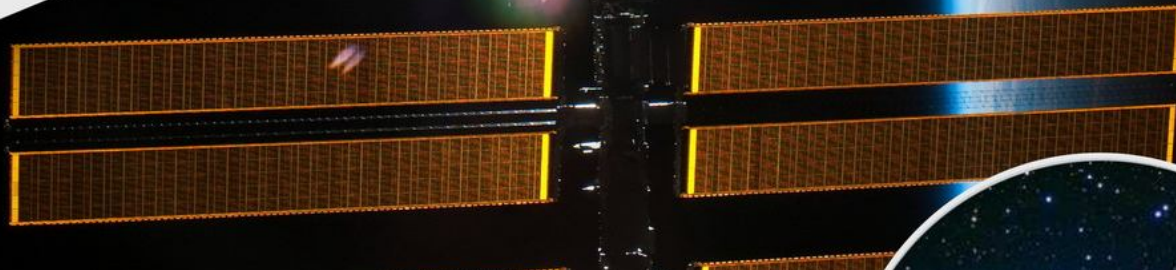


ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

# НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

## Микроскопия

07'20  
ИЮЛЬ

Небесный курьер (новости астрономии) Дневные наблюдения МКС  
Самая ближняя планета Сказочные вещи Небо над нами: июль - 2020

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



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

Астрономический календарь на 2006 год <http://astronet.ru/db/msg/1208871>  
 Астрономический календарь на 2007 год <http://astronet.ru/db/msg/1216757>  
 Астрономический календарь на 2008 год <http://astronet.ru/db/msg/1223333>  
 Астрономический календарь на 2009 год <http://astronet.ru/db/msg/1232691>  
 Астрономический календарь на 2010 год <http://astronet.ru/db/msg/1237912>  
 Астрономический календарь на 2011 год <http://astronet.ru/db/msg/1250439>  
 Астрономический календарь на 2012 год <http://astronet.ru/db/msg/1254282>  
 Астрономический календарь на 2013 год <http://astronet.ru/db/msg/1256315>  
 Астрономический календарь на 2014 год <http://astronet.ru/db/msg/1283238>  
 Астрономический календарь на 2015 год <http://astronet.ru/db/msg/1310876>  
 Астрономический календарь на 2016 год <http://astronet.ru/db/msg/1334887>  
 Астрономический календарь на 2017 год <http://astronet.ru/db/msg/1360173>  
 Астрономический календарь на 2019 год <http://astronet.ru/db/msg/1364103>

**Астрономический календарь на 2020 год** <http://www.astronet.ru/db/msg/1364099>

**Астрономический календарь - справочник** <http://www.astronet.ru/db/msg/1374768>

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

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

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

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

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

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

Астрономические хроники: 2004 год (архив - 10 Мб)

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

Астрономические хроники: 2005 год (архив – 10 Мб)

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

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

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

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

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

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

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

**Календарь наблюдателя – Ваш неизменный спутник в наблюдениях неба!**

КН на июль 2020 года <http://www.astronet.ru/db/news/>



<http://astronet.ru>



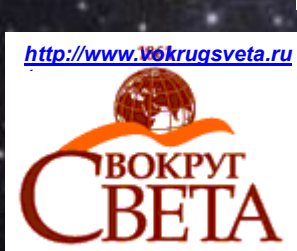
<http://www.nkj.ru/>



**НАУКА И ЖИЗНЬ**



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



<http://www.vokruzsveda.ru>



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>

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



<http://www.astronomy.ru/forum>

## Уважаемые любители астрономии!

Июль - переходный летний месяц для наблюдений звездного неба. Если в июне в средних широтах страны наблюдать туманности и кометы на светлом небе было затруднительно, то в июле (особенно к концу месяца) взору любителей астрономии открывается все больше небесных сокровищ. Иногда среди туманностей можно заметить, образно говоря, сказочные вещи. О таких планетарных туманностях читатели смогут узнать из переводной статьи, которую прислал в редакцию Данил Сидорко. Но в начале месяца, когда для наблюдений туманностей условия наблюдений оставляют желать лучшего, можно заняться дневными астрономическими наблюдениями. Первым объектом для них является, конечно, Солнце. Тем не менее, