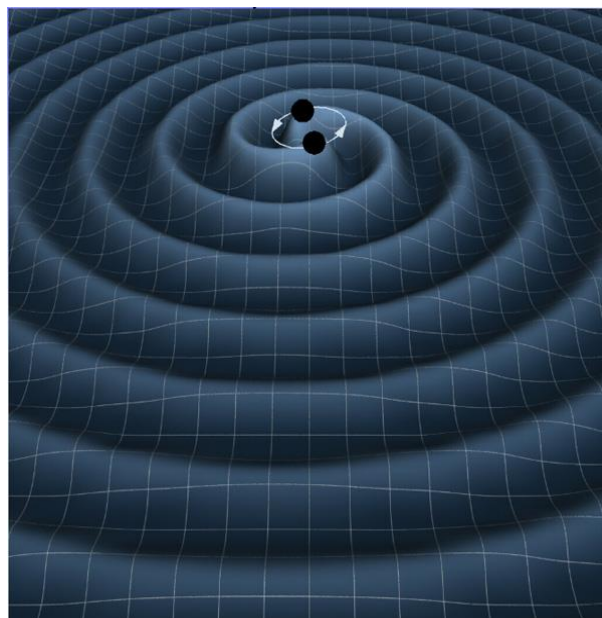


Рис. 2. Тесная пара черных дыр за мгновение до слияния. Изображение с сайта ligo.org

Такое слияние черных дыр — взрыв грандиозной мощности, но только уходит вся эта излученная энергия не в свет, не в частицы, а в колебания пространства. Излученная энергия составит заметную часть от исходной массы черных дыр, и выплеснется это излучение за доли секунды. Аналогичные колебания будут порождать и слияния нейтронных звезд. Чуть более слабый гравитационно-волновой выброс

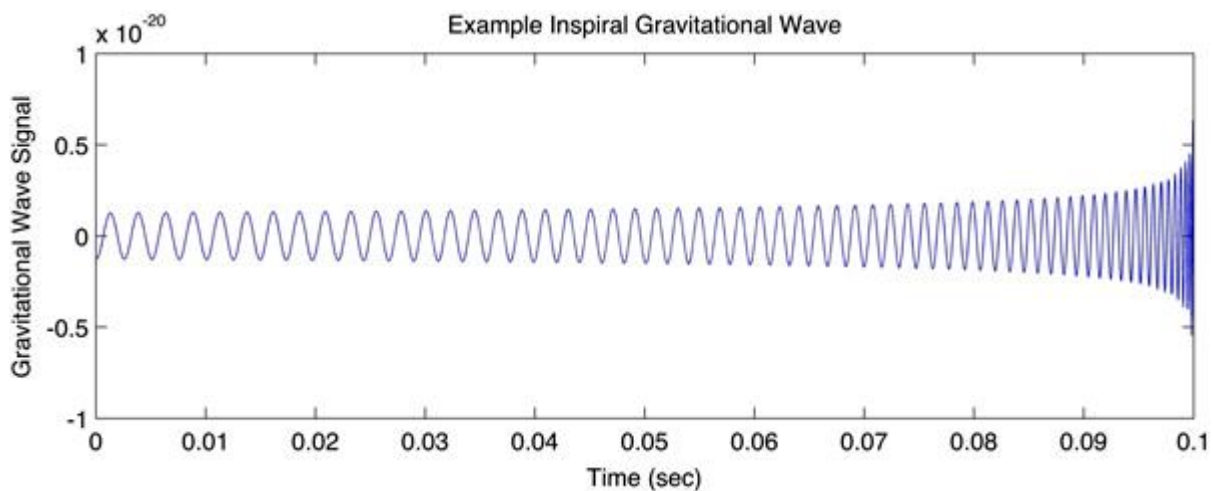


Рис. 3. Гравитационно-волновой всплеск от слияния двух черных дыр. Изображение с сайта ligo.org

энергии сопровождается и другие процессы, например коллапс ядра сверхновой.

Гравитационно-волновой всплеск от слияния двух компактных объектов имеет очень конкретный, хорошо вычисляемый профиль, показанный на рис. 3. Период колебаний задается орбитальным движением двух объектов друг вокруг друга. Гравитационные волны уносят энергию; как следствие, объекты сближаются и крутятся быстрее — и это видно как по убыстрению колебаний, так и по усилению амплитуды. В какой-то момент происходит слияние, выбрасывается последняя сильная волна, а затем следует высокочастотный «послезвон» (*ringdown*) — дрожание образовавшейся черной дыры, которая «сбрасывает» с себя все несферические искажения (эта стадия на картинке не показана). Знание этого характерного профиля помогает физикам искать слабый сигнал от такого слияния в сильно зашумленных данных детекторов.

Колебания метрики пространства-времени — гравитационно-волновое эхо грандиозного взрыва — разлетятся по Вселенной во все стороны от источника. Их амплитуда ослабевает с расстоянием, по аналогии с тем, как падает яркость точечного источника при удалении от него. Когда всплеск из далекой галактики долетит до Земли, колебания метрики будут порядка 10^{-22} или даже меньше. Иными словами, расстояние между физически не связанными друг с другом предметами будет периодически увеличиваться и уменьшаться на такую относительную величину.

Порядок величины этого числа легко получить из масштабных соображений (см. статью В. М. Липунова «[Гравитационно-волновое небо](#)»). В момент слияния нейтронных звезд или черных дыр звездных масс искажения метрики прямо рядом с ними очень большие — порядка 0,1, на то это и сильная гравитация. Столь суровое искажение затрагивает область порядка размеров этих объектов, то есть несколько километров. При удалении от источника амплитуда колебания падает обратно пропорционально расстоянию. Это значит, что на рас-

стоянии 100 Мпк = $3 \cdot 10^{21}$ км амплитуда колебаний упадет на 21 порядок и станет порядка 10^{-22} .

Конечно, если слияние произойдет в нашей родной Галактике, дошедшая до Земли дрожь пространства-времени будет куда сильнее. Но такие события происходят раз в несколько тысяч лет. Поэтому по-настоящему рассчитывать стоит лишь на такой детектор, который способен будет почувствовать слияние нейтронных звезд или черных дыр на расстоянии в десятки и сотни мегапарсек, а значит, охватит многие тысячи и миллионы галактик.

Здесь надо добавить, что косвенное указание на существование гравитационных волн уже было обнаружено, и за него даже присудили [Нобелевскую премию по физике за 1993 год](#). Многолетние наблюдения за пульсаром в двойной системе [PSR B1913+16](#) показали, что период обращения уменьшается ровно такими темпами, которые предсказывает ОТО с учетом потерь энергии на гравитационное излучение. По этой причине практически никто из ученых в реальности гравитационных волн не сомневается; вопрос лишь в том, как их поймать.

История поисков

Поиски гравитационных волн стартовали примерно полвека назад — и почти сразу обернулись сенсацией. [Джозеф Вебер](#) из [Мэрилендского университета](#) сконструировал первый резонансный детектор: цельный двухметровый алюминиевый цилиндр с чувствительными пьезодатчиками по бокам и хорошей виброизоляции от посторонних колебаний (рис. 4). При прохождении гравитационной волны цилиндр резонирует в такт искажениям пространства-времени, что и должны зарегистрировать датчики. Вебер построил несколько таких детекторов, и в 1969 году, проанализировав их показания в ходе одного из сеансов, он прямым текстом сообщил, что зарегистрировал «звучание гравитационных волн» сразу в нескольких детекторах, разнесенных друг от друга на два километра (J. Weber, 1969. [Evidence for Discovery of Gravitational Radiation](#)). Заявленная им амплитуда колебаний оказалась неправдоподобно большой, порядка 10^{-16} , то есть в миллион раз



Рис. 4. Джозеф Вебер настраивает свой детектор гравитационных волн. Изображение с сайта physics.aps.org

больше типичного ожидаемого значения. Сообщение Вебера было встречено научным сообществом с большим скепсисом; к тому же другие экспериментальные группы, вооружившись похожими детекторами, не смогли в дальнейшем поймать ни одного подобного сигнала.

Однако усилия Вебера дали толчок всей этой области исследований и запустили охоту за волнами. С 1970-х годов, усилиями [Владимира Брагинского](#) и его коллег из МГУ, в эту гонку вступил и СССР (см. [статью 1972 года](#) об отсутствии гравитационно-волновых сигналов). Интересный рассказ о тех временах есть в эссе [Если девушка попадет в дыру...](#) Брагинский, кстати, — один из классиков всей теории квантовых оптических измерений; он первым пришел к понятию стандартного квантового предела измерений — и показал, как их в принципе можно преодолевать. Резонансная схема Вебера совершенствовалась, и благодаря глубокому охлаждению установки шумы удалось резко снизить (см. [список](#) и [историю](#) этих проектов). Однако точность таких цельнометаллических детекторов всё еще была недостаточна для надежного детектирования ожидаемых событий, да и к тому же они настроены резонировать лишь на очень узком диапазоне частот вблизи килогерца.

Намного более перспективными казались детекторы, в которых используется не один резонирующий объект, а отслеживается расстояние между двумя не-

связанными друг с другом, независимо подвешенными телами, например двумя зеркалами. Из-за колебания пространства, вызванного гравитационной волной, расстояние между зеркалами будет то чуть больше, то чуть меньше. При этом чем больше длина плеча, тем большее абсолютное смещение вызовет гравитационная волна заданной амплитуды. Эти колебания сможет почувствовать лазерный луч, бегающий между зеркалами. Такая схема способна регистрировать колебания в широком диапазоне частот, от 10 герц до 10 килогерц, и это именно тот интервал, в котором будут излучать сливающиеся пары нейтронных звезд или черных дыр звездных масс.

Современная реализация этой идеи на основе интерферометра Майкельсона выглядит следующим образом (рис. 5). В двух длинных, длиной в несколько километров, перпендикулярных друг другу вакуумных камерах подвешиваются зеркала. На входе в установку лазерный луч расщепляется, идет по обеим камерам, отражается от зеркал, возвращается обратно и вновь соединяется в полупрозрачном зеркале. Добротность оптической системы исключительно высока, поэтому лазерный луч не просто проходит один раз туда-обратно, а задерживается в этом оптическом резонаторе надолго. В «спокойном» состоянии длины подобраны так, чтобы два луча после воссоединения гасили друг друга в направлении датчика, и тогда фотодетектор оказывается в полной тени. Но стоит лишь зеркалам под действием гравитационных волн сместиться на микроскопическое расстояние, как компенсация двух лучей станет неполной и фотодетектор уловит свет. И чем сильнее смещение, тем более яркий свет увидит фотодатчик.

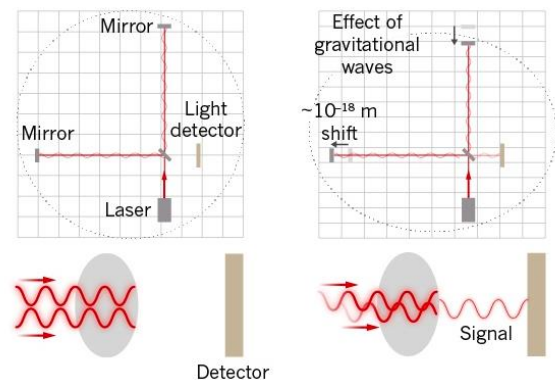


Рис. 5. Принцип интерферометрического детектирования гравитационных волн. Гравитационная волна искажает длину двух плеч в противофазе, из-за чего точная компенсация света нарушается и фотодетектор регистрирует периодический сигнал. Изображение из статьи D. Castelvecchi & A. Witze, 2016. [Einstein's gravitational waves found at last](#)

Слова «микроскопическое смещение» даже близко не передают всей тонкости эффекта. Смещение зеркал на длину волны света, то есть микрон, заметить проще простого даже без каких-либо ухищрений. Но при длине плеча 4 км это отвечает колебаниям пространства-времени с амплитудой 10^{-10} . Заметить смещение зеркал на диаметр атома тоже не представляет проблем — достаточно запустить лазерный

луч, который пробежит туда-сюда тысячи раз и получит нужный набег фазы. Но и это дает от силы 10^{-14} . А нам нужно спуститься по шкале смещений еще в миллионы раз, то есть научиться регистрировать сдвиг зеркала даже не на один атом, а на тысячные доли атомного ядра!

На пути к этой поистине поразительной технологии физикам пришлось преодолевать множество трудностей. Некоторые из них чисто механические: требуется повесить массивные зеркала на подвесе, который висит на другом подвесе, тот на третьем подвесе и так далее — и всё для того, чтобы максимально избавиться от посторонней вибрации. Другие проблемы тоже инструментальные, но оптические. Например, чем мощнее луч, циркулирующий в оптической системе, тем более слабое смещение зеркал можно будет заметить фотодатчиком. Но слишком мощный луч будет неравномерно нагревать оптические элементы, что пагубно скажется на свойствах самого луча. Этот эффект надо как-то компенсировать, и для этого в 2000-х годах была запущена целая исследовательская программа по этому поводу (рассказ об этом исследовании см. в новости [Преодолено препятствие на пути к высокочувствительному детектору гравитационных волн](#), «Элементы», 27.06.2006). Наконец, есть чисто фундаментальные физические ограничения, связанные с квантовым поведением фотонов в резонаторе и [принципом неопределенности](#). Они ограничивают чувствительность датчика величиной, которая называется [стандартный квантовый предел](#). Однако физики с помощью хитро приготовленного квантового состояния лазерного света уже научились преодолевать и его (J. Aasi et al., 2013. [Enhanced sensitivity of the LIGO gravitational wave detector by using squeezed states of light](#)).

В гонке за гравитационными волнами участвует целый список стран; своя установка есть и в России, в Баксанской обсерватории, и о ней, кстати, рассказывается в документальном научно-популярном фильме Дмитрия Завильгельского [«В ожидании волн и частиц»](#). Лидерами этой гонки сейчас являются две лаборатории — американский проект [LIGO](#) и итальянский детектор [Virgo](#). LIGO включает в себя два одинаковых детектора, расположенных в Ханфорде (штат Вашингтон) и в Ливингстоне (штат Луизиана) и разнесенных друг от друга на 3000 км. Наличие двух установок важно сразу по двум причинам. Во-первых, сигнал будет считаться зарегистрированным, только если его увидят оба детектора одновременно. А во-вторых, по разности прихода гравитационно-волнового всплеска на две установки — а она может достигать 10 миллисекунд — можно примерно определить, из какой части неба этот сигнал пришел. Правда, с двумя детекторами погрешность будет очень большой, но когда в работу вступит Virgo, точность заметно повысится.

Строго говоря, впервые идея интерферометрического детектирования гравитационных волн [была предложена](#) советскими физикам М. Е. Герценштейном и В. И. Пустовойтом в далеком 1962 году. Тогда только-только был придуман лазер, а Вебер приступал к созданию своих резонансных детекторов. Однако

эта статья не была замечена на Западе и, говоря по правде, не повлияла на развитие реальных проектов (см. исторический обзор [Physics of gravitational wave detection: resonant and interferometric detectors](#)).

Создание гравитационной обсерватории LIGO было инициативой трех ученых из Массачусетского технологического института (MIT) и из Калифорнийского технологического института (Калтеха). Это Райнер Вайсс ([Rainer Weiss](#)), который реализовал идею интерферометрического гравитационно-волнового детектора, Рональд Драйвер ([Ronald Drever](#)), добившийся достаточной для регистрации стабильности лазерного света, и [Кип Торн](#), теоретик-вдохновитель проекта, ныне хорошо известный широкой публике в качестве научного консультанта фильма «Интерстеллар». О ранней истории создания LIGO можно прочитать в [недавнем интервью Райнера Вайсса](#) и в [воспоминаниях Джона Прескилла](#).

Деятельность, связанная с проектом интерферометрического детектирования гравитационных волн, началась в конце 1970-х годов, и поначалу реальность этой затеи тоже у многих вызывала сомнения. Однако после демонстрации ряда прототипов был написан и одобрен нынешний проект LIGO. Его строили в течение всего последнего десятилетия XX века.



Рис. 6. Гравитационно-волновой детектор в Ханфорде — один из двух детекторов обсерватории LIGO. Изображение из статьи M. Mitchell Waldrop, 2016. [The hundred-year quest for gravitational waves — in pictures](#)

Хотя первоначальный импульс проекту задали США, обсерватория LIGO является по-настоящему международным проектом. В него вложились, финансово и интеллектуально, 15 стран, и членами коллаборации числятся свыше тысячи человек. Важную роль в реализации проекта сыграли советские и российские физики. С самого начала активное участие в реализации проекта LIGO принимала уже упомянутая группа Владимира Брагинского из МГУ, а позже к коллаборации присоединился и Институт прикладной физики из Нижнего Новгорода.

Обсерватория LIGO заработала в 2002 году и вплоть до 2010 года на ней прошло шесть научных сеансов наблюдений. Никаких гравитационно-волновых всплесков достоверно обнаружено не было, и физики смогли лишь установить ограничения сверху на частоту таких событий. Это, впрочем, не слишком

их удивляло: оценки показывали, что в той части Вселенной, которую тогда «прослушивал» детектор, вероятность достаточно мощного катаклизма была невелика: примерно один раз в несколько десятков лет.

Финишная прямая

С 2010 по 2015 годы коллаборации LIGO и Virgo кардинально модернизировали аппаратуру (Virgo, впрочем, еще в процессе подготовки). И вот теперь долгожданная цель находилась в прямой видимости. LIGO — а точнее, aLIGO (*Advanced LIGO*) — теперь была готова отлавливать всплески, порожденные нейтронными звездами, на расстоянии 60 мегапарсек, и черными дырами — в сотни мегапарсек. Объем Вселенной, открытой для гравитационно-волнового прослушивания, вырос по сравнению с прошлыми сеансами в десятки раз.

Конечно, нельзя предсказать, когда и где будет следующий гравитационно-волновой «бабах». Но чувствительность обновленных детекторов позволяла рассчитывать на несколько слияний нейтронных звезд в год, так что первый всплеск можно было ожидать уже в ходе первого четырехмесячного сеанса наблюдений. Если же говорить про весь проект aLIGO длительностью в несколько лет, то вердикт был предельно ясным: либо всплески посыплются один за другим, либо что-то в ОТО принципиально не работает. И то, и другое станет большим открытием.

С 18 сентября 2015 года до 12 января 2016 года прошел первый сеанс наблюдений aLIGO. В течение всего этого времени по интернету [гуляли слухи](#) о регистрации гравитационных волн, но коллаборация хранила молчание: «мы набираем и анализируем данные и пока не готовы сообщить о результатах». Дополнительную интригу создавало то, что в процессе анализа сами члены коллаборации не могут быть полностью уверены, что они видят реальный гравитационно-волновой всплеск. Дело в том, что в LIGO в поток настоящих данных изредка искусственно внедряется сгенерированный на компьютере всплеск. Он называется «слепой вброс», [blind injection](#), и из всей группы только три человека (!) имеют доступ к системе, которая осуществляет его в произвольный момент времени. Коллектив должен отследить этот всплеск, ответственно проанализировать его, и только на самых последних этапах анализа «открываются карты» и члены коллаборации узнают, было это реальным событием или же проверкой на бдительность. Между прочим, [в одном таком случае](#) в 2010 году дело даже дошло до написания статьи, но обнаруженный тогда сигнал оказался именно «слепым вбросом».

Лирическое отступление

Чтобы еще раз почувствовать торжественность момента, я предлагаю взглянуть на эту историю с другой стороны, изнутри науки. Когда сложная, неприступная научная задача не поддается несколько лет — это обычный рабочий момент. Когда она

не поддается в течение более чем одного поколения, она воспринимается совершенно иначе.

Школьником ты читаешь научно-популярные книжки и узнаешь про эту сложную для решения, но страшно интересную научную загадку. Студентом ты изучаешь физику, делаешь доклады, и иногда, к месту или нет, люди вокруг тебя напоминают о ее существовании. Потом ты сам занимаешься наукой, работаешь в другой области физики, но регулярно слышишь про безуспешные попытки ее решить. Ты, конечно, понимаешь, что где-то ведется активная деятельность по ее решению, но итоговый результат для тебя как человека со стороны остается неизменным. Проблема воспринимается как статичный фон, как декорация, как вечный и почти неизменный на масштабах твоей научной жизни элемент физики. Как задача, которая всегда была и будет.

А потом — ее решают. И резко, на масштабах нескольких дней, ты чувствуешь, что физическая картина мира поменялась и что теперь ее надо формулировать в других выражениях и задавать другие вопросы.

Для людей, которые непосредственно работают над поиском гравитационных волн, эта задача, разумеется, не оставалась неизменной. Они видят цель, они знают, чего надо достигнуть. Они, конечно, надеются, что природа им тоже пойдет навстречу и подкинет в какой-нибудь близкой галактике мощный всплеск, но одновременно они понимают, что, даже если природа не будет так благосклонна, ей от ученых уже не спрятаться. Вопрос лишь в том, когда именно они смогут достичь поставленные технические цели. Рассказ об этом ощущении от человека, который несколько десятилетий занимался поиском гравитационных волн, можно услышать в упомянутом уже фильме [«В ожидании волн и ча-стиц»](#).

Открытие

11 февраля всё открылось. Коллаборация LIGO провела [пресс-конференцию](#), и одновременно с этом в журнале *Physical Review Letters* вышла совместная статья коллабораций LIGO и Virgo [Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger](#), прямым текстом сообщая об открытии гравитационных волн. Причем любопытно, что событие, получившее рядовое обозначение GW150914, было зарегистрировано еще 14 сентября, то есть за четыре дня до [официального старта](#) наблюдательного сеанса, когда детекторы уже находились в полностью рабочем режиме и завершались последние технические проверки. Полный любопытных подробностей рассказ о том, что творилось в те дни в самой коллаборации LIGO, читайте в заметке [Here's the first person to spot those gravitational waves](#).

На рис. 7 показан главный результат: профиль сигнала, зарегистрированного обоими детекторами. Видно, что на фоне шумов сначала слабо проступает, а потом нарастает по амплитуде и по частоте колебание нужной формы. Сравнение с результатами численного моделирования позволило выяснить,

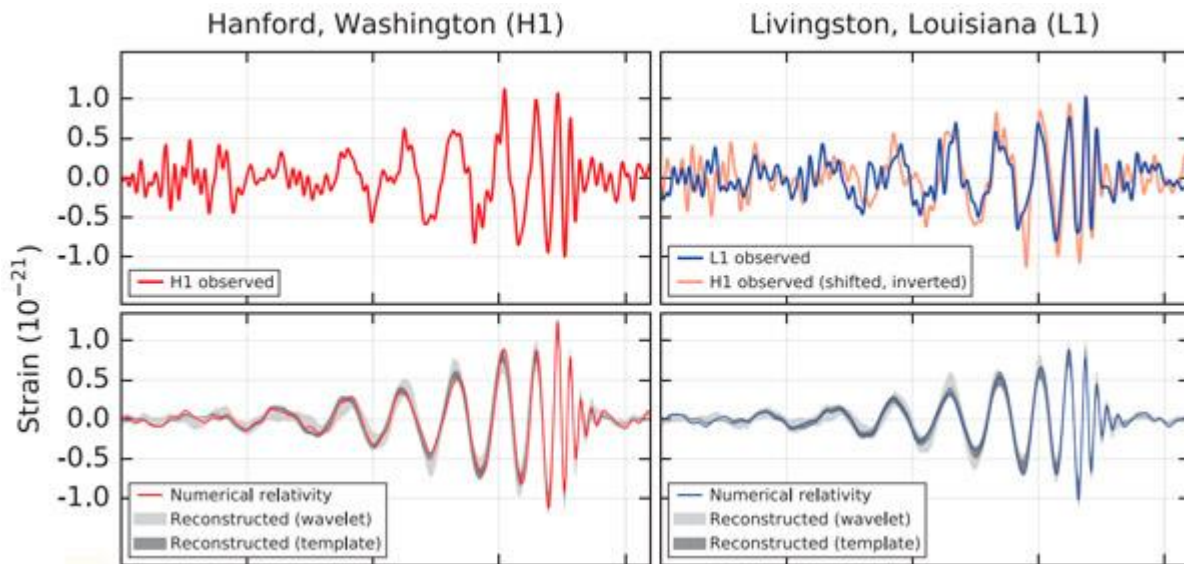


Рис. 7. Вверху: сигнал от события GW150914, зарегистрированный двумя детекторами LIGO, внизу: результат численного моделирования процесса для наиболее подходящих масс черных дыр. Изображение из обсуждаемой статьи в *Physical Review Letters*

слияние каких объектов мы наблюдали: это были черные дыры с массами примерно 36 и 29 солнечных масс, которые слились в одну черную дыру массой 62 солнечных массы (погрешность всех этих чисел, отвечающая 90-процентному доверительному интервалу, составляет 4 солнечных массы). Авторы мимоходом замечают, что получившаяся черная дыра — самая тяжелая из когда-либо наблюдавшихся [черных дыр звездных масс](#). Разница между суммарной массой двух исходных объектов и конечной черной дырой составляет $3 \pm 0,5$ солнечных масс. Этот гравитационный дефект масс примерно за 20 миллисекунд полностью перешел в энергию излученных гравитационных волн. Расчеты показали, что пиковая гравитационно-волновая мощность достигала $3,6 \cdot 10^{56}$ эрг/с, или, в пересчете на массу, примерно 200 солнечных масс в секунду.

Статистическая значимость обнаруженного сигнала составляет 5,1 σ . Иными словами, если предположить, что это статистические флуктуации наложились друг на друга и чисто случайно выдали подобный всплеск, такого события пришлось бы ждать 200 тысяч лет. Это позволяет с уверенностью заявить, что обнаруженный сигнал не является флуктуацией.

Максимальная амплитуда колебаний в этом всплеске составила 10^{-21} . Зная массы исходных объектов, можно вычислить излученную мощность, и, сравнив с этой амплитудой, выяснить, как далеко произошло это слияние. Оценка расстояния до него — примерно 1,3 млрд св. лет.

Из сравнения с моделированием были также получены ограничения на вращение черной дыры. Детальное обсуждение профиля GW150914, погрешностей измерения, и сравнения с моделированием приводится в [сопровождающих статьях](#). На сайте коллаборации выложена также [подробная информация по этому событию](#).

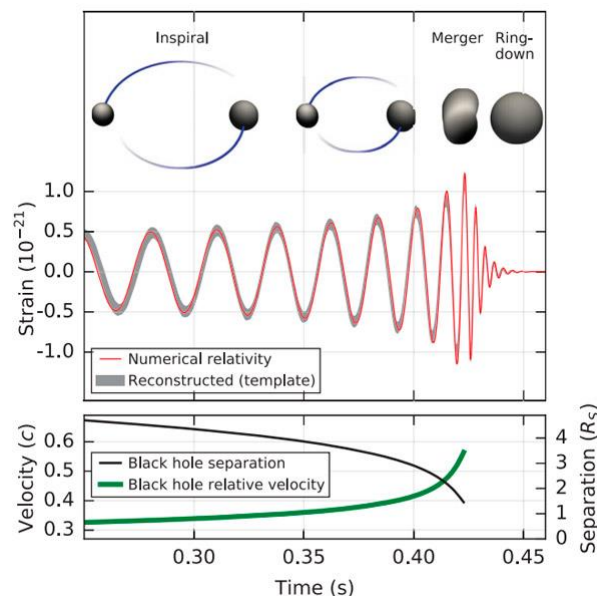


Рис. 8. Интерпретация зарегистрированного сигнала. Вверху: профиль гравитационно-волнового излучения и соответствующие ему стадии слияния двух черных дыр; внизу: изменение эффективных орбитальных параметров пары с течением времени до момента слияния. Изображение из обсуждаемой статьи в *Physical Review Letters*

Временная задержка между двумя детекторами составила примерно 7 миллисекунд. Это позволило оценить направление прихода сигнала (рис. 9). Поскольку детекторов только два, локализация вышла очень приблизительной: подходящая по параметрам область небесной сферы составляет 600 квадратных градусов. Коллаборация LIGO не ограничилась одной лишь констатацией факта регистрации гравитационных волн, но и провела первый анализ того, какие это наблюдение имеет последствия для астрофизики. В статье [Astrophysical implications of the binary black hole merger GW150914](#), опубликованной в тот же день в журнале *The Astrophysical Journal*

Letters, авторы оценили, с какой частотой происходят такие слияния черных дыр. Получилось, как минимум, одно слияние в кубическом гигапарсеке за год, что сходится с предсказаниями наиболее оптимистичных в этом отношении моделей.

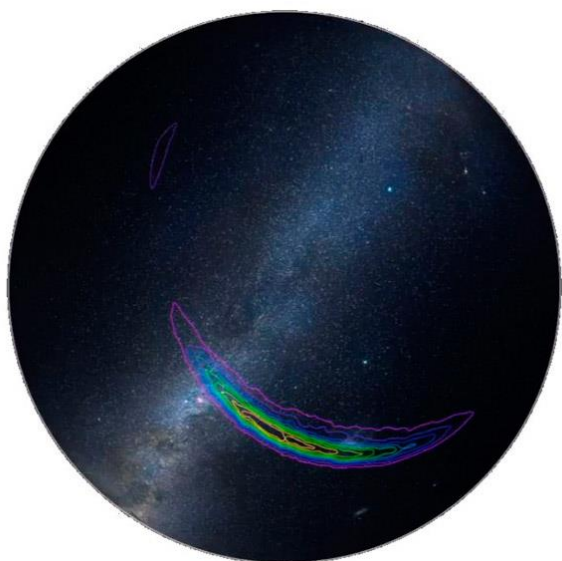


Рис. 9. Оценка направления прихода всплеска на небесной сфере. Изображение с пресс-конференции LIGO

О чем расскажут гравитационные волны

Открытие нового явления после десятилетий поисков — это не завершение, а лишь начало нового раз-

дела физики. Конечно, регистрация гравитационных волн от слияния черных дыр важна сама по себе. Это прямое доказательство существования черных дыр, и существования двойных черных дыр, и реальности гравитационных волн, и, если говорить вообще, доказательство правильности геометрического подхода к гравитации, на котором базируется ОТО. Но для физиков не менее ценно то, что гравитационно-волновая астрономия становится новым инструментом исследований, позволяет изучать то, что раньше было недоступно.

Во-первых, это новый способ рассматривать Вселенную и изучать космические катаклизмы. Для гравитационных волн нет препятствий, они без проблем проходят вообще сквозь всё во Вселенной. Они самодостаточны: их профиль несет информацию о породившем их процессе. Наконец, если один грандиозный взрыв породит и оптический, и нейтринный, и гравитационный всплеск, то можно попытаться поймать все их, сопоставить друг с другом, и разобраться в недоступных ранее деталях, что же там произошло. Уметь ловить и сравнивать такие разные сигналы от одного события — главная цель [всесигнальной астрономии](#).

Когда детекторы гравитационных волн станут еще более чувствительными, они смогут регистрировать дрожание пространства-времени не в сам момент слияния, а за несколько секунд до него. Они автоматически пошлют свой сигнал-предупреждение в общую сеть наблюдательных станций, и астрофизические спутники-телескопы, вычислив координаты предполагаемого слияния, успеют за эти секунды

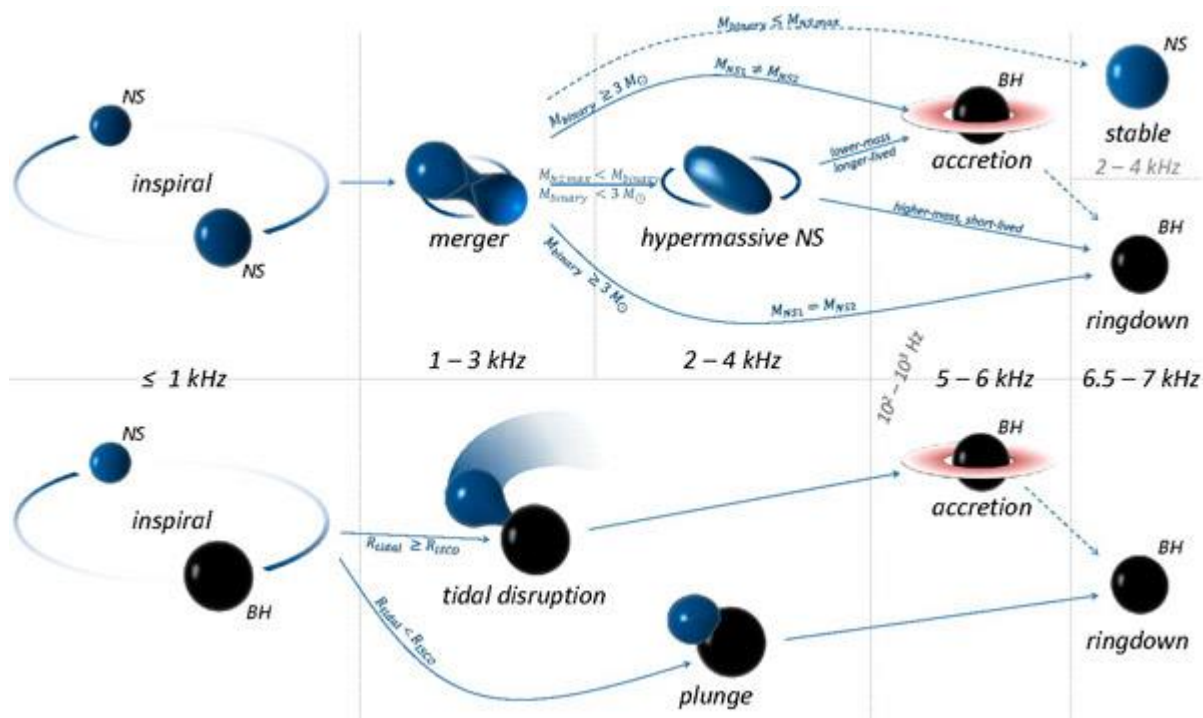


Рис. 10. Возможные сценарии слияния нейтронной звезды с другой нейтронной звездой или с черной дырой. Информацию о развитии событий в каждом сценарии можно будет извлечь с помощью гравитационно-волнового всплеска. Изображение из статьи Imre Bartos, Patrick Brady, Szabolcs Marka, 2012. [How Gravitational-wave Observations Can Shape the Gamma-ray Burst Paradigm](#)

повернуться в нужном направлении и начать съемку неба до начала оптического всплеска.

Во-вторых, гравитационно-волновой всплеск позволит узнать новое про нейтронные звезды, [самые интересные объекты во Вселенной](#). Слияние нейтронных звезд — это, фактически, самый последний и самый экстремальный эксперимент над нейтронными звездами, который природа может поставить для нас, а нам как зрителям останется только наблюдать результаты. Наблюдательные последствия такого слияния могут быть разнообразными (рис. 10), и, набрав их статистику, мы сможем лучше понимать поведение нейтронных звезд в таких экзотических условиях. Обзор современного состояния дел в этом направлении можно найти в недавней публикации S. Rosswog, 2015. [Multi-messenger picture of compact binary mergers](#).

В-третьих, регистрация всплеска, пришедшего от сверхновой, и сопоставление его с оптическими наблюдениями позволит наконец-то разобраться в деталях, что же там происходит внутри, в самом начале коллапса. Сейчас у физиков по-прежнему остаются сложности с численным моделированием этого процесса.

В-четвертых, у физиков, занимающихся теорией гравитации, появляется вожеленная «лаборатория» по изучению эффектов сильной гравитации. До сих пор все эффекты ОТО, которые мы могли непосредственно наблюдать, относились к гравитации в слабых полях. О том, что происходит в условиях сильной гравитации, когда искажения пространства-времени начинают сильно взаимодействовать сами с собой, мы могли догадываться лишь по косвенным проявлениям, через оптический отголосок космических катастроф.

В-пятых, появляется новая возможность для проверки экзотических теорий гравитации. Таких теорий в современной физике уже много, см. например [посвященную им главу](#) из популярной книги А. Н. Петрова «Гравитация». Некоторые из этих теорий напоминают обычную ОТО в пределе слабых полей, но могут сильно от нее отличаться, когда гравитация становится очень сильной. Другие допускают существование у гравитационных волн нового типа поляризации и предсказывают скорость, слегка отличающуюся от скорости света. Наконец, есть и теории, включающие дополнительные пространственные измерения. Что можно будет сказать по их поводу на основе гравитационных волн — вопрос открытый, но ясно, что кое-какой информацией здесь можно будет поживиться. Рекомендуем также почитать мнение самих астрофизиков о том, что изменится с открытием гравитационных волн, в [подборке на Постнауке](#).

Планы на будущее

Перспективы гравитационно-волновой астрономии — самые воодушевляющие. Сейчас завершился лишь первый, самый короткий наблюдательный сеанс детектора aLIGO — и уже за это короткое время был пойман четкий сигнал. Точнее будет сказать

так: первый сигнал был пойман еще до официального старта, и коллаборация пока что не отчиталась о всех четырех месяцах работы. Кто знает, может там уже есть несколько дополнительных всплесков? Так или иначе, но дальше, по мере увеличения чувствительности детекторов и расширения доступной для гравитационно-волновых наблюдений части Вселенной, количество зарегистрированных событий будет расти лавинообразно.

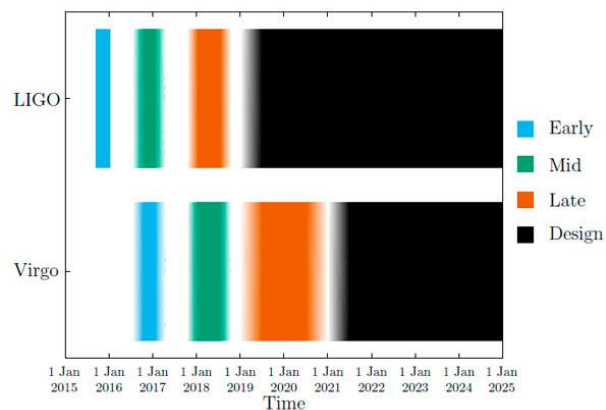


Рис. 11. Этапы введения в строй обновленных детекторов LIGO и Virgo. Изображение с сайта relativity.livingreviews.org

Ожидаемое расписание сеансов сети LIGO-Virgo показано на рис. 11. Второй, шестимесячный, сеанс начнется в конце этого года, третий сеанс займет почти весь 2018 год, и на каждом этапе чувствительность детектора будет расти. В районе 2020 года aLIGO должна выйти на запланированную чувствительность, которая позволит детектору прощупывать Вселенную на предмет слияния нейтронных звезд, удаленных от нас на расстояния до 200 Мпк. Для еще более энергетических событий слияния черных дыр чувствительность может добивать чуть ли до гигапарсека. Так или иначе, доступный для наблюдения объем Вселенной возрастет по сравнению с первым сеансом еще в десятки раз.

В конце этого года в игру также вступит и обновленная итальянская лаборатория Virgo. У нее чувствительность чуть меньше, чем у LIGO, но тоже вполне приличная. За счет метода триангуляции, тройка разнесенных в пространстве детекторов позволит намного лучше восстанавливать положение источников на небесной сфере. Если сейчас, с двумя детекторами, область локализации достигает сотен квадратных градусов, то три детектора позволят уменьшить ее до десятков. Кроме того, в Японии сейчас строится аналогичная гравитационно-волновая антенна KAGRA, которая начнет работу через два-три года, а в Индии, в районе 2022 года, планируется запустить детектор LIGO-India. В результате спустя несколько лет будет работать и регулярно регистрировать сигналы целая сеть гравитационно-волновых детекторов (рис. 13).

Наконец, существуют планы по выводу гравитационно-волновых инструментов в космос, в частности, проект [eLISA](#). Два месяца назад был запущен на орбиту первый, пробный спутник, задачей которого

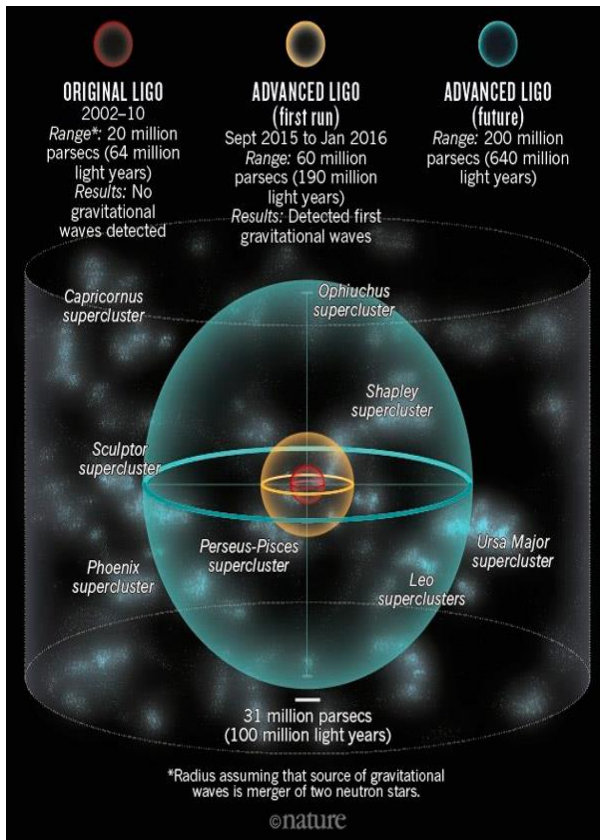


Рис. 12. Объем Вселенной, доступный LIGO для гравитационно-волнового прослушивания. Красный, желтый и голубой шары соответствуют первоначальной стадии LIGO, нынешнему сеансу aLIGO, и проектной чувствительности aLIGO. Каждое пятнышко — это отдельное скопление галактик. Рисунок из статьи D. Castelvechi & A. Witze, 2016. [Einstein's gravitational waves found at last](#)

будет проверка технологий. До реального детектирования гравитационных волн здесь еще далеко. Но когда эта группа спутников начнет собирать данные, она откроет еще одно окно во Вселенную — через низкочастотные гравитационные волны. Такой всеволновой подход к гравитационным волнам — главная цель этой области в далекой перспективе.

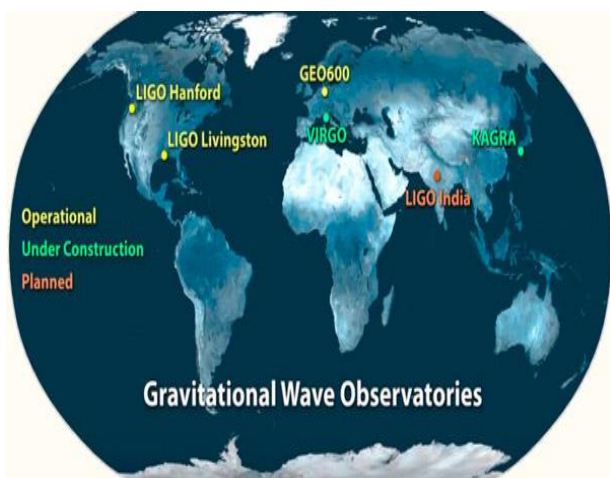


Рис. 13. Сеть нынешних и будущих гравитационно-волновых детекторов. Изображение с пресс-конференции 11 февраля

Открытие гравитационных волн стало уже третьим за последние годы случаем, когда физики наконец-то пробились через все препятствия и добрались до неизведанных ранее тонкостей устройства нашего мира. В 2012 году был [открыт хиггсовский бозон](#) — частица, предсказанная почти за полвека от этого. В 2013 году нейтринный детектор IceCube [доказал реальность астрофизических нейтрино](#) и начал «разглядывать Вселенную» совершенно новым, недоступным ранее способом — через нейтрино высоких энергий. И вот сейчас природа поддалась человеку еще раз: открылось гравитационно-волновое «окно» для наблюдений Вселенной и, одновременно с этим, стали доступны для прямого изучения эффекты сильной гравитации.

Надо сказать, нигде здесь не было никакой «халявы» со стороны природы. Поиски велись очень долго, но она не поддавалась потому, что тогда, десятилетия назад, аппаратура не дотягивала до результата по энергии, по масштабам, или по чувствительности. Привело к цели именно неуклонное, целенаправленное развитие технологий, развитие, которое не оставило ни технические сложности, ни отрицательные результаты прошлых лет.

И во всех трех случаях сам по себе факт открытия стал не завершением, а, наоборот, началом нового направления исследований, стал новым инструментом прощупывания нашего мира. Свойства хиггсовского бозона стали доступны измерению — и в этих данных физики пытаются разглядеть эффекты Новой физики. Благодаря возросшей статистике нейтрино высоких энергий, [нейтринная астрофизика делает первые шаги](#). Как минимум то же самое сейчас ожидается и от гравитационно-волновой астрономии, и для оптимизма есть все основания.

Источники:

- 1) LIGO Scientific Coll. and Virgo Coll. [Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger](#) // Phys. Rev. Lett. Published 11 February 2016.
- 2) [Detection Papers](#) — список технических статей, сопровождающих основную статью об открытии.
- 3) E. Bertl. [Viewpoint: The First Sounds of Merging Black Holes](#) // Physics. 2016. V. 9. N. 17.

Игорь Иванов,
кандидат физико-математических наук

[Источник](#)

Подборка новостей производится по материалам с сайтов:
<http://lenta.ru/>, <http://www.universetoday.com/>,
<http://elementy.ru/>, <http://www.eso.org>,
<http://www.astronews.ru>

Объекты Мессье: М51



Фотография M51, выполненная Дмитрием Селезневым специально для журнала «Небосвод».

M51

Расстояние.....26,8 млн световых лет
 Физический размер.....87000 x 43000 световых лет
 Угловой размер.....11,2' x 6,9' / 5,6' x 4,5'
 RA.....13^h 29,9^m
 DEC.....47° 12'
 Звездная величина.....8,4^{mag}

История

Эта известная спиральная галактика была обнаружена Шарлем Мессье в ночь на 13 октября 1773 года во время одного из его многочисленных кометных наблюдений. Однако он, вероятно, увидел только более яркое из двух ядер (NGC 5194), так как в оригинальном описании никаких указаний на двойственность галактики мы не встречаем: «Объект представляет собой очень слабую туманность без звёзд».

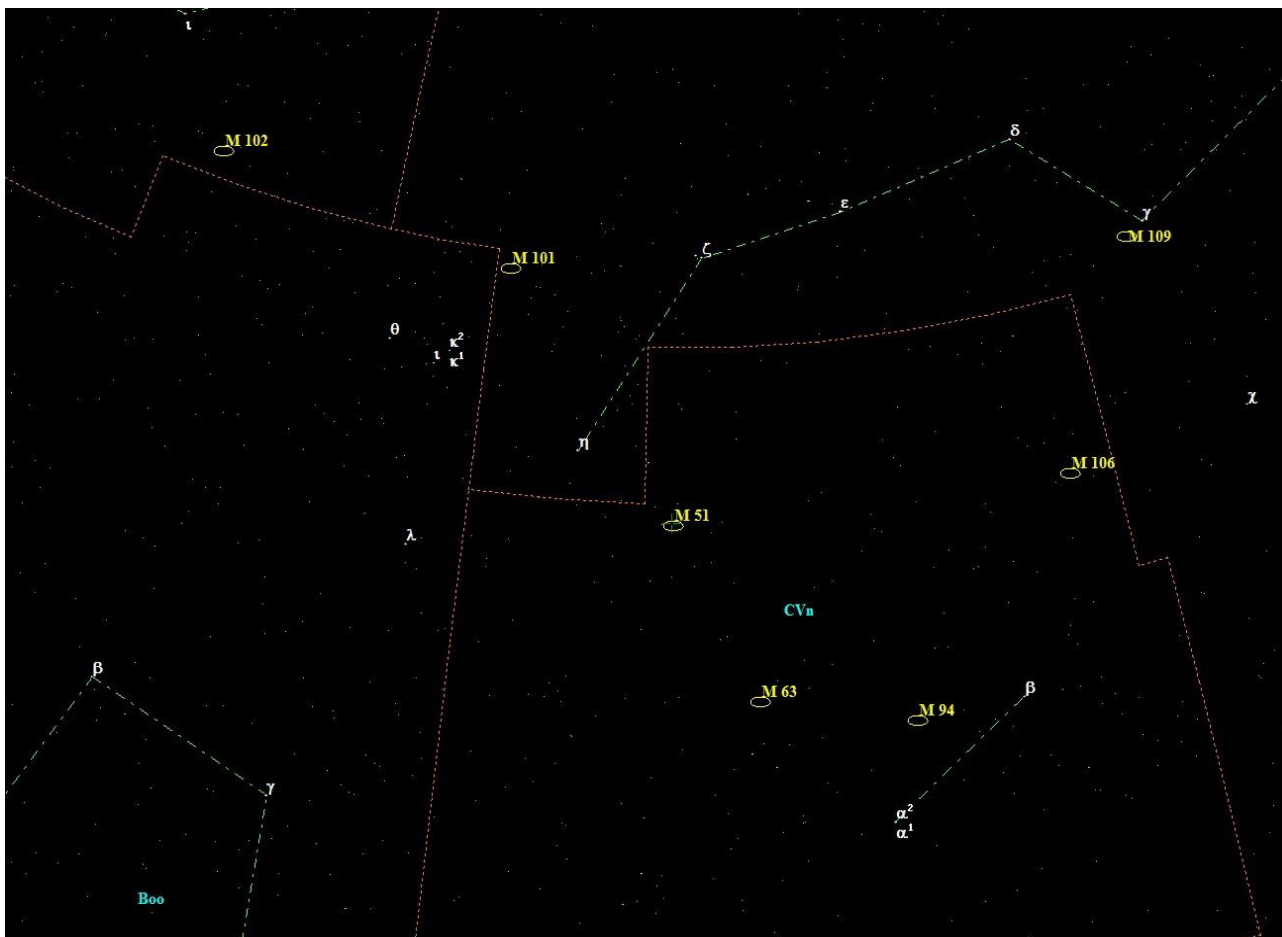
Первооткрывателем второго ядра (NGC 5195) обычно считается Пьер Мишен. Третье издание каталога

Мессье уже описывает M51 так: «Туманность с двумя блестящими центрами, разделёнными на 4'35"». Два неясных пятна касаются друг друга – одно из них ярче, а второе – слабее».

Иоганн Боде независимо переоткрыл M51 5 января 1775 года и описал эту галактику как «небольшую, слабо светящуюся туманность, вероятно, продолговатой формы», что на самом деле хорошо согласуется с внешним видом M51 в небольшой любительский телескоп. Из описания следует, что Боде не стал выделять NGC 5195 в отдельное образование, но, несомненно, наблюдал эту галактику.

В 1833 году Джон Гершель заметил, что «очень яркое круглое ядро окружено туманным кольцом, отстоящим на некоторое расстояние от центра». Сегодня это наблюдение считается первым намеком на спиральную природу галактики. Любопытно, но Гершель смог заглянуть на целое столетие вперед и назвал M51 в своих записях «далёким Млечным Путём».

Самые известные исторические наблюдения M51, однако, принадлежат Лорду Россу. В 1845 году, наблюдая эту галактику, он отметил: «Туманность имеет выраженную спиральную структуру. С увеличением оптической мощи инструмента структура эта



Поисковая карта для галактики M51, составленная с помощью программы Guide 9.0.

постепенно усложняется; соединение компаньона с большей туманностью не подлежит сомнению. Наилучшая из спиральных туманностей, которые мне довелось наблюдать». Разразившийся в Ирландии голод на некоторое время отвлек Росса от дел астрономических и следующее его наблюдение M51 датируется аж 26 апреля 1848 года: «Ядро выглядит очень отчетливым, как и спиральная структура, соединяющая его с меньшим компонентом».

Генрих д'Арре, к слову, имевший в своем распоряжении лишь скромный 11-дюймовый (270-мм) телескоп, описал M51 так: «Ядро А очень большое и яркое, окруженное двойным кольцом, которое ярче в направлении позиционных углов $PA = 37^\circ$ и $PA = 98^\circ$. Ядро В тоже кажется весьма крупным и обнаруживает увеличение яркости к центру».

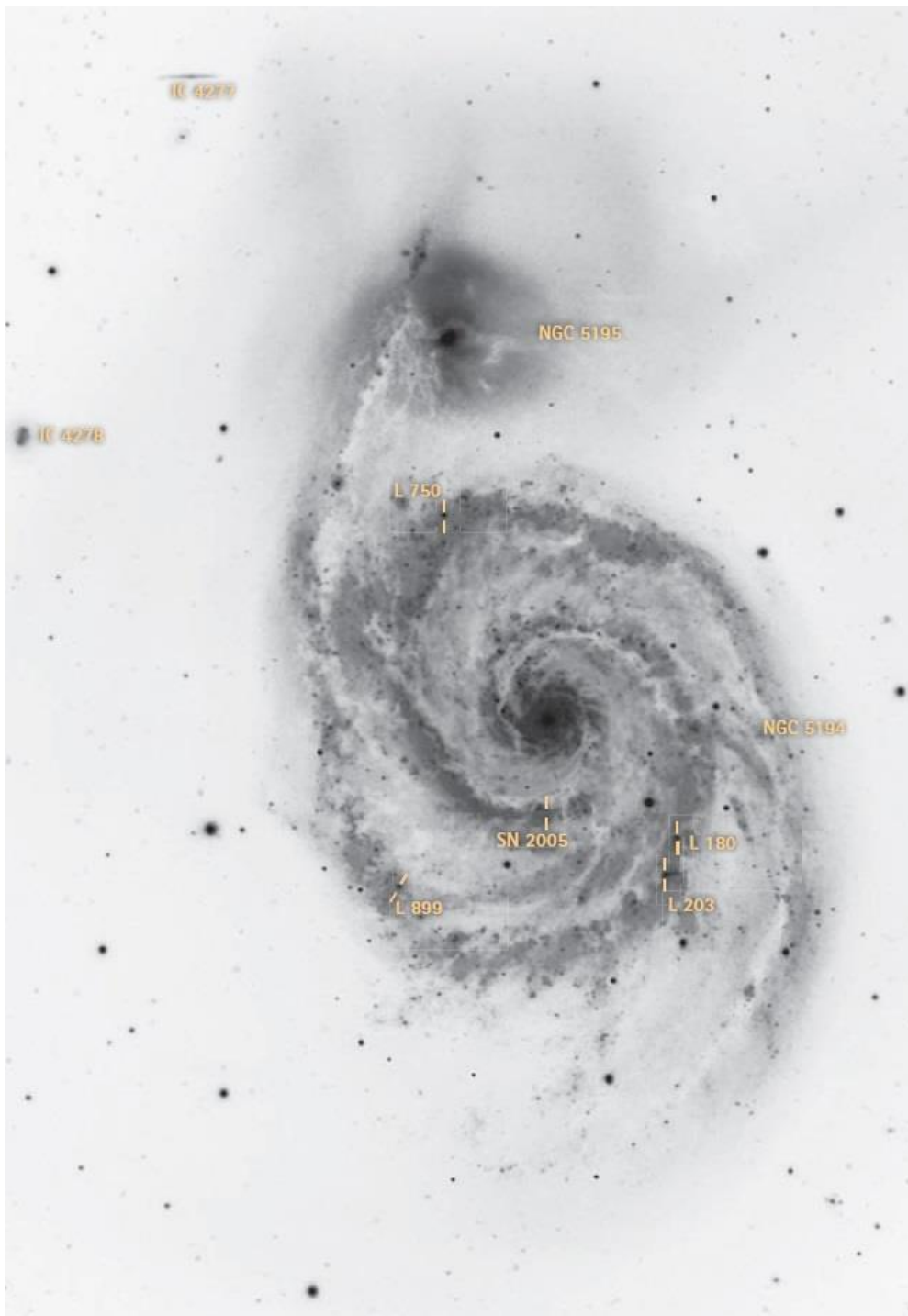
Первая фотография, показавшая всю красоту этой галактики и ее спиральной структуры, была получена только в 1889 году. Кертис, производя подробное изучение этих фотографий в 1918 году, описал M51 так: «Красивая спиральная туманность в Гончих Псах. К северу от NGC 5194 можно заметить слабый, едва заметный рукав, с учетом которого размеры туманности ориентировочно равны $12' \times 6'$. В NGC 5194 легко заметить резко очерченное звездобразное ядро и множество звездных сгущений в спиральных рукавах. Спутник туманности, NGC 5195, имеет более диффузный вид, без различимой спиральной структуры. Ядро его довольно яркое и имеет заметно вытянутую форму».

Астрофизический взгляд

NGC 5194 и NGC 5195, которые в совокупности образуют объект M51, представляют собой, наверное, самый известный пример пары взаимодействующих галактик на всем небосводе. Орбита меньшего объекта – NGC 5195, наклонена по отношению к галактической плоскости NGC 5194 на 73° . В настоящее время спутник находится на удалении примерно в 500000 световых лет от северного спирального рукава главной галактики, с которой в последний раз сближался вплотную примерно 400 млн лет назад.

Такое сближение не обошлось без последствий для обеих галактик. Особенности строения спиральных рукавов NGC 5194, очевидно, сформировались благодаря приливным взаимодействиям с меньшим компаньоном. Свидетельством активного взаимодействия служат и области звездообразования, которые легко заметны на фотографиях M51 в виде ярких красных и синих пятен. Любопытно, но многие из них очень молоды по галактическим меркам – их возраст не превышает 10 млн лет. NGC 5195 показывает отчетливые приливные хвосты, сформированные большим количеством звезд, находящихся на очень эксцентричных орбитах, что выводит их очень далеко за пределы основного тела галактики.

Наблюдения, проведенные Космическим телескопом имени Хаббла, не только точно определили расстояние до M51, но и позволили получить фотографии центральной области большей галактики в особенно высоком разрешении. Сверхмассивная черная дыра, по-видимому, имеет мощный аккреционный диск



диаметром порядка 5 световых лет со светимостью, как минимум, в миллион раз превышающей солнечную. Общая же светимость ядра NGC 5194 огромна – внутренняя область галактики радиусом в 20 световых лет излучает в 25 миллионов раз больше света, чем наше Солнце. Радионаблюдения позволили выделить биполярную структуру ядра с мощными газовыми облаками на севере и юге, нагреваемыми благодаря джетам из аккреционного диска.

На фотографиях, полученных телескопом «Хаббл», Ламерс и его коллеги в 2002 году обнаружили 30 синих точечных источников света, которые располагаются вдоль спиральных рукавов и имеют блеск от $21,4^m$ до $24,3^m$. Предположительно, это одиночные звезды – сверхгиганты с массами до 120 солнечных. Исследовательская группа Бика обнаружила 877 звездных скоплений на расстоянии от 3000 до 10000 световых лет от ядра, но никаких четких свидетель-

ств усиленного звездообразования, которые должны были быть вызваны некогда имевшим место сближением с NGC 5195, доподлинно выявить не удалось. В то же время, по оценкам Ламерса, имеющегося в настоящее время газа достаточно для продолжения процессов звездообразования ещё на протяжении, как минимум, 200 млн лет.

Главная галактика, NGC 5194, имеет общий диаметр в 87000 световых лет, что лишь немногим меньше аналогичного показателя для Млечного Пути, но уступает ему по массе аж в 10 раз. Спутник, NGC 5195, считается неправильной галактикой типа I0, похожей на M81. Центральное ядро NGC 5195, имеющее 120 световых лет в диаметре, покрыто спиральным рукавом главной галактики и испытывает поглощение, эквивалентное для земного наблюдателя потере блеска на $1,5^m$ – 2^m . M51 или Agr 85, как она пронумерована в каталоге взаимодействующих объектов дальнего космоса, образует центр скопления галактик, членами которого, также счита-

ются M63, NGC 5023, NGC 5229, UGC 8313, UGC 8331 и UGC 8683.

За всю историю наблюдений в M51 сверхновые наблюдались трижды. Первой была SN 1945A, взорвавшаяся в NGC 5195 и достигшая 14^m в ночь на 8 апреля 1945 года. Вторая была обнаружена американскими любителями астрономии Армстронгом и Пакеттом 2 апреля 1994 года в 2000 световых лет от центра NGC 5194. А третья (2005 cs) вспыхнула сравнительно недавно – 27 июня 2005 года и была открыта немецким астрономом-любителем Вольфгангом Клоером.

Наблюдения

Невооруженному глазу объект недоступен даже на темном горном небе, но уже бинокль 10x50 позволяет, хоть и с трудом, обнаружить оба ядра M51. В

небольшой любительский телескоп оба компонента выглядят маленькими туманностями, разделенными на $6''$.



Зарисовка галактики M51, выполненная автором перевода при наблюдении в 150-мм телескоп-рефлектор. Увеличение 56х. Прекрасно заметна двойственность ядра, прослеживаются намеки на наличие спиральной структуры у большего компонента. 27 июня 2014 года, поля Весёловского района Ростовской области, серая зона засветки.

В 120-мм рефрактор M51 выглядит достаточно яркой и впечатляет своей двойственной структурой, но в остальном остается невыразительной. NGC 5194 показывает яркое ядро, окруженное ореолом диффузного света $3''$ в диаметре, без каких-либо намеков на спиральную структуру. NGC 5195 имеет видимый размер порядка $1''$ и видна в виде туманности со звездообразным центром, слегка вытянутой в направлении север – юг.

Для выявления спиральной структуры обычно достаточно 200-мм рефлектора, но действительно впечатляющей галактика становится только при наблюдении в 300-400-мм инструменты. Такие телескопы позволят выявить детали рукавов NGC 5194, которые предстают перед наблюдателем в виде светлых диффузных пятен разного размера и яркости.

Внутренний рукав, выходя из ядра, сначала направляется на юг, после чего изгибается в северо-восточном направлении и не доходя на $2''$ до NGC 5195, резко сгибается в западном направлении, в котором прослеживается ещё примерно на $3''$, прежде чем затеряется в фоновом диффузном свечении M51.

Внешний спиральный рукав кажется наблюдателю отделенным от ядра и начинает прослеживаться только с точки, расположенной в $1,5''$ к западу от него. Ведущий на юг, он сперва проходит звезду переднего фона, после чего начинает описывать полукруг вокруг ядра, сохраняя постоянное с ним разделение в $3''$. Здесь он хорошо отделяется от первого рукава темным промежутком и заканчивается в $2,2''$ к востоку от центра галактики.

В ядре NGC 5194 в 400-мм телескоп выделяются три последовательных уровня яркости, диаметром $20''$, $1''$ и $2''$, вытянутые в направлении $PA = 10^\circ$.

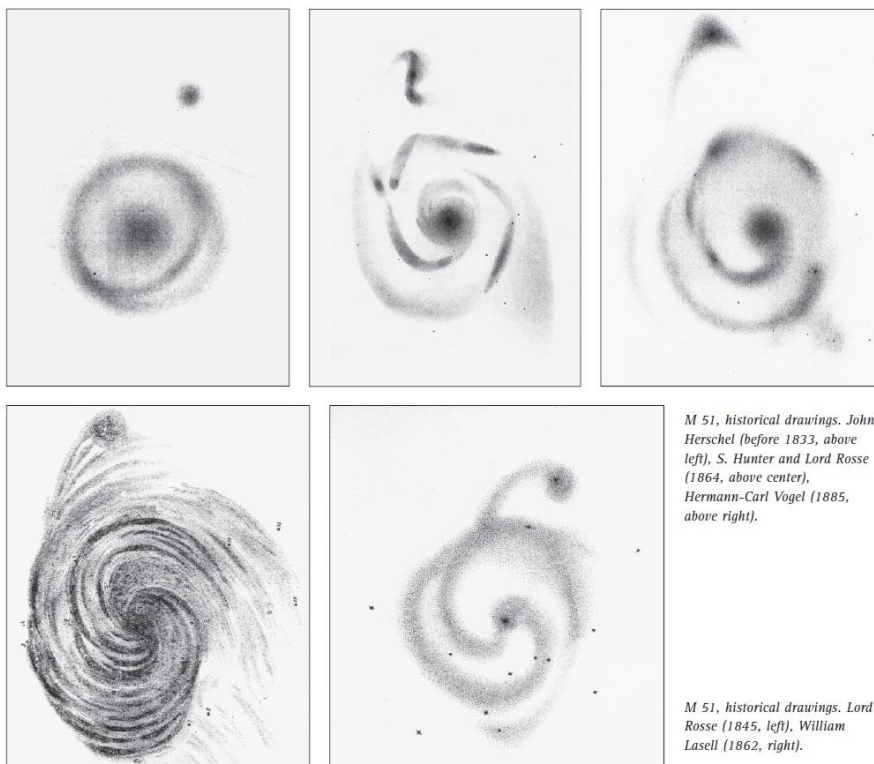
В противоположность этому, ядро NGC 5195 так и остается внешне очень похожим на звезду. Оно расположено в ярком сигарообразном баре длиной $1,7''$, ориентированном в направлении позиционного угла $PA = 175^\circ$. На западе к бару присоединяется полукруглое гало, которое кажется более ярким в центре и по внешнему краю. К востоку от бара наблюдается только слабая структура, направленная на NGC 5194. Этот «мост», а так же другие приливные образования вокруг NGC 5195, реально требуют для наблюдения ещё большей, порядка 500 мм, апертуры или длительных фотографических экспозиций.

На фоне M51 лежит ещё несколько более далеких галактик – таких как IC 4277 в $4''$ к северо-востоку от ядра NGC 5195 и IC 4278 в $5''$ к югу от него, но визуальное наблюдение этих объектов затруднительно и требует крупного любительского телескопа с апертурой порядка 600 мм.

Адаптированный перевод книги: Stoyan R. et al. Atlas of the Messier Objects: Highlights of the Deep Sky — Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

Николай Дёмин,
любитель астрономии,
г. Ростов-на-Дону

Специально для журнала «Небосвод»



M 51, historical drawings. John Herschel (before 1833, above left), S. Hunter and Lord Rosse (1864, above center), Hermann-Carl Vogel (1885, above right).

M 51, historical drawings. Lord Rosse (1845, left), William Lassell (1862, right).

Валентина Некрасова



Родные были, конечно, удивлены, узнав о моем увлечении, однако больше их поразила покупка телескопа. Видимо, они не ожидали, что я настолько серьезно увлекусь астрономией. На данный момент к моей любви к звездам они относятся очень и очень положительно, что меня несказанно радует. Однако друзья, напротив, совсем не разделяют моё увлечение, считая его пустой и скучной тратой времени. Молодёжь сейчас, сами знаете, как развлекается. Мало кто интересуется наукой или читает книги. Но меня это не расстраивает. У меня есть космос и люди, с которыми я могу им поделиться.

3. Не тяжело ли Вам совмещать работу, личную жизнь и астрономию?

Как много времени Вы можете себе позволить уделить наблюдениям и изучению космоса?

Мне повезло. Работа совершенно не мешает мне заниматься астрономией. У меня всегда достаточно времени на чтение научной литературы, и, если позволяет погода, проведение астрономических наблюдений. Даже на работе мне удаётся почитать книгу или посмотреть какие-нибудь новости из мира астрономии.

4. Какие инструменты для наблюдений есть в Вашем арсенале и где Вы проводите свои наблюдения? Возможно, у Вас есть любимое место?

Я всегда любила разглядывать Луну в старенькую советскую зрительную трубу. Папа приобрел ее себе ещё во время служения в морском флоте. На тот момент обзор диска Луны в зрительную трубу мне казался удивительным. Позже мы приобрели себе более мощный оптический прибор – бинокль. Именно глядя в него, я открыла для себя красоты космоса! А сколько радостных эмоций я испытала при виде туманности Ориона и Галактики Андромеды! И вот, совсем недавно, я приобрела себе свой первый телескоп. С ним я собираюсь открыть для себя те красоты глубокого космоса, какие мне были не доступны ранее.

С местом для наблюдений у меня нет никаких проблем. Стоит мне только установить телескоп где-нибудь за домом, и можно начинать наблюдать. Живу я за городом. Небо у меня всегда тёмное. В этом мне повезло. Вот бы ещё так везло с погодой. Но облачность – это, конечно, общая проблема всех

1. Здравствуйте, Валентина! Расскажите, пожалуйста, что Вас, молодую красивую девушку, привело в мир астрономии? Ведь, как известно, далеко не все девушки увлекаются наукой. Быть может, у Вас произошло какое-то определённое событие в жизни? Что-то, что подтолкнуло Вас к звёздному небу?

Здравствуйте, Артём! Вы знаете, небо, особенно звездное, всегда для меня было чем-то восхитительным! Падающие метеориты, вспыхивающие и исчезающие в никуда, замысловатые созвездия, далекие планеты, загадочная Луна – всё это ещё с самого детства увлекало меня за собой. Сам же космос, огромный и бескрайний, всегда был для меня большой тайной. Однажды моё восхищение звёздным небом переросло в большой интерес, подталкивающий меня к раскрытию тайн космоса все больше и больше. Интерес возник всего год назад после просмотра фильма, в котором открывались размеры Вселенной. Раньше я никогда не задумывалась, что полет к системе Альфа Центавра занимает четыре световых года и, как оказалось, это далеко не самый длительный межзвездный перелет. Размеры звезд-гигантов с трудом укладывались у меня в голове. До этого наша планета Земля мне всегда казалась огромной и необъятной, но после этого фильма мое сознание словно перевернулось. С момента просмотра этого фильма и началась моя любовь к астрономии.

2. Скажите, а как восприняли Ваше увлечение друзья, подруги, родные? Поддержали они Вас или нет?

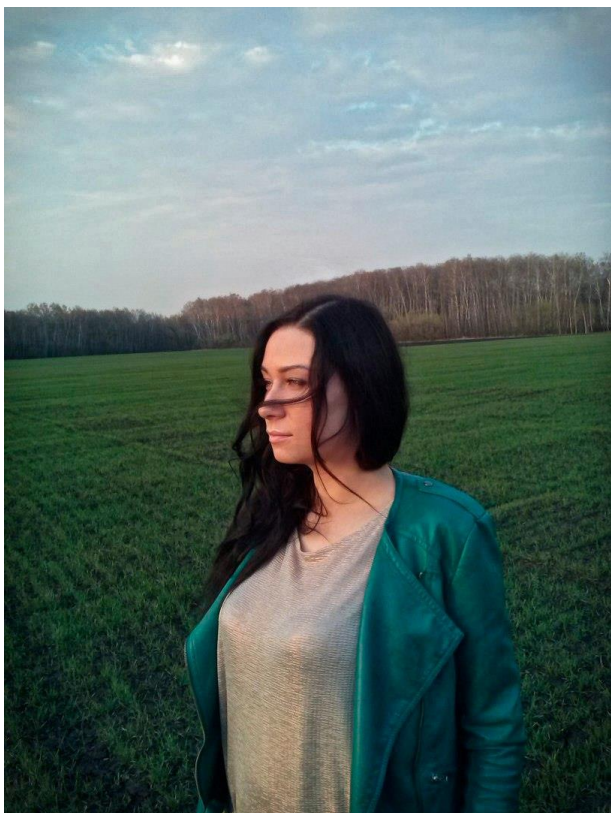
наблюдателей звёздного неба. Ну, да ничего. Вот распогодится, и я сразу же приступлю к наблюдениям. Главное захватить горячий чай. Он хорошо согревает меня ясными зимними ночами.

5. Сейчас существует огромное множество вспомогательной обучающей литературы, разного рода видео, лекций. А откуда Вы предпочитаете черпать знания? Может, посоветуете что-нибудь нашим читателям?

Интернет-ресурсы сейчас позволяют найти практически любую книгу для чтения. Я часто посещаю интернет-библиотеку любителя астрономии «Вселенная и космос». Уж там-то любой любитель астрономии найдет для себя подходящую книгу.

Много интересных и полезных статей также можно прочитать и на страницах журнала «Небосвод». Некоторые выпуски я с удовольствием перечитываю даже по несколько раз. Кроме этого, я регулярно просматриваю видео лекции Сурдина В.Г., Попова С.Б., и Короткого С.А.

6. Есть ли у Вас какие-нибудь дальнейшие планы в изучении астрономии? Может, Вы планируете перейти от наблюдений к исследованиям? Мечтаете начать делать какие-нибудь открытия?



Планов у меня много, однако, пока все они направлены на изучение основ. Особенное внимание на данный момент я уделяю объектам дальнего космоса. Очень хотелось бы в ближайшем будущем посетить фестиваль «Астрофест», поучаствовать в разных экспедициях, походах, организованных любите-

лями астрономии. Надеюсь, в этом году у меня появится такая возможность. Что касается открытий, то во время самостоятельных изучений астрономии я постоянно делаю для себя какие-то открытия. Сейчас, правда, они маленькие и личные. Я ведь только учусь. Тем не менее, я считаю, что вносить пользу в развитие науки – нужное и важное дело, и я очень постараюсь в будущем принести и свой вклад в развитие любительской астрономии.

7. Помимо астрономии есть ли у Вас ещё хобби? Если да, расскажите о них.

Как я уже говорила, много свободного времени я стараюсь посвятить изучению науки и своим наблюдениям, но и спортивные прогулки на свежем воздухе стараюсь не забрасывать. Я очень люблю летом кататься на велосипеде, а зимой ходить на лыжах. Во время своих прогулок у меня всегда под рукой фотоаппарат. Стараюсь быть внимательной, чтобы не пропустить ни одного события, происходящего в мире окружающей меня природы. Временами, по особенному состоянию души, я беру краски, кисти и рисую живопись. От этого занятия я получаю просто огромное удовольствие!

8. Что же, Валентина, большое спасибо Вам, что уделите нам время. Мы искренне желаем Вам успехов в Ваших наблюдениях и пусть Ваши маленькие личные открытия поскорее становятся большими и важными для общества. Скажите, что бы Вы хотели пожелать читателям нашего журнала напоследок? В особенности тем, кого тоже не поддерживают в их увлечении их друзья и знакомые?

Прежде всего, большое спасибо вам за пожелания и добрые слова! Мне, как новичку в астрономии, было очень приятно поделиться своей маленькой историей с вашим изданием. Благодарю Вас за такую возможность! Читателям же я хочу пожелать, во-первых, чистого неба, так как эта зима, к сожалению, совсем не располагает ясными ночами, а во-вторых, терпения, которое вам понадобится, ввиду не понимая вас вашим окружением. Однако, поверьте мне – это нелегко, но вы справитесь! Обязательно справитесь, если любите астрономию с такой же силой, как и я. Читайте, смотрите, изучайте. Но главное – будьте самими собой!

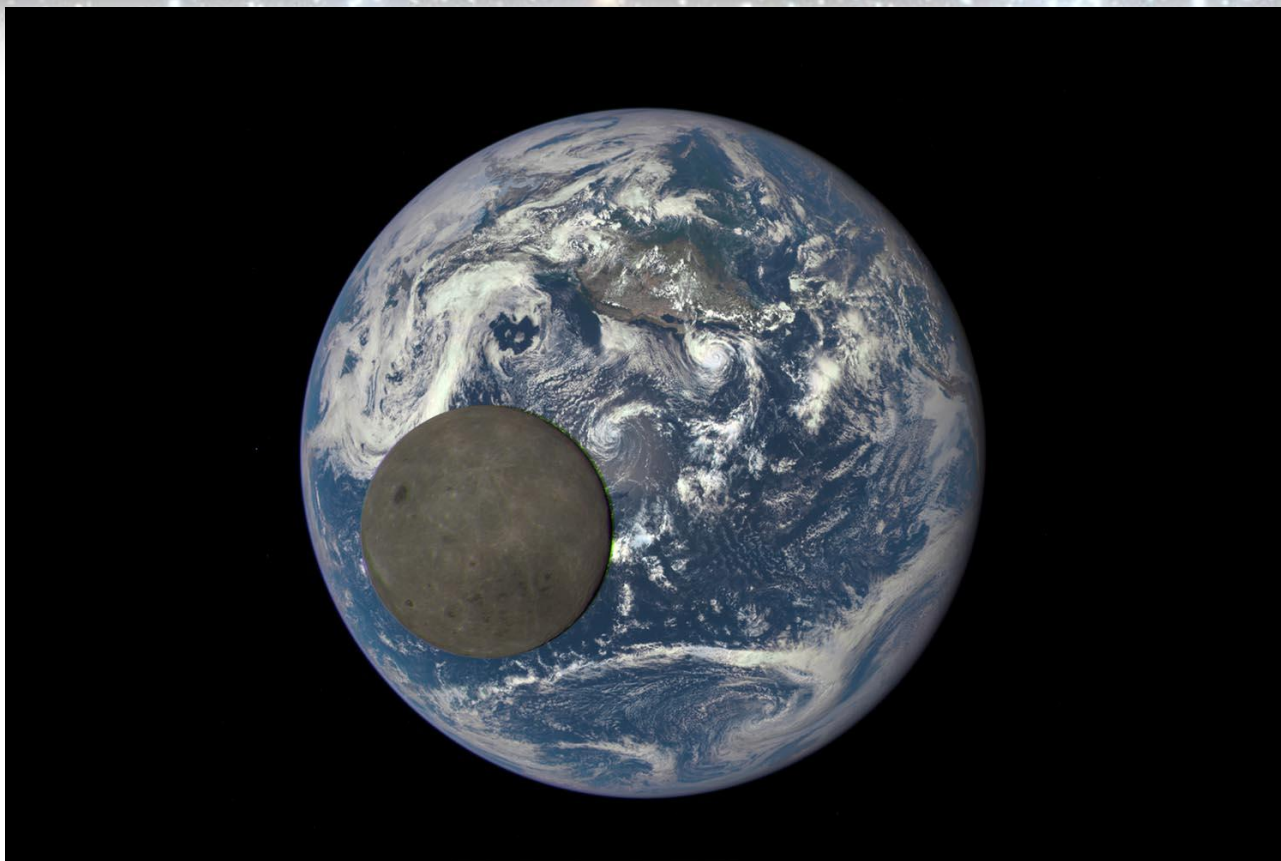
Желаю всем добра, хорошего настроения и приятных наблюдений!

Валентина Некрасова, любитель астрономии, Тульская обл., г. Донской

Специально для журнала «Небосвод»

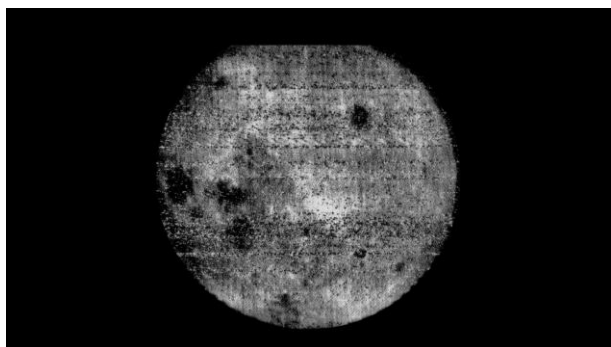
Беседовал **Артём Журавлёв**

Луна: другая сторона



Прохождение Луны по диску Земли. Снимки получены 16 июля 2015 года спутником DSCOVR с расстояния 1,6 млн км от Земли, прекрасно видна обратная сторона Луны.

Лик Луны, покрытый тёмными пятнами морей, всегда манил и притягивал людей – одни видели в нём человеческое лицо, вторые – сюжеты из тех или иных мифологических преданий, третьи же вообще считали лунный диск зеркалом, отражающим земные моря и океаны. Изобретение телескопа сделало эти домыслы достоянием истории – Луна предстала перед наблюдателями новым, ранее неизвестным миром со «специфической, неровной, испещренной углублениями и возвышенностями поверхностью», как об этом некогда выразился сам Галилео Галилей.



Первая фотография невидимой с Земли стороны Луны, полученная советской АМС «Луна-3» 7 октября 1959 года.

Как известно любому мало-мальски опытному любителю астрономии, Луна повернута к Земле всегда одним и тем же своим полушарием – такой эффект возникает из-за равенства периода вращения Луны вокруг своей оси со временем обращения вокруг Земли. Явление либрации позволяет несколько расширить доступную для наблюдения долю лунной поверхности, но, тем не менее, характер примерно 82% площади поверхности обратной стороны Луны оставался совершенно неизвестным до начала космической эпохи, когда советские АМС «Луна-3» и «Зонд-3» передали на Землю первые фотографии недоступных для непосредственного наблюдения регионов лунного шара.

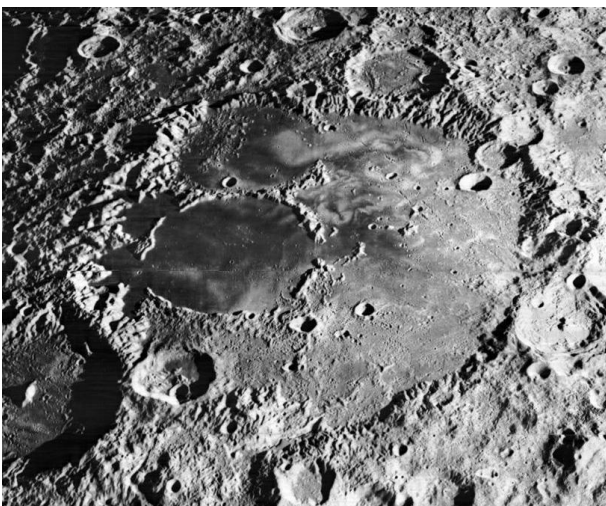
Для изучения невидимого с Земли полушария читателю понадобится программа «Virtual Moon Atlas» или, на худой конец, лунный глобус диаметром 20-30 см. Программа имеет существенное преимущество благодаря возможности применения разных структур и имитации различных условий освещения, что позволяет получить более полное представление о поверхности, поэтому я рекомендую именно её.

Уже с первого взгляда бросается во внимание главная особенность обратной стороны – практическое отсутствие морей, так богато представленных на обращенном к нам полушарии. Собственно говоря, в невидимой с Земли области существует всего одно полноценное классическое лунное море – Море Москвы. Честно говоря, название для этого объекта трудно назвать удачным – моря традиционно



Море Москвы, каким его увидели астронавты «Аполлона-13».

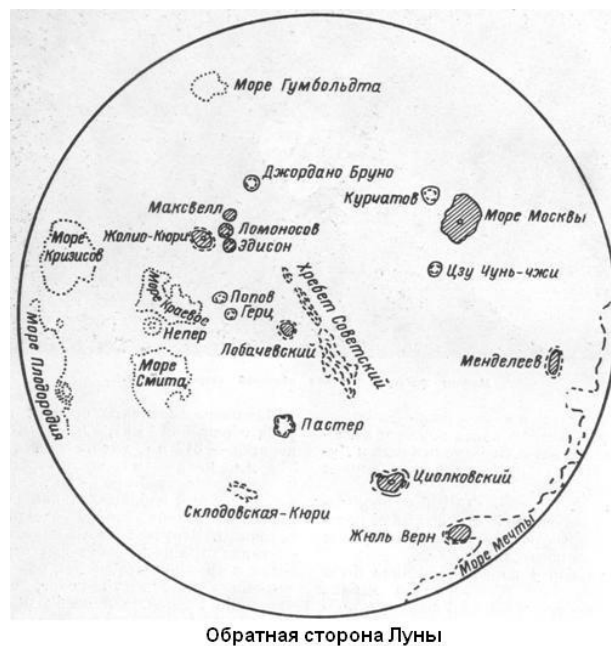
именуют отвлеченными философскими понятиями, но, тем не менее, именно это наименование в 1961 году по предложению делегации СССР было утверждено Международным Астрономическим Союзом. Описываемое море имеет ударное происхождение и фактически представляет собой огромный эллиптический кратер, дно которого некогда было залито лавой. Любопытной особенностью Моря Москвы является тот факт, что толщина коры на его дне наименьшая на всей лунной поверхности и составляет лишь немногим более 500 метров.



Фотография Моря Мечты, полученная космическим аппаратом Lunar Orbiter 2.

Другим образованием, гордо поименованным как «море», является Море Мечты. По мнению большинства селенографов, выделение этого участка поверхности в море более чем условно – по сути Море Мечты представляет собой несколько смежных кратеров (Томсон, Обручев и ряд других) с тёмным дном и напоминает в этом отношении Море Южное, отчасти доступное для наблюдения с Земли. Первые фотографии, полученные с зонда «Луна-3», не отличались высоким качеством и глубокой про-

работкой деталей: Море Мечты на них полностью слилось с бассейном Южный полюс – Эйткен, речь о котором пойдёт несколько позже, что привело к неверной первоначальной оценке размеров объекта (в частности, Ф. Зигель в 1960-х годах предполагал, что Море Мечты в несколько раз превосходит по размерам широко известное Море Кризисов) и при суждению ему статуса лунного моря.



Первая карта невидимой стороны Луны, составленная в 1960 году по результатам миссии «Луна-3». Легко заметить, что очертания и размеры Моря Мечты определены с большой погрешностью. Несуществующей деталью оказался и Хребет Советский, речь о котором пойдёт позже.

Основной формой рельефа невидимой с Земли стороны Луны является, несомненно, материковая возвышенность, густо испещренная кратерами. Собственно говоря, после ознакомления с рельефом обратной стороны, можно прийти к выводу, что Луна покрыта сплошным щитом из материковой коры, а моря являются лишь небольшими вкраплениями базальтов, образование которых связано с крупными лавовыми извержениями, имевшими место в далеком прошлом.

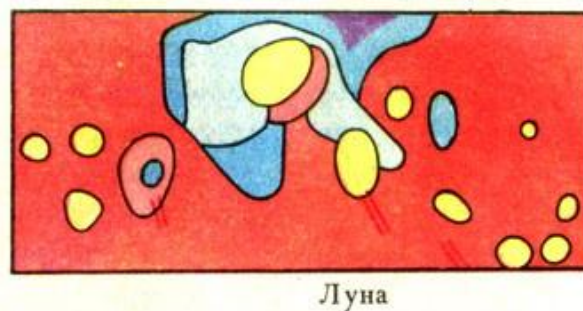
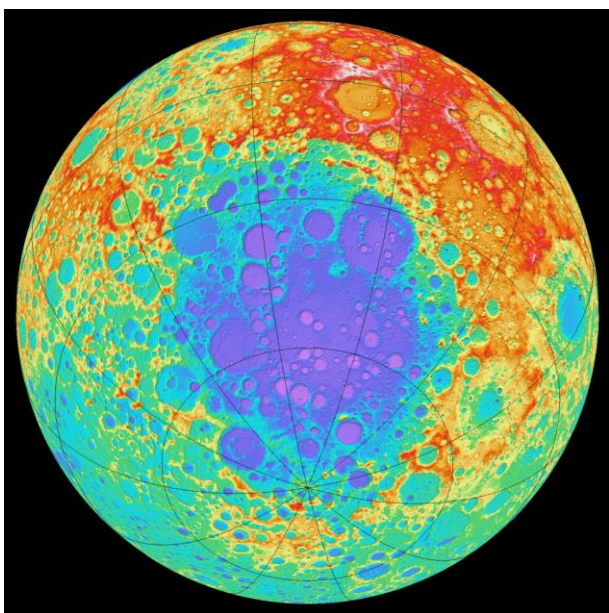


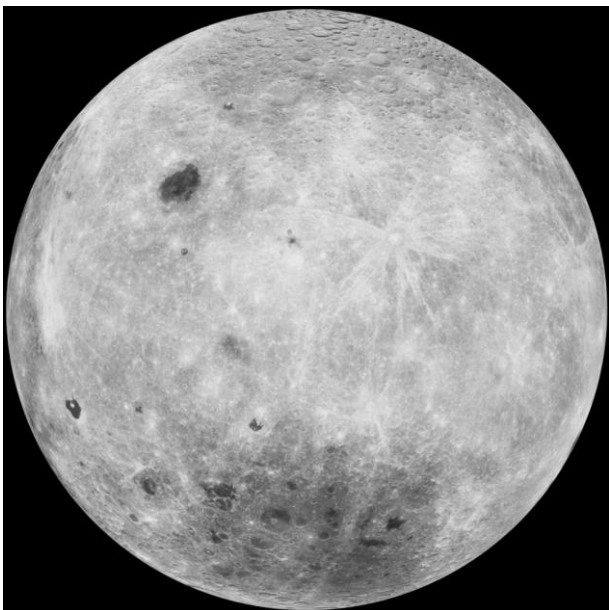
Схема основных тектонических элементов лунной коры. Как нетрудно заметить, более $\frac{3}{4}$ поверхности спутника покрывает единый древний континентальный щит (обозначен красным), возраст которого сравним с возрастом самой Луны. Жёлтым отмечены следы крупных импактных событий,

нарушивших целостность коры, синим – участки базальтовой породы, предположительно, связанные с древней вулканической деятельностью, характерной, преимущественно, для обращенного к Земле полушария.



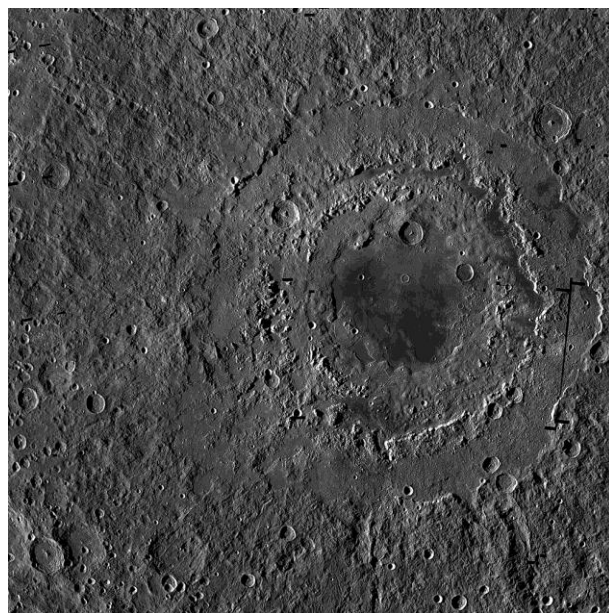
Карта высот, основанная на данных аппарата LRO (красное — возвышенности, синее — низменности). Большое сине-фиолетовое пятно в центре – бассейн Южный полюс - Эйткен.

Крупнейшим кратерным образованием на обратной стороне Луны является гигантский бассейн Южный полюс – Эйткен, выделяющийся на снимках в виде темного овального пятна в южной части невидимой стороны. Особенно хорошо бассейн виден на топографических картах, составленных аппаратом «Lunar Reconnaissance Orbiter», на которых он предстает перед нами огромным (2400 км x 2100 км) и глубоким (до 8,8 км) понижением рельефа с разрушенными, нечеткими, но вполне различимыми границами. Кстати, южная часть бассейна немного заходит в зону либрации и вполне доступна для земного наблюдателя в качестве гор Лейбница.



Тёмное пятно внизу – бассейн Ю.п. - Эйткен

Считается, что бассейн Южный полюс – Эйткен является одной из старейших структур на лунной поверхности – его возраст оценивается примерно в 4,3 млрд лет, что сравнимо с возрастом самой Луны. Существует предположение, что этот кратер мог сформироваться в результате падения на Луну гипотетического второго естественного спутника Земли. В качестве доказательства такой гипотезы приводят расчёты скорости и угла падения тела, образовавшего бассейн (низкая скорость при угле падения менее 30 градусов), а также его предполагаемые размеры и массу, существенно превышающие типичные показатели комет и астероидов. Однако, стоит отметить, что эта теория не является общепринятой и нуждается в подтверждении и уточнении.

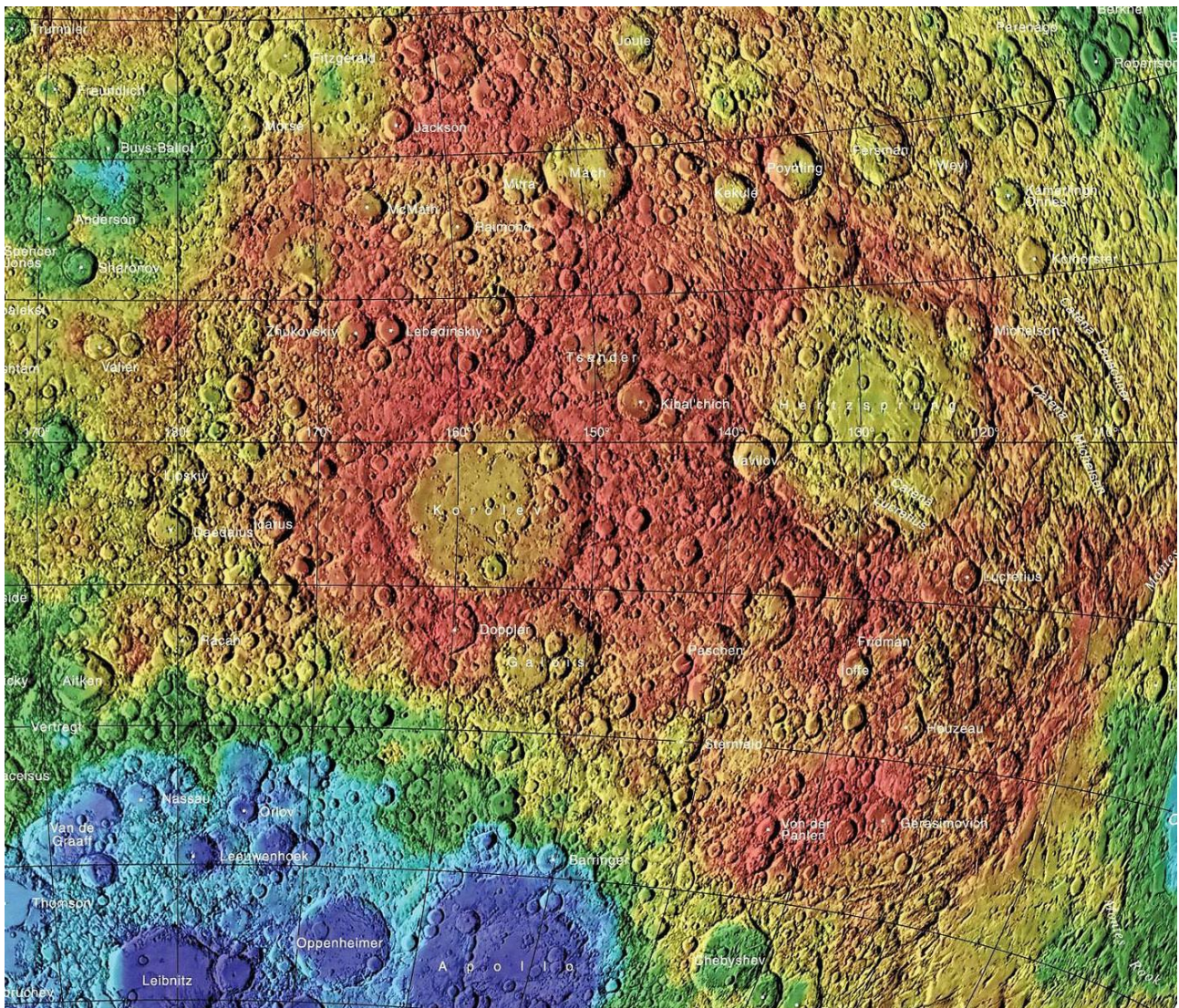


Мозаичное изображение Моря Восточного, составленное космическим аппаратом LRO в 2010 году. Прекрасно видна истинная, кратерная природа образования.

Несколько меньшим по размеру, но от этого не менее интересным ударным образованием на невидимой стороне является Море Восточное, отчасти доступное для земного наблюдателя и иногда видимое в западной части лунного диска. Но истинная природа этого образования заметна лишь при взгляде с селеноцентрической орбиты. Море представляет собой отчётливую трёхкольцевую кратерную структуру диаметром лишь немногим менее 1000 километров. Кордильеры, образующие внешний вал кратера, считаются самым длинным хребтом на поверхности Луны.

Кстати, насчёт горных хребтов. В течение примерно десятилетия после полёта «Луны-3», крупнейшим горным образованием на Луне считался Хребет Советский, позже оказавшийся фантомной деталью – ошибкой обработки первых снимков невидимой стороны.

Образованиями, нехарактерными для обращенного к Земле полушария, но встречающимися на обратной стороне, являются талассоиды – большие, сравнимые по размеру с морями многокольцевые кратеры,



Топографическая карта участка лунной поверхности, включающего кратеры Королёв и Герцишпрунг. Обращает на себя внимание обилие красных и оранжевых цветов, обычно характерных для горных систем – данная область является самой высокой на всей Луне. Скорее всего, это связано со смещением значительных масс лунной коры в северо-восточном направлении в результате удара, образовавшего бассейн Южный полюс – Эйткен (синее пятно внизу слева).

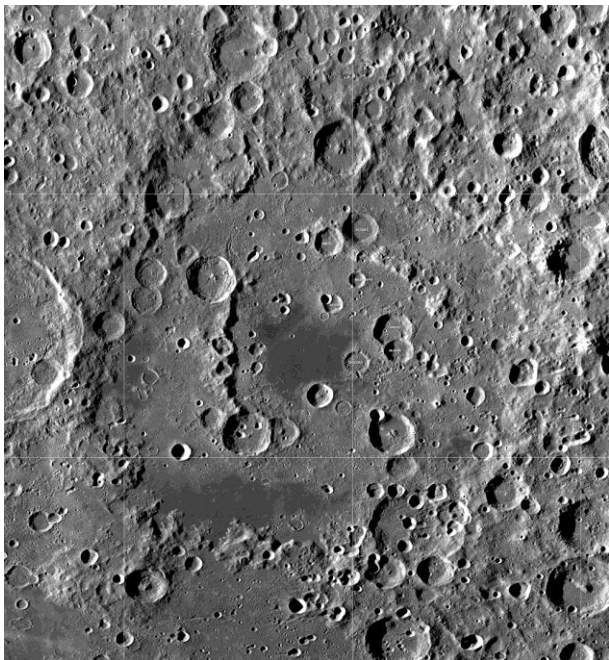
дно которых, в отличие от морских образований, не залито затвердевшей лавой. Крупнейшими талассоидами являются кратеры Герцишпрунг, Королёв, Аполлон и Менделеев. Кстати, с формальной точки зрения все талассоиды всегда именуются кратерами – попытка ввести новый тип рельефных образований на Луне не встретила одобрения МАС.

Герцишпрунг и Королёв, если посмотреть на карту высот, составленную зондом «Clementine», располагаются существенно выше среднего уровня лунной поверхности – так, например, на северном вале кратера Королёв даже расположена самая высокая точка лунной поверхности, лежащая на 10786 метров выше условного нулевого уровня. Предполагается, что столь обширная гористая местность была создана тем же импактным событием, что явилось причиной образования бассейна Южный полюс – Эйткен.

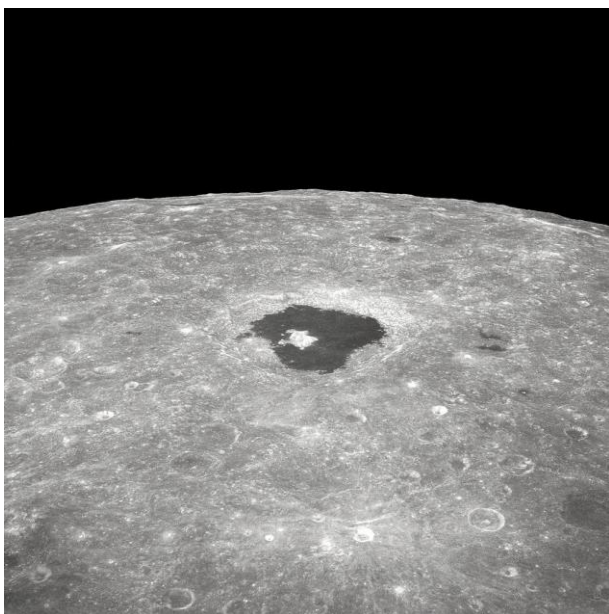
К югу и востоку от кратера Герцишпрунг отходят любопытные цепочки кратеров, названные РНИИ и ГИРД – это, пожалуй, единственные детали лунного рельефа, получившие наименование – аббревиатуру: так решено было увековечить заслуги Реактивного научно-исследовательского института и Группы изучения реактивного движения в развитии астрономии и космонавтики. Вообще же при изучении карты невидимого полушария всегда несколько удивляет обилие русских названий – тут мы можем встретить имена практически всех значимых отечественных деятелей науки и культуры. Нетрудно догадаться, что такое положение дел связано с тем, что именно советские ученые на правах первооткрывателей имели преимущественное право в выдвижении названий для обнаруженных форм рельефа на суд МАС. Впрочем, это можно считать своеобразной компенсацией за историческую «несправедливость»: на обращенном к нам полушарии практически ни одной фамилии нашего соотечественника вы не встретите.

Несколько условным выглядит причисление к числу талассоидов кратера Аполлон – его дно в значительной мере покрыто базальтовыми породами магматического происхождения, что может свидетельствовать о «морском» происхождении данной детали рельефа. Кстати, по джентельменскому соглашению (официально нигде не прописанному), мелкие

кратеры внутри и в непосредственной близости от Аполлона обычно получают названия в честь американских астронавтов, погибших во времена космической гонки. Аналогичное правило действует в отношении форм рельефа вблизи Моря Москвы – в них увековечены имена советских космонавтов, некогда не вернувшихся домой... Рассматривая карту Луны, вспомните об этих, вне сомнения, героических людях.

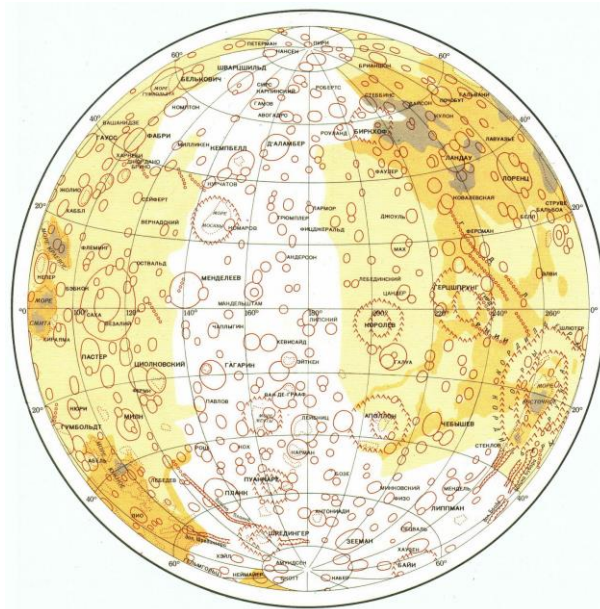


Фотография кратера Аполлон, выполненная зондом LRO. Хорошо заметны участки морской коры в центральной и южной части кратера.



Кратер Циолковский. Фотография выполнена с борта «Аполлона-8».

К востоку от Моря Южного на обратной стороне Луны своим темным цветом и необычной формой выделяется кратер Циолковский. Дно его образовано на удивление тёмной, практически черной лавой, что обеспечивает кратеру звание самой тёмной детали на всей поверхности Луны – его альbedo лишь не-



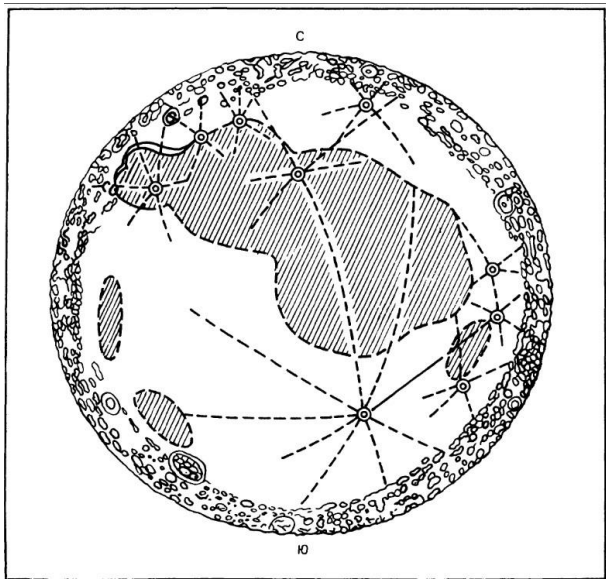
Схематическая карта альbedo невидимого с Земли полушария Луны. Почти половина поверхности обратной стороны представляет собой хорошо отражающую солнечный свет материковую местность, подобную той, которую можно увидеть в южной части видимого полушария.

многим отличается от нуля. Кстати, несмотря на прозвище «темной», на самом деле, невидимая для земного наблюдателя сторона Луны существенно светлее той, что обращена к нам – в этом нетрудно убедиться, ознакомившись с картой альbedo лунной поверхности. Но вернёмся к нашему кратеру – предполагается, что удар, приведший к его образованию, произошёл на особенно высокой скорости и практически под прямым углом: именно вблизи кратера Циолковский толщина лунной коры достигает рекордных 75-80 км, и только очень сильный «лобовой» удар мог привести к излиянию магмы в данном регионе Луны. Любопытно, но кратер Циолковский рассматривался в качестве одного из возможных мест для высадки экипажа «Аполлона-17», но из-за технических сложностей в обеспечении связи от идеи посадки в этой области решено было отказаться.

Даже беглый взгляд на невидимое с Земли полушарие Луны в тот момент, когда оно находится относительно космического наблюдателя в фазе полнолуния (очевидно, на Земле в этот момент наблюдается новолуние), позволяет заметить другую интересную особенность – обилие светлых лучевых систем, подобных той, которая расходится от кратера Тихо и известна любому любителю астрономии. Длина некоторых лучей, отходящих от кратеров Ом, Джордано Бруно, Крунс, Кинг и Нехо, составляет несколько сотен километров, а лучевая система кратера Джексон, превышающая в диаметре 1000 километров, является второй по размеру (после Тихо) на всей Луне.

С лучевыми системами обратной стороны Луны связан один интересный факт – некоторые из них позволили открыть породившие их кратеры задолго до того, как первые космические аппараты получили

фотографии невидимой части поверхности. Например, английский астроном Х. Уилкинс в течение нескольких лет занимался изучением зон либрации и впервые нанес на карты 18% площади обратного полушария, иногда видимых земному наблюдателю. Благодаря наблюдениям лучевых структур, имевшим продолжение на невидимой стороне, Уилкинсу удалось рассчитать местоположение и нанести на карты несколько кратеров, недоступных для наблюдения с Земли, среди которых уже ранее упомянутые Джексон, Ом и Джордано Бруно. Не обошлось и без заблуждений – с морями английский учёный не угадал: никакого обширного «Океана Антиподов», на существовании которого настаивал Уилкинс, сравнимого по размеру с Океаном Бурь, на невидимой с Земли стороне Луны обнаружено не было.



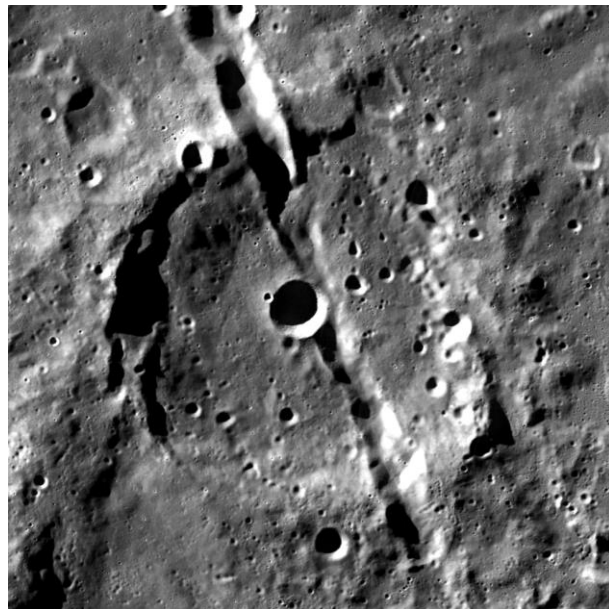
Карта обратной стороны Луны, составленная на основании предположений Х. Уилкинса в первой половине XX века.

Вообще же устройство невидимого полушария Луны было предметом многочисленных спекуляций в XIX – первой половине XX века. Выдвигались разного рода псевдонаучные теории об обитаемости обратной стороны и даже о наличии там высокоразвитой жизни. Хорошим примером этих представлений можно считать строки из романа Жюль Верна 1865 года «С Земли на Луну прямым путем за 97 часов 20 минут»:

«Что же различили они на расстоянии, которое невозможно было определить? Диск был окутан удлиненными полосами, похожими на облака, образовавшимися в сильно разреженной атмосфере. Сквозь эти облака просвечивали не только горы, но и все мелкие неровности рельефа, пики, цирки, разверстые и причудливо разбросанные кратеры, такие же, как и на видимом полушарии Луны. Затем виднелись огромные пространства, но уже не бесплодных низин, а настоящих морей, многочисленных огромных океанов, отражавших в зеркале своих вод сказочный, ослепительный фейерверк, горевший над ними в эфире. И наконец, на поверхности материков выступали обширные темные пятна, напоминавшие

гигантские леса, освещенные на мгновение ослепительной молнией».

Впрочем, большинство астрономов и тогда не поддерживало таких воззрений, полагая, что обратное полушарие в морфологическом смысле никак не должно отличаться от наблюдаемого нами. Сторонником такой гипотезы, например, был Николая Фламарион, в своей книге 1912 года «Луна» писавший: «И в геологическом, и в топографическом отношении другое полушарие, вероятно, никак не отличается от обращенного к нам».



Кратер Сикорский и долина Шредингера. Снимок зонда LRO.

На этом я оставляю читателя и предлагаю ему осуществить дальнейшее путешествие по обратной стороне Луны самостоятельно – поверьте, там много деталей, достойных самого пристального изучения! Например, очень интересными образованиями являются долины Шредингера и Планка – гигантские разломы, длиной в сотни километров, происхождение которых пока является предметом дискуссий. Очень интересен вид кратера Сикорский, который рассечён долиной Шредингера практически точно пополам – такая форма рельефа в настолько грандиозных масштабах не встречается более нигде. Несомненный интерес представляет область лунной поверхности к югу от Моря Восточного, окружающая кратер Ридберг – по предположениям некоторых селенологов здесь можно найти остатки ещё одного древнего кратера диаметром почти 1000 километров... Желаю удачи Вам в этой познавательной прогулке!

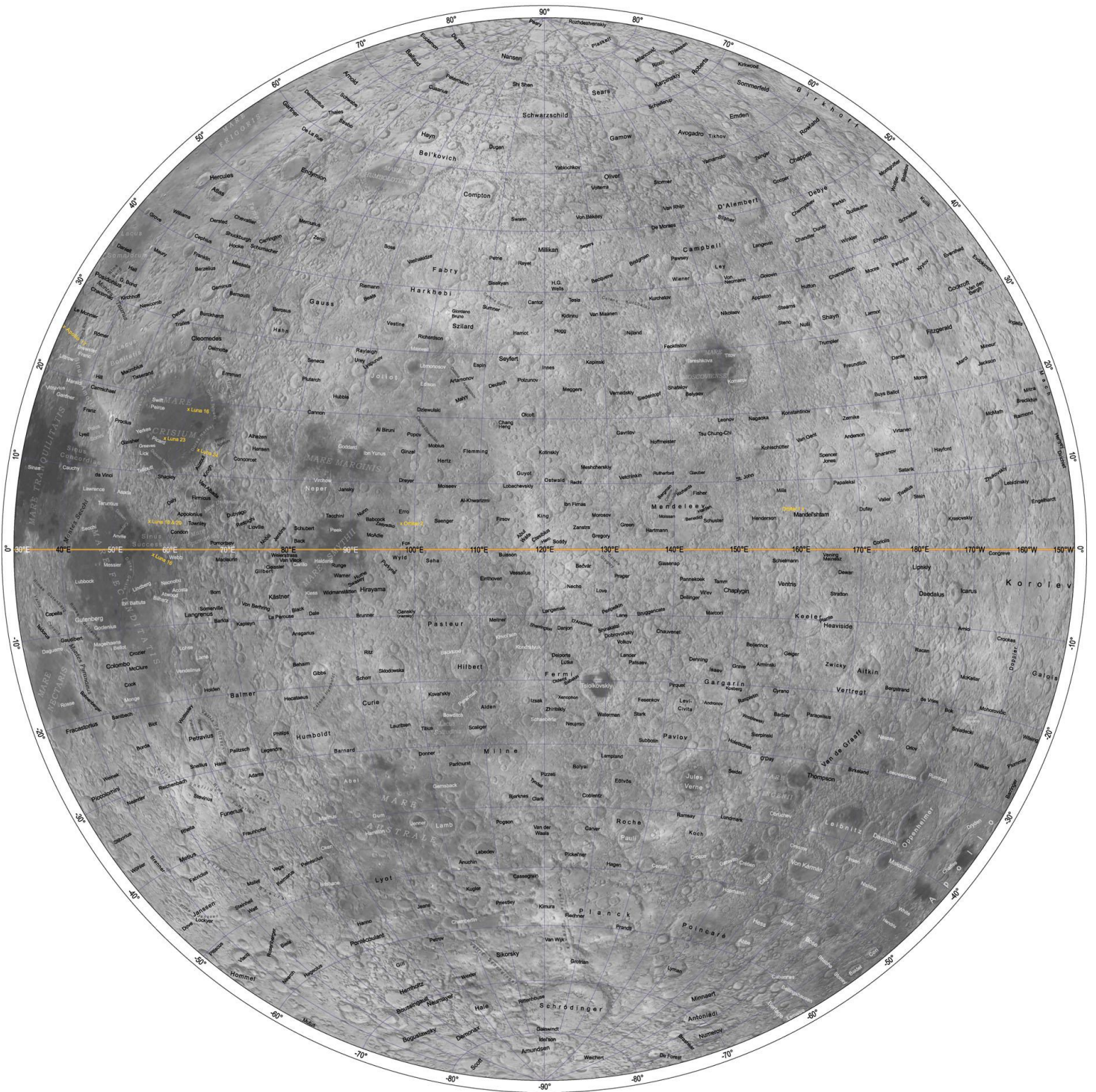
На двух последующих страницах читатель сможет ознакомиться с неплохими картами невидимого полушария Луны. Источник карт: [Ralph Aeschliman Planetary Cartography and Graphics](http://Ralph.Aeschliman.Planetary.Cartography.and.Graphics).

**Николай Дёмин, любитель астрономии,
г. Ростов-на-Дону**

Специально для журнала «Небосвод»

The 120 Degree East Meridian Hemisphere of the Moon

by
Ralph Aeschliman

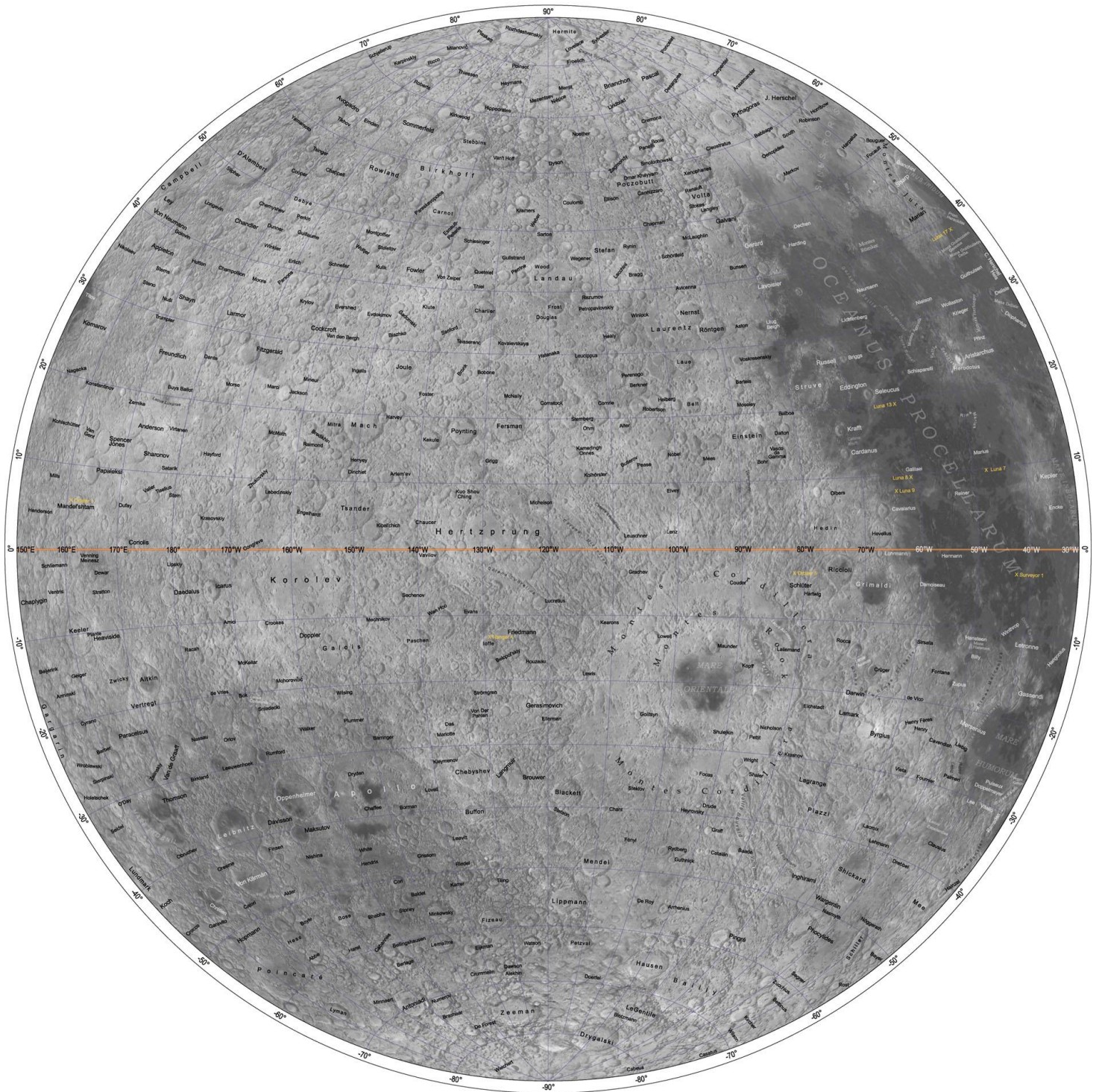


Lambert's azimuthal equal-area projection

Central Meridian 120° East

© Ralph Aeschliman 2005

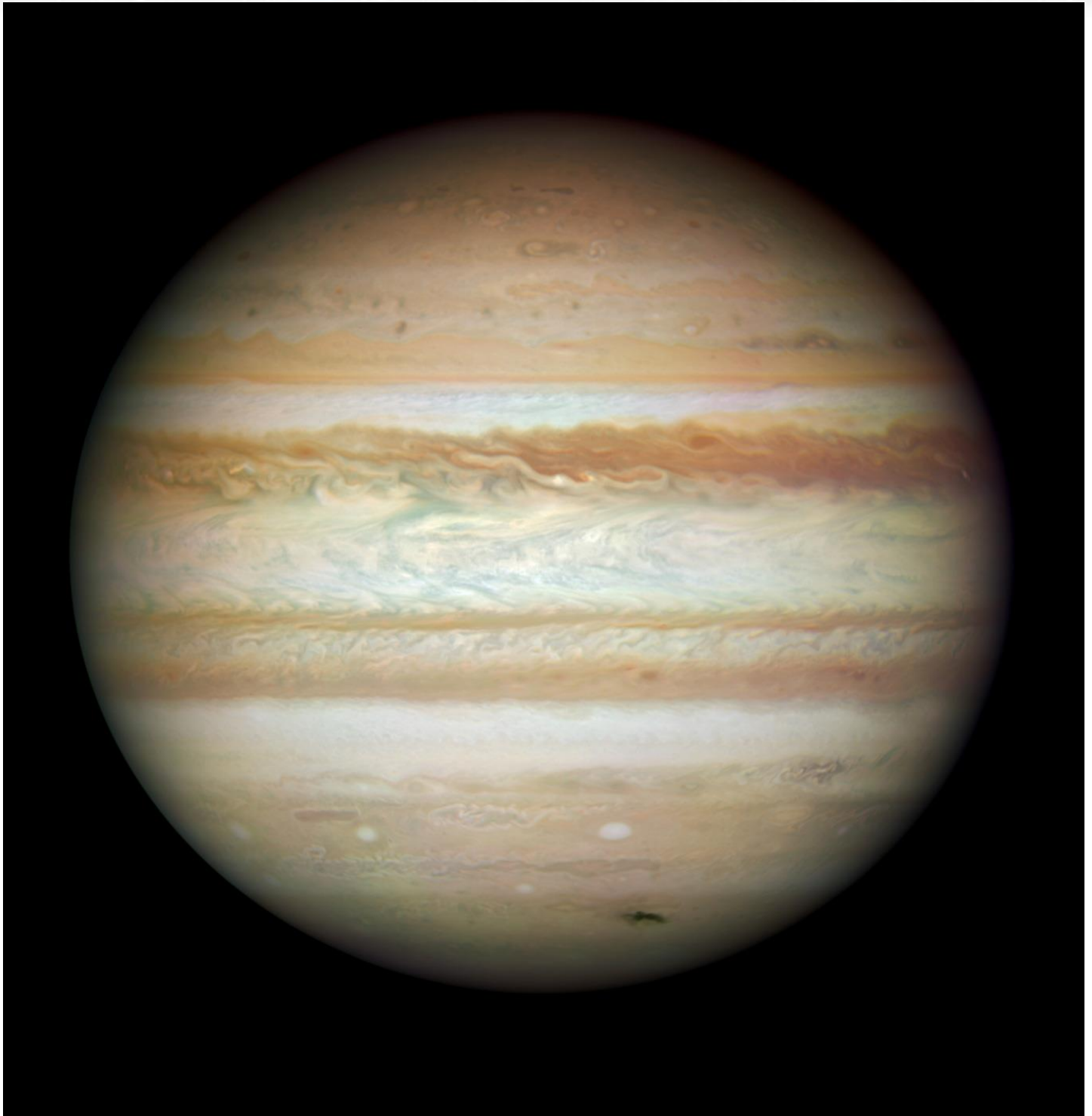
The 120 Degree West Meridian Hemisphere of the Moon
 by
 Ralph Aeschliman



Lambert's azimuthal equal-area projection
 Central Meridian 120° West

© Ralph Aeschliman 2005

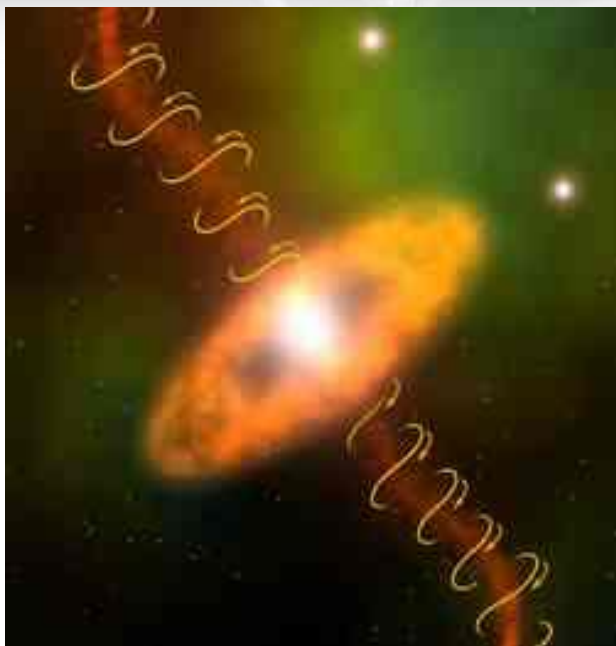
Падение на Юпитер небесного тела (2009)



Столкновение Юпитера с небесным телом в 2009 году произошло в июле. Оно привело к образованию чёрного пятна в атмосфере планеты, по размеру сравнимого с Тихим океаном на Земле. Это второй случай, когда стало возможным наблюдать последствия столкновения небесного тела с Юпитером: первым было падение кометы Шумейкеров — Леви в 1994 году. Специалисты НАСА оценили диаметр упавшего тела в 200—500 метров, а выделившуюся при ударе энергию — в 5 миллиардов тонн тротилового эквивалента. По оценке НАСА, столкновение Земли с телами подобного размера происходит примерно 1 раз в 100 000 лет.

Источник: *Сайт космического телескопа Хаббла (КТХ)* - <http://hubblesite.org/>

Мир астрономии десятилетие назад



Звезда с винтообразными джетами. Фото: NRAO/AUI/NSF

Март 03, 2006 – Радиоастрономы обнаружили умирающую звезду с двойным выбросом (джетами) окутанным мощным магнитным полем. Звезда расположена на расстоянии 8500 световых лет от Земли в созвездии Орла (Aquila), и находится на стадии формирования планетарной туманности. Многие звезды в конце своей жизни формируют туманности вокруг себя, благодаря сброшенной внешней оболочке. Кроме этого, часть вещества выбрасывается в пространство в виде плотных струй-джетов. У данной звезды джеты имеют винтообразную форму, что означает медленное вращение небесного тела на последней стадии своей эволюции.

M31 эволюционирует так же, как Наша Галактика. Фото: GALEX



Март 05, 2006 - Астрономы долгое время были уверены, что ближайшая к нам галактика в созвездии Андромеды (M31) имеет другой путь развития, чем наш Млечный Путь, но теперь этот факт поставлен под сомнение. Международная группа исследователей провела исследования Туманности Андромеды на содержание металлов в ореоле этой галактики, и обнаружила, что M31 сравнительно бедна ими. И бедна настолько, что их количество почти один к одному совпадает с содержанием металлов в Млечном Пути. Если обе галактики имеют одинаковое количество металлов в их ореолах, значит, они развивались аналогичными путями. Соседние галактики сформировались через полмиллиарда лет после Большого Взрыва и набрали массу за счет сбора фрагментов протогалактик. Исследования проводились с помощью космического телескопа GALEX, о котором сайт Астрогалактика писал год назад.



Ученые, наконец, разобрались в солнечных циклах. Фото (Солнце от SOHO 10.02.2006): SOHO

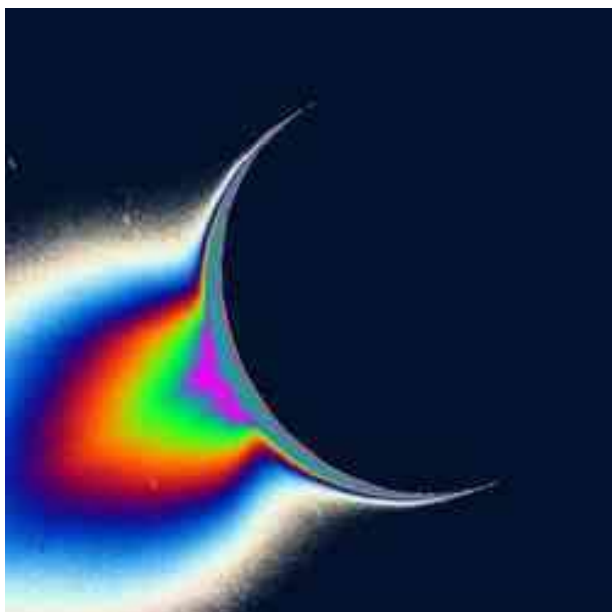
Март 06, 2006 – Ученые, изучающие поведение ближайшей к Земле звезды, с большой долей уверенности склонны предполагать, что они, наконец, получили стройную теорию солнечных циклов, которая позволяет предсказывать поведение Солнца на много лет вперед. Согласно этой теории, следующий солнечный цикл будет на 30-50% более активным, вплоть до последнего года цикла. Кроме этого, астрономам удалось отследить два крупных потока плазмы, от которых зависит величина солнечной активности. Эти потоки подобны ленте конвейера, тянущейся от экватора к полюсам вдоль магнитных силовых линий. Но, так как Солнце вращается быстрее на экваторе чем на полюсах, это активизирует магнитное поле Солнца, создавая тем самым высокую активность самого Солнца.



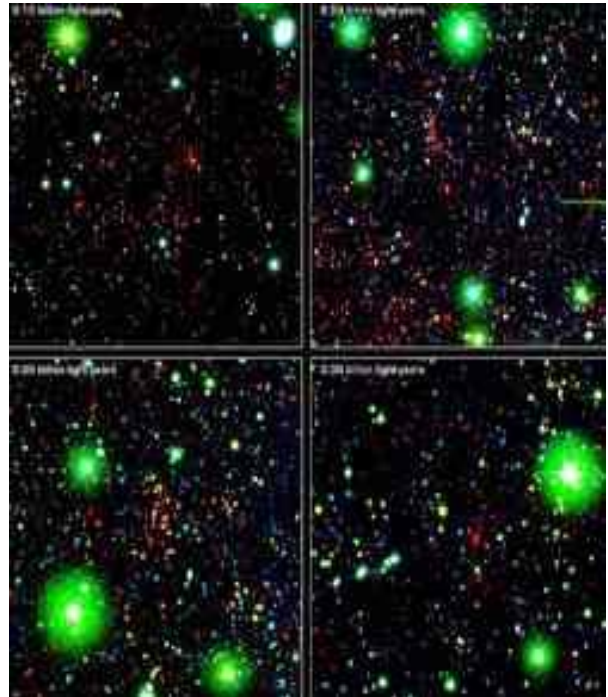
Планет земной группы больше, чем планет-гигантов. Фото: CfA

Март 13, 2006 - Почти все обнаруженные внесолнечные планеты имеют размеры Юпитера или даже большие. Более того, все они газовые гиганты, которые не пригодны для жизни. Но астрономы из Гарвардско-Смитсоновского Центра Астрофизики думают, что планет земной группы у других звезд в несколько раз больше, а планеты, похожие на нашу Землю, могут существовать практически в каждой сформировавшейся планетной системе. Подобные доводы ученых базируются на последнем открытии Супер-Земли, обращающейся вокруг красного карлика на расстоянии 9000 световых лет от Солнца. Научно-исследовательская группа провела расчеты планетных систем и пришла к выводу, что планет земной группы у других звезд в 3 раза больше, чем газовых гигантов.

Энцелад «кормит» своим материалом кольцо Е. Фото: NASA/JPL/SSI



Март 14, 2006 – Кольцо Е - самое крайнее кольцо Сатурна, которое превосходит орбиту Мимаса. Для ученых долгое время было загадкой существование этого кольца, которое состоит из рассеянного облака частиц. Теперь, когда аппарат «Кассини» открыл на южном полюсе Энцелада космические гейзеры, которые извергают водяной расколотый лед в космическое пространство, астрономы получили этому объяснение. Подпиткой кольца как раз и занимается спутник Сатурна. Доказательством этого стали исследования частиц гейзеров и кольца Е с помощью магнитометра «Кассини». Данные, полученные этим прибором, говорят о том, что состав ледяных гейзеров и частиц в кольце Е идентичен.



«Спитцер» обнаружил самое далекое скопление галактик. Фото: NASA

Март 21, 2006 – Космический телескоп NASA «Спитцер» недавно обнаружил самое далекое скопление галактик, расположенное на расстоянии 7-9 миллиардов световых лет от Земли. Эти галактики являются самыми далекими для проникающей способности 85-сантиметрового зеркала «Спитцера». Скопления галактик являются самыми большими структурами во Вселенной, и состоят из тысяч галактик и триллионов звезд. Это открытие дает астрономам подтверждение о существовании подобных объектов в ранней Вселенной. Обнаруженное скопление сформировалось, когда возраст Вселенной составлял около 4,6 миллиардов лет.

Александр Козловский, журнал «Небосвод»

Перевод текстов осуществлялся в 2005 году с любезного разрешения Фразера Кейна (Fraser Cain) из Канады – автора сайта «Вселенная Сегодня» (Universe Today)
<http://www.universetoday.com>

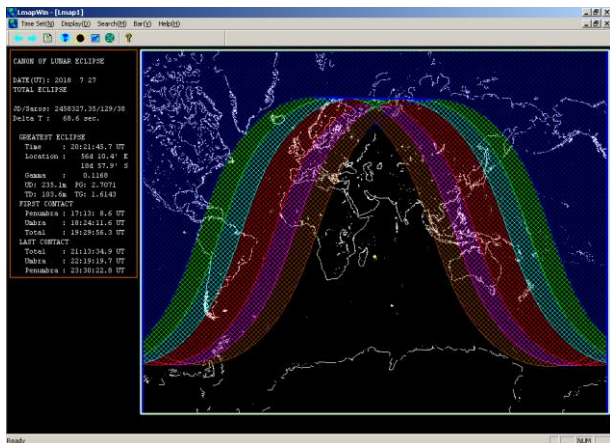
Впервые опубликовано в рассылке сайта «Галактика»
<http://moscowaleks.narod.ru>
 (сайт создан совместно с А. Кременчуцким)

Программа для расчёта лунных затмений LmapWin

В февральском номере журнала «Небосвод» мы рассмотрели замечательную программу японца Синобу Такесако для расчета солнечных затмений EmapWin. Наверное, многие попробовали поработать с ней. Сегодня мы расскажем еще об одной программе того же автора, которая позволяет рассчитать параметры на сей раз лунных затмений. Называется она LmapWin. Последняя версия 2.10 от 21 марта 2015 года. Скачать ее в zip-архиве можно по адресу: http://www.kotenmon.com/cal/lmapwin_eng.htm. Архив занимает около 16 мегабайт. В распакованном виде – почти 34 мегабайта. Программа не требует установки и предназначена для операционной системы Windows. И, как EmapWin, она совершенно бесплатна.

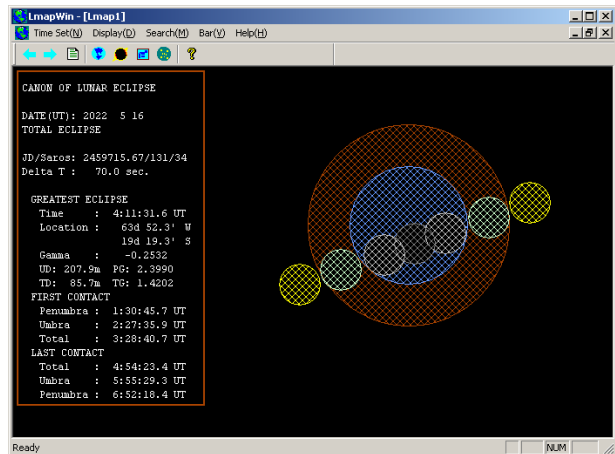
Временной интервал для расчетов принят, как и в программе для солнечных затмений, в 30 тысяч лет (с 13000 г. до н.э. до 17000 г. н.э.). Программа очень точная и удобная в управлении. Небольшой текстовый файл помощи с описанием программы можно найти в ее корневой папке.

Чтобы понять принцип работы с ней, давайте ее запустим.



Перед нами основной экран. Слева в красной рамке представлены параметры ближайшего предстоящего лунного затмения: дата, тип, юлианский день, номер сароса, дельта T, а также фаза, время по всемирному времени начала, максимума (с географическими координатами места зенитной Луны) и конца затмения. Справа в светлой рамке мы видим довольно грубую в контурах береговой линии Меркаторову проекцию карты Земли. Изменить ее на точную прорисовку CIA MAP можно через опцию меню Display, поставив флажок в соответствующей позиции. На карте желтым кружком обозначено положение Луны над Землей (в зените) в момент максимальной фазы затмения, а цветными синусоидными линиями с заливкой фона – границы зон моментов затмения (пе-

ресечение границ полутени и тени). Причем желтый кружок вертикально всегда посередине рамки, а карта смещается относительно нее. Щелчок левой кнопкой мыши выводит в правом верхнем углу карты географические координаты выбранной точки.



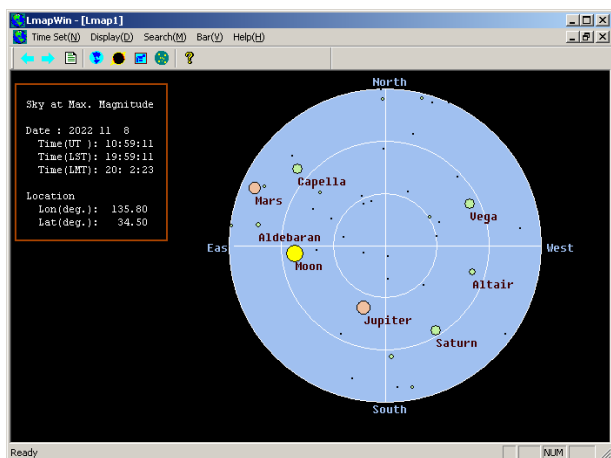
Голубыми стрелками влево и вправо на верхней панели можно перейти к предыдущему или последующему затмению.

Листок с загнутым уголком позволяет установить исходный год для расчета затмения и временной промежуток в годах. Следует учесть, что в программе принят астрономический счет лет до н.э.: 1 год до н.э. соответствует нулевому году, 2 год до н.э. соответствует минус первому году и т.д. К тому же программа учитывает юлианский и григорианский стили. После задания начального года и интервала следует нажать Search (Поиск) и, выбрав необходимое затмение, нажать Draw (Рисовать) для отображения затмения на карте. Не забудьте подтвердить выбор нажатием ОК.

Опция Time Set (Установить время) позволяет установить исходный год из предложенного интервала и месяц для расчета затмений.

В выпадающем окне после нажатия опции Display можно выбрать режим прорисовки карты (CIA MAP) и отображение на ней сетки географических координат. Кроме того, при установке флажка в окошке Local (Местное) и выборе либо конкретного города из списка городов Японии или исторических поселений (Афины, Фивы, Иерусалим, Ур и т.д.), либо координат вашего населенного пункта и подтверждения ОК появляется экран с параметрами затмения в выбранном месте. Напомним, что добавить новые населенные пункты и точки наблюдения можно и вручную, аккуратно внося дополнения в файл Location.new в текстовом редакторе (Блокнот или FAR) с соблюдением всей пунктуации и пробе-

лов. Тогда он будет появляться в выпадающем списке городов. Экран с параметрами выбранного города появляется и при нажатии значка с солнечным затмением. Чтобы получить параметры затмения для произвольно выбранного места на Земле, нужно дважды щелкнуть правой кнопкой мыши по этому месту на общей карте (этот режим работает только в окрестностях желтого кружка).



Изображение голубого глобуса на панели возвращает нас к карте Земли, а нажатие голубого с синим квадрата воспроизводит анимированную симуляцию прохождения Луны через полутень и тень Земли. Зеленый кружок с созвездием Ориона демонстрирует нам вид звездного неба из выбранной точки с расположением основных ярких звезд, планет и Луны в момент максимума затмения.

Опция Search (Поиск) позволяет найти все затмения с выбранной фазой или предложенного типа для конкретного населенного пункта из выпадающего списка или по выбранным координатам. Начальный момент времени устанавливается в окне Time Set. После подтверждения всех введенных параметров появляется карта. Нажатие голубых стрелок переводит к очередному видимому в выбранном городе затмению.

Опция Mag (Панель) позволяет включать и выключать панели инструментов, а опция Help (Помощь) показывает версию программы, имя автора и его электронную почту (это возникает при нажатии на вопросительный знак). И еще позволяет закрыть саму программу.

Как видим, программа очень проста в управлении. Разобраться с ней может даже новичок. Однако она будет полезна при обучении астрономии, историко-астрономических изысканиях и установлении параметров видимости затмений при собственных наблюдениях из любой точки мира.

И теперь, подробно изучив программу и узнав ее возможности, попробуем решить несколько задач.

1. Определить, когда в период с 2020 по 2030 годы в Иваново будет видно полное лунное затмение.

Решение. В опции Time Set устанавливаем год 2020 и месяц 1. В опции Display ставим флажок на Local и

вводим координаты города Иваново: долгота (Lon.) 41, широта (Lat.) 57, высота над уровнем моря здесь не важна, но мы выставим 126. Подтверждаем ОК. У нас появляется экран с параметрами полутеневого затмения 10 января 2020 года. Нам же необходимы затмения, полная фаза которых видна в нашем городе. Для этого в опции Search (где уже появились координаты Иваново) выбираем либо тип затмения (Type) – Total Eclipse (полное затмение), либо ставим величину фазы (Mag.) единицу. Подтверждаем ОК. Перед нами затмение 8 ноября 2022 года, которое в Иваново будет видно только в полутеневой фазе. Формально для Иваново это полное затмение. Но нас такой ответ не устраивает, и мы по голубой стрелке вправо начинаем искать следующие подходящие затмения. Таковые произойдут 7 июля 2025 года (видно на восходе Луны, вечером), 31 декабря 2028 года (тоже вечернее) и 20 декабря 2029 года (близкое к полночи). Следующее полное затмение в Иваново состоится 25 апреля 2032 года, но оно выходит за заданные нами временные рамки.

2. В Лаврентьевской летописи под 6715 годом читаем: «...Бысть знаменье в луне, месяца февраля в 3 день... быть помрачена вся». Определить, правдиво ли описал затмение летописец.

Решение. 6715 год в переводе на наше летоисчисление соответствует 1208 году. Устанавливаем через листок с загнутым углом год 1208 и период 1 год. Нажимаем Search. Перед нами два лунных затмения, случившихся в 1208 году, и оба полные. Первое из них действительно произошло 3 февраля. Выбираем его, нажимаем Draw и ОК. Перед нами карта, из которой следует, что затмение на территории центральной России было видно в полной фазе от начала и до конца. Значит, летописец верно описал небесное явление.

3. На рубеже 2000-х и 2010-х годов мы проводили в Плесе выставку минералов. Было это в июне, но год выпал из памяти. В дни монтирования выставки произошло полное лунное затмение. Восстановить с помощью программы LmapWin год, когда проводилась выставка.

Решение. Плес находится в Ивановской области. В опции Time Set устанавливаем исходный год 2009 и месяц 1. Подтверждаем ОК. Затем простым перебором через голубую стрелку вправо находим все июньские полные затмения, видимые над центральной Россией в ближайшие годы. Из найденных вариантов полностью удовлетворяет требованиям только затмение 15 июня 2011 года. Действительно, именно тогда, с июня по сентябрь 2011 года, в Плесском музее пейзажа работала выставка минералов «Цвет. Форма. Образ» (из собрания Ивановского музея камня).

Сергей Беляков,
любитель астрономии, г. Иваново

Специально для журнала «Небосвод»

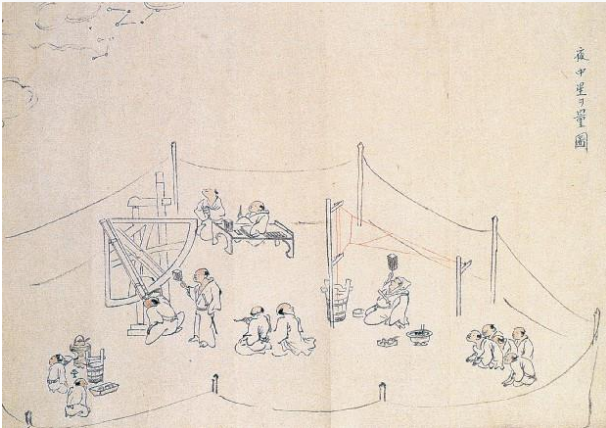


Дмитрий Селезнев, любитель астрономии г. Ростов-на-Дону

Специально для журнала «Небосвод»



Почему казнили Хо и Хи?



Древние китайские астрономы ведут наблюдения.

22 октября 2137 г. до н.э. по территории древнего Китая прошла полоса полного солнечного затмения. Согласно книге Шу-цзин («Книга истории»), оно не было предсказано придворными астрономами-астрологами, из-за чего по стране прокатились народные волнения – население было недовольно правлением тогдашнего императора. Бунты были подавлены войсками, а учреждённое расследование выяснило, что «астрономы Хи и Хо, предавшись пьянству, забыли свои должностные обязанности, став недостойными высокого звания, которое имели. Впервые они не сделали ежегодных вычислений путей небесных светил и тогда неожиданно в первые дни последнего месяца осени Солнце и Луна встретились в созвездии Фанг (Скорпион)...» За эту провинность незадачливые астрономы были обезглавлены.

Жестокость китайского императора можно объяснить суровостью тогдашних нравов, хотя и почти через 4000 лет такой подход к наказанию астрономов кажется чрезмерно суровым. Кроме того, неочевидно, почему исчезновение Солнца с небосвода должно поколебать императорскую власть и стать поводом для беспорядков. Попробуем разобраться в легенде, изложенной в Шу-цзин.

Указанное затмение является самым древним ПСЗ, упомянутым в истории, и за давностью лет может расцениваться как полуполюгендарное. Первое достоверно зафиксированное затмение (тоже в Китае) относится только 776 г. до н.э. – а это почти через 1300 лет после того, как Хи и Хо так бесславно поплатились за пристрастие к алкоголю.

Книга Шу-цзин содержит множество исторических и оккультных сведений относящихся к древнейшей китайской истории и мифологии. Предположительно её редактором был сам Конфуций, живший в VI век до н.э., т.е. через 1600 лет после рассматриваемых нами событий. Шу-цзин содержит в основном легенды об образовании китайского народа, а также

рассуждения об идеальном государстве, столь ценные в беспокойные времена жизни самого философа. В качестве достоверных фактов в книге приведён рассказ о мифическом мировом потопе при легендарном «императоре» Яо, оказавшимся на деле катастрофическим разливом реки Хуанхэ. Поэтому мы можем отнести Шу-цзин скорее к нравоучительным и назидательным изданиям, но до уровня надежного источника ей далековато. В этой связи сами факты жизни и гибели Хи и Хо представляются скорее легендарными, чем реальными.

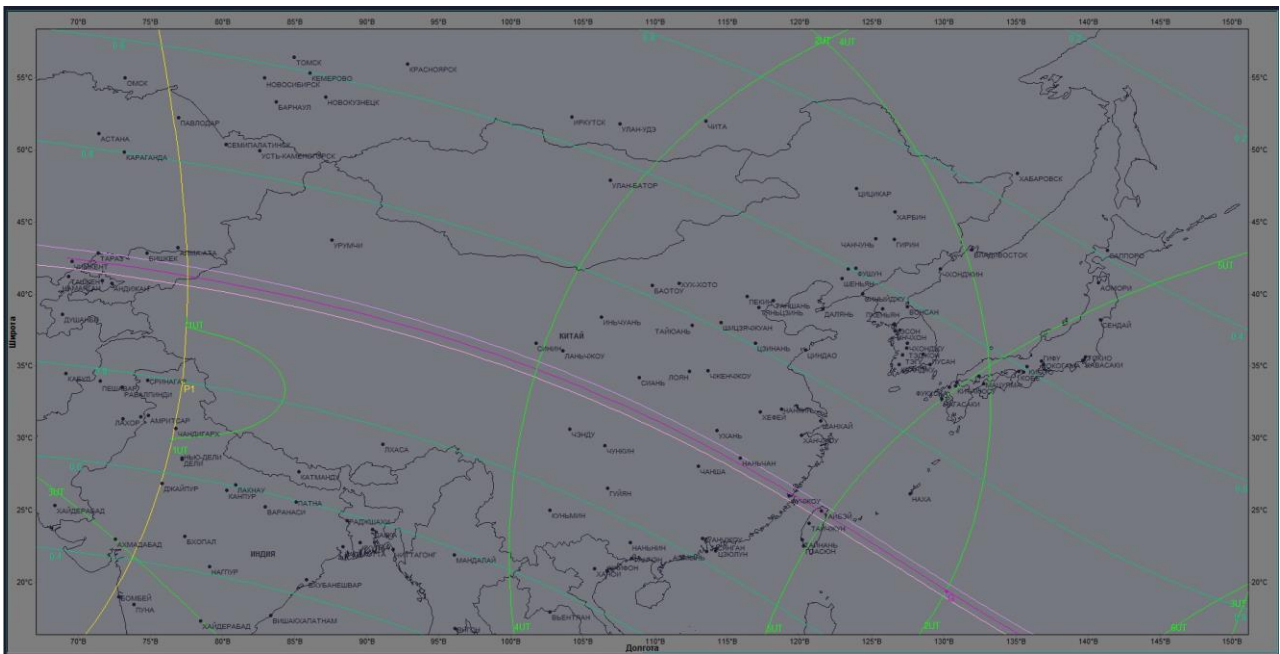
Существовали ли в действительности Хи и Хо или нет, не установлено, но что достоверно известно, так это огромное внимание, предававшееся китайским обществом и его императорами к поведению небесных светил и затмений в особенности.

Китайцы поклонялись Небу и считали его высочайшим божеством. Император носил титул «Сын Неба», что не только подтверждало его положение повелителя всего народа, но и наделяло божественной властью, которой не мог обладать никто другой в Поднебесной. Подобная связь с Небом являлась основой государства на протяжении существования всего императорского Китая вплоть до 1912 г.



Последний государственный флаг Китая (1862-1912) отражает непростые взаимоотношения Лазурного дракона и Солнца (Википедия).

Неудивительно, что в Китае так пристально следили за «знаками», подававшимися свыше: такие явления как аномальная погода, наводнения, голод, чума, землетрясения и, конечно, необычные небесные явления расценивались как недовольство Неба тем, что творилось на Земле. Поэтому императорское служение Небу имело и обратную, неприятную сторону – его зачастую считали лично ответственным за подобные события. Неподобающее поведение императора, пренебрежение или халатное исполнение им ритуалов, беспорядок в государственных делах, игнорирование бедствий населения – всё это вменялось народом в вину Сыну Неба, а Небо педантично отмечало это нерадение на небосклоне. В истории



Карта солнечного затмения, произошедшего 22 октября 2137 г. до н.э., составленная с помощью программы RedShift 7.0.

Китаю было несколько случаев, когда императоры признавали, что их действия прогневали Небо, и тем самым они принесли страдания народу.

При императорском дворе всегда находились астрономы-астрологи, вычислявшие движение планет и дававшие им свою трактовку. Доходило до того, что приём иностранных послов, объявление войны или торжественная церемония первой весенней вспашки откладывались на дни или даже недели до наступле-

ния «благоприятного» дня, предсказанного придворными звездочётам.

Солнечные затмения представлялись китайцам в виде невидимого небесного дракона, пожирившего Солнце и наносящего таким образом урон Небу. Иероглифы солнечного затмения («же ши») буквально означают «поедать Солнце». По указаниям астрономов, вычислявших дату и место солнечных затмений, китайские императоры направляли в полосу затмения войска, которые путём барабанного боя, криков и выстрелов из лука вверх пугали дракона, и он отпускал Солнце. При необходимости эти же войска могли усмирять бунты, убеждая население, что император прогнал дракона, Солнцу теперь ничего не угрожает и Небу не за что гневаться на своего сына.

Ответственность за вычисления даты и времени затмений была возложена на штат придворных астрономов, от работы которых, как мы видим, в некоторой степени зависела и сама императорская власть. С учетом сказанного становится понятным гнев императора Поднебесной, так жестоко обошедшегося с двумя легендарными астрономами: их алкоголизм поставил под угрозу не только порядок на Небесах, но и легитимность правления самого императора.

Через много лет происшествию с астрономами посвятили следующую эпитафию:

*Здесь лежат тела и Хо, и Хи,
Чья судьба печальна и смешна:
Их обезглавили за то, что не смогли
Увидать они затмения спяня.*



Инструменты средневековой обсерватории в Нанкине (фото Дм. Пасека)

Сергей Цуканов любитель астрономии,
г. Москва
Специально для журнала «Небосвод»

Полное солнечное затмение 9 марта 2016 года



Вид полного солнечного затмения в телескоп.

Полные солнечные затмения – достаточно редкое явление. Хотя они происходят практически ежегодно (бывают года вообще без полных солнечных затмений), полностью закрытое Луной Солнце видно лишь в узкой полосе шириной в среднем около 200 километров.

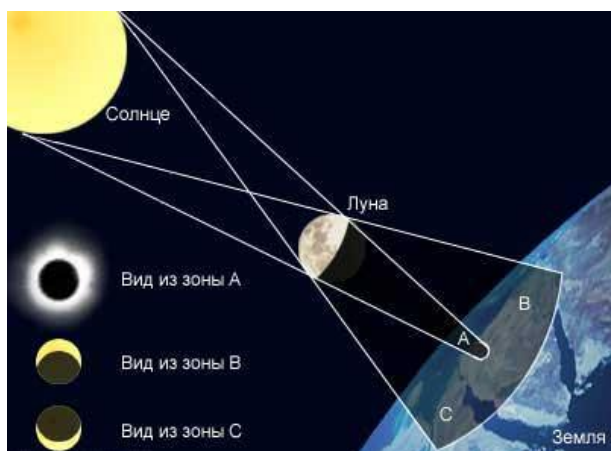


Схема полного и частного солнечного затмения.

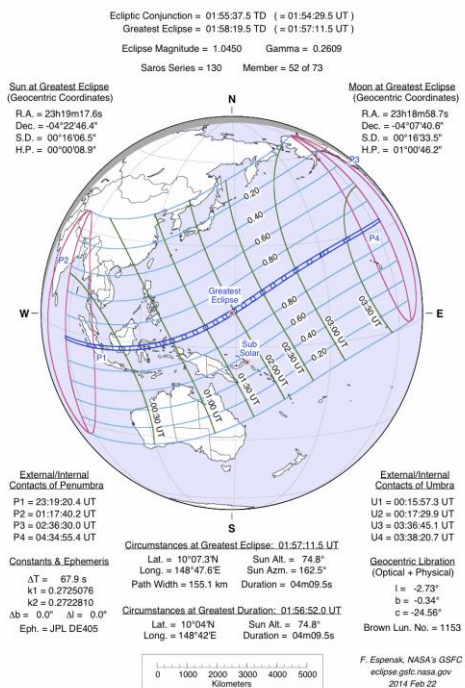
В одном и том же месте наблюдения полное солнечное затмение можно увидеть раз в 200 - 300 лет, а то и реже. Не у многих жителей Земли имеется шанс

увидеть такое явление на протяжении своей жизни, не выезжая за пределы своего города или даже страны. Например, на Европейской части нашей страны ближайшее полное солнечное затмение произойдет только весной 2061 года! Но бывает и так, что промежуток между соседними полными затмениями для одного населенного пункта составляет всего полтора года! Одна из таких пар полных затмений - это затмения 2037 и 2038 года в Австралии. Кстати, Австралия - место, где в обозримом будущем в течение нескольких лет можно будет увидеть целых пять затмений! За 15 лет (с 2023 по 2038 годы) лунная тень посетит этот небольшой материк 5 раз, а небольшое островное государство Новая Зеландия – три раза! Следует отметить, что в шести районах Австралии за этот период можно будет пронаблюдать полную фазу дважды в одном и том же месте! Такое сочетание полных затмений на небольшой материковой области – редкость. Жителям Австралии в этом отношении очень повезло, и остается только посоветовать любителям астрономии других стран, если это возможно, переезжать жить в Австралию в течение ближайших лет. Более реальной перспективой будут денежные сбережения для поездки на эти затмения.

Частные солнечные затмения происходят чаще, чем полные и видны на большей территории. Максимальное количество частных затмений Солнца в году при благоприятном стечении обстоятельств до-

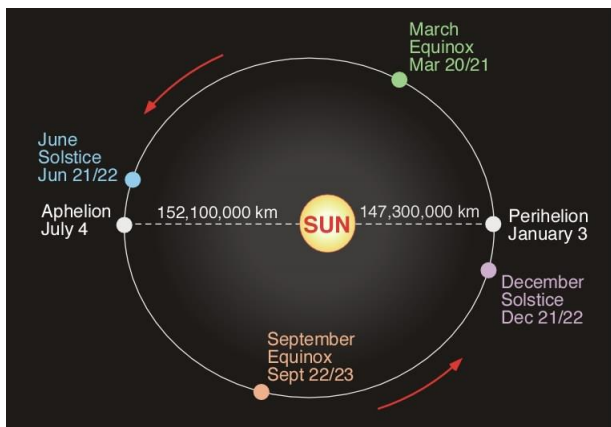
стигает пяти, но такие годы большая редкость. Достаточно сказать, что последний раз пять солнечных затмений имели место в 1935 году, а в следующий раз подобное сочетание частных затмений произойдет в 2206 году. По четыре частных затмения в году бывает, безусловно, чаще. Ближайшие такие годы 2029 и 2047.

Total Solar Eclipse of 2016 Mar 09



Карта-схема полного солнечного затмения 9 марта 2016 года (время всемирное!)

Но вернемся к полному солнечному затмению этого года, полная фаза которого будет видна в экваториальной области Земли. Следует отметить, что именно на экваторе видны самые продолжительные полные затмения Солнца, максимальная длительность которых может достигать 7 минут! Но для этого должны быть соблюдены три условия: затмение на экваторе, Луна в перигее и Солнце в афелии.



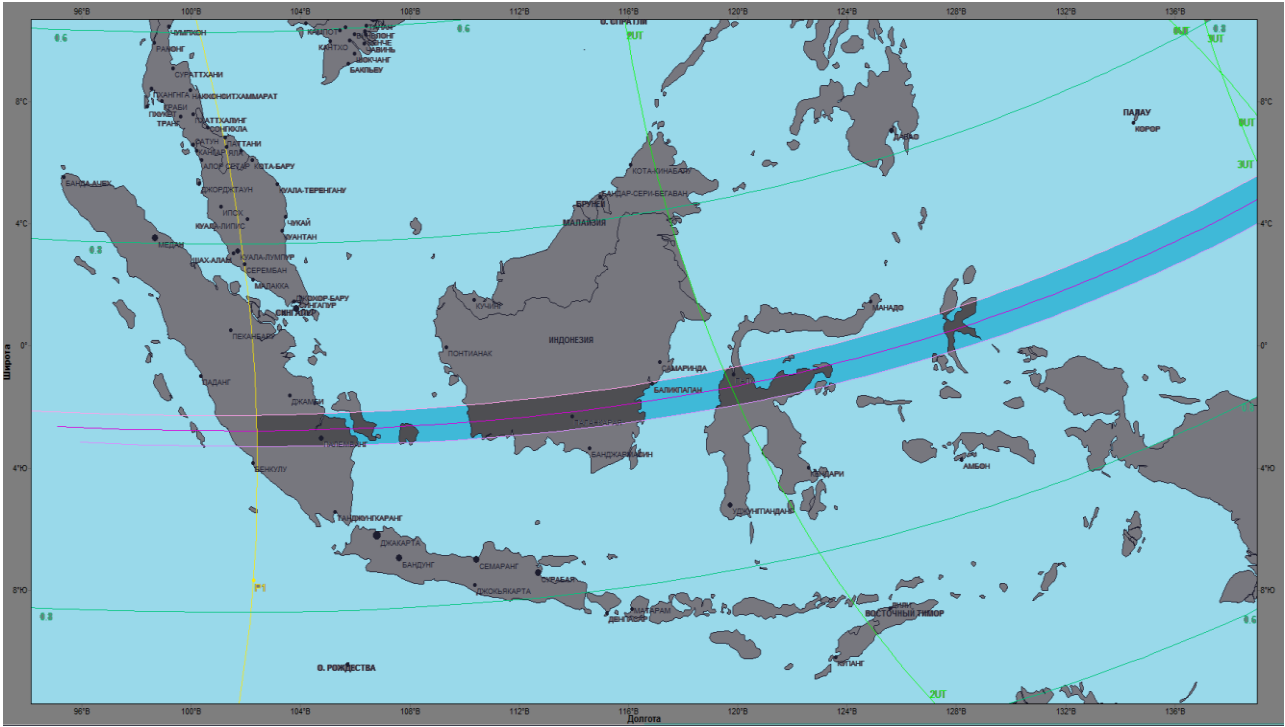
Движение Земли по орбите (указаны перигелий и афелий орбиты)

Но в затмение 9 марта 2016 года будут соблюдены лишь два первых условия, а Солнце будет в двух месяцах от перигелия и в четырех месяцах от афелия (в начале июля). Поэтому продолжительность полной фазы составит лишь немногим более 4 минут. Лунная тень при данном затмении будет проходить в основном по водной поверхности двух океанов: Индийского и Тихого. По суше тень Луны пробежит лишь по островам Индонезии, где покроет четыре крупных города, самый большой из которых - Палембанг с полутора миллионным населением. Паланкара, Баликпапан и Палу поочередно покроются лунной тенью через некоторое время после Палембанга в утренние часы 9 марта 2016 года.

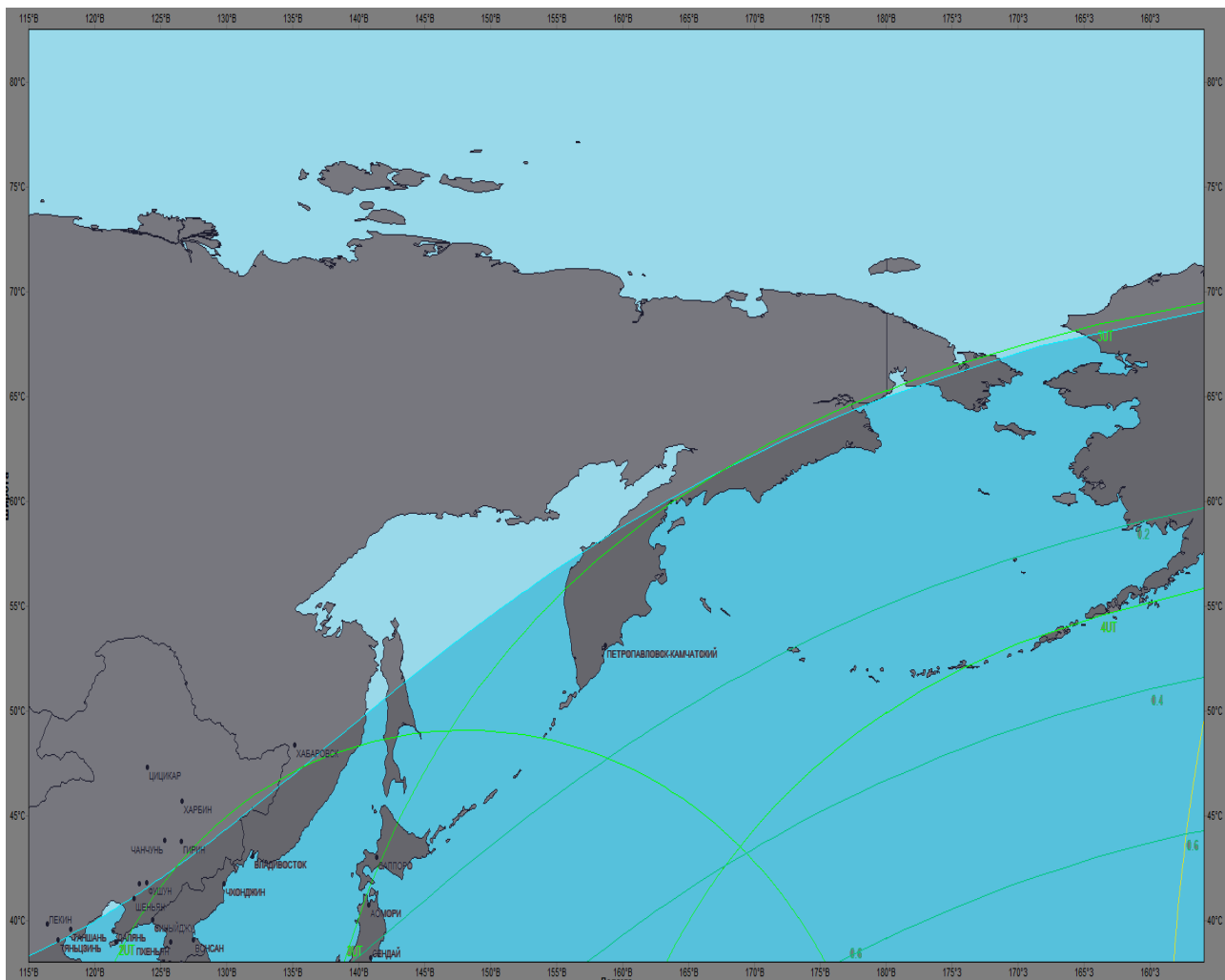


Примерный вид и ход затмения в полосе полной фазы для острова Суматра

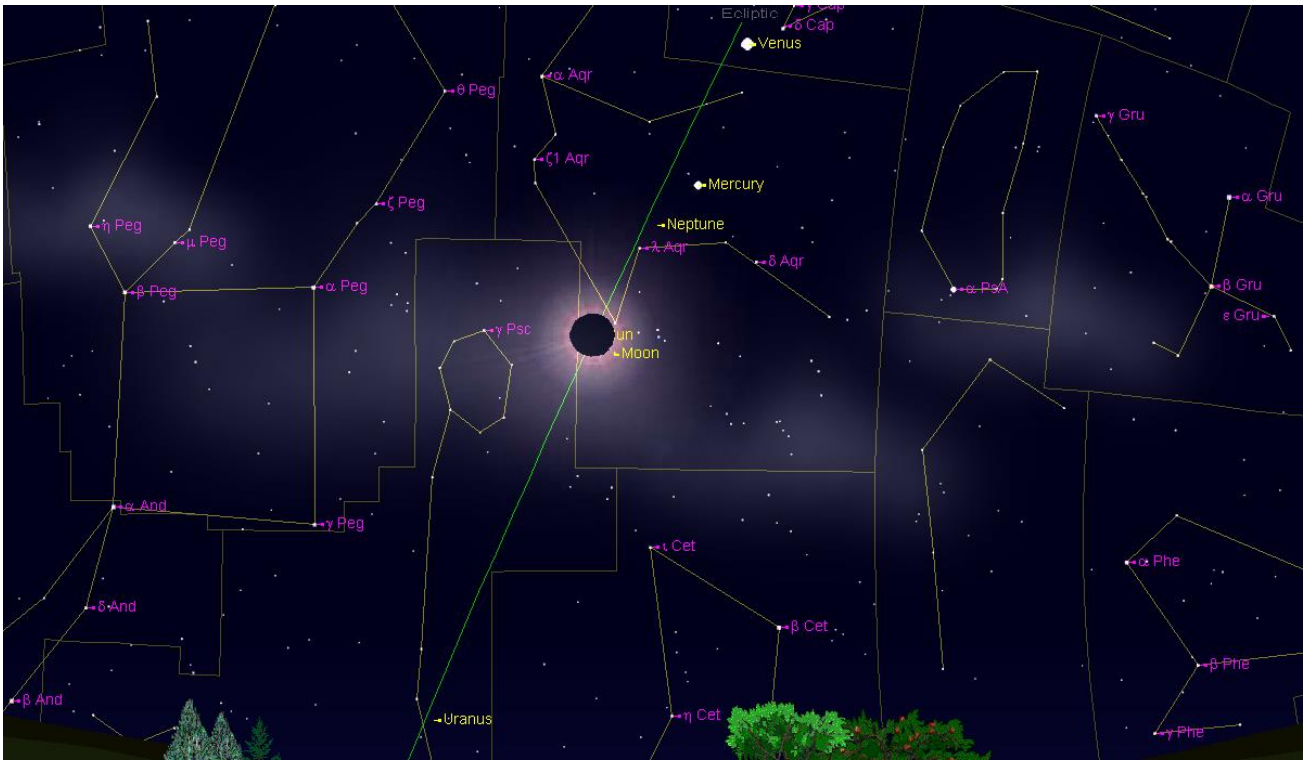
В России это затмение будет наблюдаться в виде частных фаз в течение одного часа (от 2 до 3 часов по всемирному времени). Из крупных городов в полосу частной фазы затмения попадают Владивосток с максимальной фазой 0,038, Южно-Сахалинск - с фазой 0,07, а также Петропавловск-Камчатский, где максимальная фаза составит 0,097. В самом восточном населенном пункте страны - Уэлене - фаза затмения достигнет 0,018. Из карты затмения для России видно, что максимально возможная фаза, которую можно будет наблюдать с суши, придется на Курильские острова. В Северо-Курильске можно будет наблюдать частное затмение с фазой 0,124. Максимальную фазу 0,17 можно будет увидеть с Курильских островов, примыкающих к Японии.



Карта полосы полной фазы затмения для Индонезии



Карта полосы частного затмения для восточных районов России



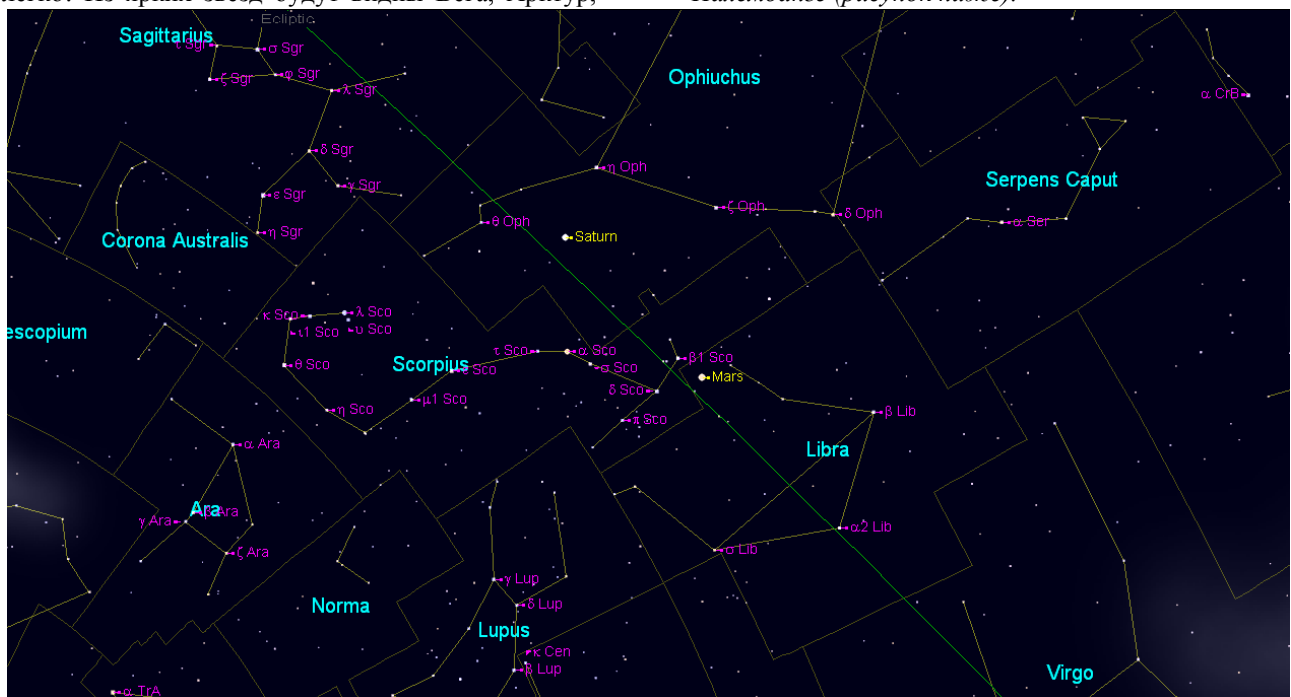
Вид неба во время полного затмения в Палембанге.

Во время полной фазы солнечного затмения вокруг Солнца становится видна корона - изумительное зрелище, которое нельзя передать никакими фотографиями! А рядом с затмившимся дневным светилом появляются яркие планеты и звезды. Меркурий и Венера будут самыми яркими на небе затмения 9 марта 2016 года, находясь в 10 градусах друг от друга. В противоположной стороне потемневшего неба высоко над горизонтом будут видны Марс и Сатурн в 15 градусах друг от друга. Блеск этих двух планет будет ниже, чем у Меркурия и Венеры, но найти их будет несложно. Главное успеть, пока Солнце закрыто, ведь оторвать взгляд от такого замечательного зрелища, как полное затмения нелегко! Из ярких звезд будут видны Вега, Арктур,

Антарес, Спика, Денеб, Альтаир, альфа Центавра и некоторые другие звезды...

Описываемое полное солнечное затмение является 52-м затмением 130 сароса и повторяется от предыдущего затмения этого сароса 26 февраля 1998 года, которое могли наблюдать жители северных стран Южной Америки. Длина тени Луны, отбрасываемой в пространство, составляет около 373320 километров, а в день затмения расстояние между Землей и Луной составит 357244 километров. Несложный расчет дает превышение видимого диаметра Луны против солнечного в 1,045 раза - это и есть максимальная фаза затмения этого года. Параметр «гамма» затмения, указанный на общей карте затмения,

Западная часть неба во время полного затмения в Палембанге (рисунок ниже).



определяется минимальным расстоянием оси конуса лунной тени до центра Земли, и в день затмения составит 1664 километра, что дает значение «гамма» 0,2609.

Начало затмения для Земли по всемирному времени будет иметь место в 23 часа 19 минут еще 8 марта 2016 года, когда лунная полутень коснется поверхности Земли в Индийском океане близ берегов острова Суматра, и начнет движение в восточном направлении. [Анимация хода затмения покажет вам это движение детально.](#) Постепенно покрывая страны Юго-Восточной Азии, лунная полутень будет создавать вид частного солнечного затмения с различными фазами для жителей этих стран. Полутень Луны уже успеет покрыть собой часть Австралии и китайских провинций, когда, наконец, в 00 часов 16 минут (уже 9 марта) по всемирному времени на поверхность Земли вступит тень Луны (опять же в Индийском океане западнее побережья Суматры).

Достигнув за несколько минут западного берега Суматры, лунная тень предоставит на утреннем небе первый вид полного солнечного затмения жителям Индонезии и туристам, отдыхающим на берегу Индийского океана. Далее лунная тень накроет, упомянутый выше, Палембанг. Это произойдет в 0 часов 21 минуту 44 секунды по всемирному времени (+ 7 часов по местному). Полная фаза продлится здесь всего 1 минуту 52 секунды и составит 1,011 при высоте Солнца над горизонтом 18 градусов. Частное затмение в Палембанге будет продолжаться еще час с небольшим, напоминая о незабываемом небесном шоу. Сведения об обстоятельствах полного затмения в других населенных пунктах можно узнать из таблицы ниже.

Далее тень Луны пересечет крупные острова Калимантан, Сулавеси и ряд небольших островов, и около 1 часа по всемирному времени начнет путь по просторам Тихого океана, где уже не будет больших участков суши. Своего максимума затмение достигнет около двух часов по всемирному времени в месте Тихого океана с координатами 10 градусов северной широты и 149 градусов восточной долготы при ширине полосы полной фазы 155 километров. Окончание полного затмения для Земли произойдет в 3 часа 38 минут по всемирному времени западнее берегов Северной Америки, когда тень Луны соскользнет с поверхности Земли. Частное затмение для Земли закончится в 4 часа 35 минут по всемирному времени.

Населенный пункт	t_1	T_1	T_{max} UTC	T_2	t_2	$H \circ$	Φ_{max}	T_3
Палембанг	23:20	00:20:48	00:21:44	00:22:40	01:31	17,7°	1,011	1 м 52 с
Ганджунган	23:21	00:22:53	00:23:58	00:25:03	01:36	21,2°	1,013	2 м 10 с
Палу	23:27	00:37:44	00:38:48	00:39:52	02:01	36,9°	1,007	2 м 14 с
Лувук	23:30	00:41:49	00:43:15	00:44:41	02:07	41,3°	1,014	2 м 52 с
Тидоре	23:36	00:51:18	00:52:52	00:54:26	02:21	47,7°	1,014	3 м 08 с
Гернате	23:36	00:51:40	00:53:00	00:54:21	02:21	47,7°	1,009	2 м 41 с
Маба	23:37	00:52:57	00:54:36	00:56:16	02:23	49,0°	1,020	3 м 20 с
атолл Волеау	00:10	01:38:05	01:40:07	01:42:10	03:15	72,0°	1,022	4 м 06 с

Но жителям Северной Америки не придется долго расстраиваться, что они не смогли увидеть это затмение со своей территории, т.к. через полтора года произойдет очередное полное солнечное затмение, полоса полной фазы которого пересечет североамериканский континент. Это произойдет 21 августа 2017 года, и об этом событии будет обязательно рассказано нашим читателям!

Пожелаем ясного неба и успешных наблюдений всем, кто будет наблюдать полное солнечное затмение в этом и следующем году!

Полезные ссылки, которые помогут вам узнать больше о солнечных затмениях, а также о подготовке к ним и о поездке в область видимости с предварительным прогнозом погоды 9 марта в полосе полной фазы.

[Интерактивная карта затмения от NASA](#)

[Анимация движения тени Луны по поверхности Земли с избранными видами затмения](#)

[Прекрасный обзор предстоящего затмения, карты его видимости, климатические сведения, анализ характерной облачности и прочая полезная для наблюдателей информация.](#)

[Некоторые теоретические сведения о солнечных затмениях](#)

[Обсуждение полного солнечного затмения 9 марта 2016 года на Астрофоруме](#)

[Как наблюдать солнечное затмение?](#)

[Полосы других полных и кольцеобразных затмений, охватывающем период с 2001 по 2020.](#)

[Тем, кто собирается выезжать в область затмения, а заодно и посетить экваториальные широты \(может быть первый раз в своей жизни\) Индонезии - соответствующая тема на Астрофоруме.](#)

Александр Козловский,

Редактор журнала «Небосвод»



Избранные астрономические события месяца (время московское = UT + 3 часа)

8 марта - Юпитер в противостоянии с Солнцем,
9 марта - полное солнечное затмение (видимость в Индонезии),
9 марта - спутники Юпитера сближаются до 1 угловой минуты (!),
11 марта - Меркурий проходит в полутора градусах южнее Нептуна при элонгации 11 градусов,
12 марта - долгопериодическая переменная звезда R Треугольника близ максимума блеска (5,4m),
14 марта - покрытие Луной ($\Phi = 0,38$) звезды Альдебаран (+0,9m) при видимости на Европейской части России и азиатских странах СНГ,
14 марта - Марс проходит в 3 градусах севернее звезды дельта Скорпиона,
15 марта - Меркурий проходит в 6 градусах севернее Цереры при элонгации 11 градусов.
16 марта - Марс проходит в 8 угловых минутах севернее звезды бета1 Скорпиона,
20 марта - весеннее равноденствие (начало астрономической весны),

20 марта - Венера проходит в полуградусе южнее Нептуна,
22 марта - покрытие звезды 69 Ориона (HIP 29434) с блеском 5m астероидом 51915 2001 QF71 при видимости на Европейской части России,
23 марта - полутеневое затмение Луны с фазой 0,8,
24 марта - Меркурий в верхнем соединении с Солнцем,
25 марта - Сатурн в стоянии с переходом к попятному движению,
29 марта - начало вечерней видимости Меркурия в средних широтах,
31 марта - Меркурий проходит полуградусе севернее Урана.

Обзорное путешествие по звездному небу марта
в [журнале «Небосвод» за март 2009 года.](#)

Солнце движется по созвездию Водолея до 12 марта, а затем переходит в созвездие Рыб. Склонение центрального светила постепенно растет, достигая небесного экватора 21 марта (весеннее равноденствие), а продолжительность дня за месяц быстро увеличивается от 10 часов 43 минут до 13 часов 02

минут на широте **Москвы**. Полуденная высота Солнца за месяц на этой широте увеличится с 26 до 38 градусов. 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 обязательно (!) проводить с применением солнечного фильтра** (рекомендации по наблюдению Солнца имеются [в журнале «Небосвод» за июнь 2007 года](#)).

Луна начнет движение по мартовскому небу при фазе 0,62 близ Марса в созвездии Весов. Продолжив путь по этому созвездию, лунный овал посетит созвездие Скорпиона и в первый весенний день перейдет в созвездие Змееносца, приняв здесь фазу последней четверти севернее Антареса. Наблюдаясь по утрам низко над горизонтом, Луна будет постепенно превращаться в серп, 3 марта перейдя в созвездие Стрельца и проведя в нем три дня. Созвездия Козерога стареющий месяц достигнет 5 марта при фазе 0,15, и совершит по нему двухдневное путешествие. 7 марта самый тонкий утренний серп перейдет в созвездие Водолея, где примет фазу новолуния 9 марта. В это новолуние произойдет полное солнечное затмение, увидеть которое смогут жители и гости Индонезии. Подробности на [сайте «Астронет»](#). А уже вечером этого дня самый тонкий вечерний серп можно будет наблюдать в созвездии Рыб после захода Солнца (на Европейской части России). Это наилучшее время побить личный рекорд в наблюдении самого тонкого серпа Луны. Быстро набирая высоту от вечера к вечеру, растущий серп совершит путешествие по созвездию Рыб (сблизившись с Ураном 10 марта) и перейдет в созвездие Кита, а затем Овна (12 марта), увеличив фазу до 0,17. 13 марта Луна перейдет в созвездие Тельца, а 14 марта очередной раз покроет звезду Альдебаран при фазе 0,38. Видимость этого явления распространится на южную половину Европейской части России и страны СНГ азиатского региона. 15 марта в созвездии Тельца наступит первая четверть Луны, а 16 марта лунный полудиск перейдет в созвездие Ориона, а затем в созвездие Близнецов. Здесь ночное светило будет наблюдаться на самой большой высоте над горизонтом в верхней кульминации. 18 марта (увеличив фазу до 0,75) лунный овал перейдет в созвездие Рака, опускаясь к небесному экватору. Около полуночи 20 марта яркая Луна при фазе 0,88 перейдет в созвездии Льва и будет наблюдаться высоко над горизонтом близ Регула. 22 марта почти полный лунный диск сблизится с Юпитером, а 23 марта примет фазу полнолуния уже в созвездии Девы. В это полнолуние произойдет полутеневое лунное затмение, видимое в восточных районах страны. Миновав небесный экватор, Луна сблизится со Спикой 25 марта, а затем перейдет в созвездие Весов (26 мар-

та), уменьшив фазу до 0,9. 28 марта лунный овал при фазе 0,8 посетит созвездие Скорпиона, сблизившись здесь с Марсом, а на следующий день перейдет в созвездие Змееносца, пройдет севернее Антареса и сблизится с Сатурном при фазе 0,75. Около полудня 30 марта Луна ($\Phi = 0,6$) перейдет в созвездие Стрельца (приняв здесь фазу последней четверти 31 марта и наблюдаясь низко над горизонтом на утреннем небе), и закончит свой путь по мартовскому небу при фазе 0,47.

Большие планеты Солнечной системы. Меркурий перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Козерога до 3 марта, переходя затем в созвездие Водолея, где задержится до 19 марта, перейдя затем в созвездие Рыб. Утренняя видимость Меркурия закончилась, а на вечернем небе планета появится к концу месяца (после верхнего соединения с Солнцем 24 марта). Найти его можно будет на фоне вечерней зари у западного горизонта в виде достаточно яркой звезды с блеском -1,5m. В телескоп в период видимости можно будет наблюдать крохотный диск, видимые размеры которого составляют около 5", а фаза немногим отличается от 1. Лучший период вечерней видимости наступит уже в апреле, когда продолжительность видимости быстрой планеты превысит 1 час.

Венера движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Козерога до 10 марта, переходя затем в созвездие Козерога. Утренняя видимость планеты закончилась, но ее еще можно наблюдать на дневном небе. Угловое удаление к западу от Солнца за месяц уменьшится от 25 до 18 градусов. Видимый диаметр Венеры составляет около 11", а фаза приближается к 1 при блеске около -3,9m. В телескоп можно наблюдать белый диск без деталей. Образования на поверхности Венеры (в облачном покрове) можно запечатлеть, применяя различные светофильтры.

Марс перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Весов, 13 марта переходя в созвездие Скорпиона. Планета наблюдается около 6 часов на ночном и утреннем небе над восточным и южным горизонтом. Блеск планеты возрастает от +0,2m до -0,5m, а видимый диаметр увеличивается от 8,2" до 11,7". В телескоп виден диск, детали на котором визуально можно обнаружить в инструмент с диаметром объектива от 60 мм, и, кроме этого, фотографическим способом с последующей обработкой на компьютере. С марта начинается наиболее благоприятный период видимости Марса.

Юпитер перемещается попятно по созвездию Льва (близ звезды сигма Льва с блеском 4m, проходя в 13 угловых минутах южнее ее 3 марта). Газовый гигант наблюдается всю ночь. Наступает самый благоприятный период видимости Юпитера. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной

системы увеличивается к противостоянию от 44,3" до 44,5", а затем уменьшается до 43,7" при блеске около -2,4m. Диск планеты различим даже в бинокль, а в небольшой телескоп на поверхности хорошо видны полосы и другие детали. Четыре больших спутника видны уже в бинокль, а в телескоп можно наблюдать тени от спутников на диске планеты. Сведения о конфигурациях спутников - в данном КН.

Сатурн перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Змееносца, 25 марта меняя движение на попятное. Наблюдать окольцованную планету можно на утреннем небе у восточного горизонта с продолжительностью видимости более трех часов. Блеск планеты придерживается значения +0,4m при видимом диаметре, возрастающем от 16,5" до 17,5". В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также некоторые другие наиболее яркие спутники. Видимые размеры кольца планеты составляют в среднем 40x16" при наклоне к наблюдателю 26 градусов.

Уран (6,0m, 3,4") перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Рыб (близ звезды эпсилон Psc с блеском 4,2m). Планета наблюдается по вечерам, уменьшая продолжительность видимости от 6 до 3 часов (в средних широтах). Уран, вращающийся «на боку», легко обнаруживается при помощи бинокля и поисковых карт, а разглядеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планету можно увидеть в периоды новолуний на темном чистом небе, но такая возможность представится уже в следующий период видимости (осенью и зимой). Спутники Урана имеют блеск слабее 13m.

Нептун (8,0m, 2,3") движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Водолея между звездами лямбда Aqr (3,7m) и сигма Aqr (4,8m). Планета закончила вечернюю видимость и теперь появится на утреннем небе только в апреле. В период видимости для его поисков понадобится бинокль и звездные карты в [КН на март](#) или [Астрономическом календаре на 2016 год](#), а диск различим в телескоп от 100 мм в диаметре с увеличением более 100 крат (при прозрачном небе). Фотографическим путем Нептун можно запечатлеть самым простым фотоаппаратом (даже неподвижным) с выдержкой снимка 10 секунд и более. Спутники Нептуна имеют блеск слабее 13m.

Из комет, видимых в марте с территории нашей страны, расчетный блеск около 10m и ярче будут иметь, по крайней мере, три кометы: Catalina (C/2013 US10), PANSTARRS (C/2013 X1) и PANSTARRS (C/2014 S2). Самая наблюдаемая комета Catalina (C/2013 US10) опускается к югу по созвездию Жирафа, в середине месяца переходя в созвез-

дие Персея. Блеск кометы постепенно снижается от 8m в начале марта. PANSTARRS (C/2013 X1) движется к югу по созвездию Рыб, постепенно увеличивая блеск (ярче 8m). Небесная странница PANSTARRS (C/2014 S2) перемещается по созвездиям Малой Медведицы, Дракона и Большой Медведицы, сохраняя блеск на уровне 10m. Подробные сведения о других кометах месяца (с картами и прогнозами блеска) имеются на <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://cometbase.net/>.

Среди астероидов самыми яркими в марте будут Веста (8,5m) и Церера (9,0m). Веста движется по созвездию Рыб, Кита и Овна, а Церера - по созвездию Водолея. Оба астероида видны на вечернем небе. Карты путей этих и других астероидов (комет) даны в приложении к КН (файл mapkn032016.pdf). Сведения о покрытиях звезд астероидами на сайте <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

Из относительно ярких (до 8m фот.) долгопериодических переменных звезд (наблюдаемых с территории России и СНГ) максимума блеска в этом месяце по данным AAVSO достигнут: X CAM (7m) 2 марта, R LEP (6m) 3 марта, S GRU (7m) 5 марта, S CAM (7m) 7 марта, T PAV (7m) 10 марта, R TRI (5,4m) 12 марта, RT SGR (6m) 21 марта, S ORI (7,5m) 24 марта, S VIR (6m) 26 марта, R VUL (7m) 29 марта, U ORI (4,8m) 31 марта. Больше сведений на <http://www.aavso.org/>.

Среди основных метеорных потоков 14 марта в максимуме действия окажутся гамма-Нормиды (ZHR= 6) из созвездия Наугольника. Луна в период максимума этого потока близка к фазе первой четверти. Но поток этот южный со склонением радианта -50 градусов, поэтому наблюдать метеоры из этого потока лучше всего в южных районах страны. Подробнее на <http://www.imo.net>

Другие сведения о явлениях в [АК 2016](#).

Оперативные сведения о небесных телах и явлениях имеются, например, на [Астрофоруме](#) и на форуме [Старлаб](#).

Ясного неба и успешных наблюдений!

Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты видимых путей по небесной сфере имеются в [Календаре наблюдателя № 03 за 2016 год](#).

Александр Козловский,
редактор и издатель журнала «Небосвод»

Ресурс журнала <http://astronet.ru/db/author/11506>

Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

К Д А Р

ОБСЕРВАТОРИЯ

Сделайте шаг к науке
вместе с нами!

АСТРОФЕСТ

Два стрельца

Наедине
с
Космосом

сайт для любителей астрономии и наблюдателей дип-скай объектов...

astro.websib.ru

REALSKY
Астрономический online-журнал

[Помощь](#) | [Соглашение](#) | [На связи](#) | [Карта сайта](#)

ТЕЛЕСКОПЫ - НАША ПРОФЕССИЯ

Звездочет

(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](#)

бв

большая вселенная

AstroКОТ

Планетарий
Кабинет

Новости _____
Софт _____
Приложения _____
Форум _____
Контакты _____

Как оформить подписку на бесплатный астрономический журнал «Небосвод»

Подписку можно оформить в двух вариантах: печатном (принтерном) и электронном. На печатный вариант могут подписаться любители астрономии, у которых нет Интернета (или иной возможности получить журнал) прислав обычное почтовое письмо на адрес редакции: 461675, Россия, Оренбургская область, Северный район, с. Камышлинка, Козловскому Александру Николаевичу

На этот же адрес можно присылать рукописные и отпечатанные на принтере материалы для публикации. Рукописи и печатные материалы не возвращаются, поэтому присылайте копии, если Вам нужен оригинал.

На электронный вариант в формате pdf можно подписаться (запросить все предыдущие номера) по e-mail редакции журнала nebosvod_journal@mail.ru Тема сообщения - «Подписка на журнал «Небосвод».

Все номера можно скачать по ссылкам на 2 стр. обложки



Область звездообразования S106



NASA, ESA, Hubble Legacy Archive
Processing and copyright: Brandon Pimenta

Небосвод 03 - 2016

apod.nasa.gov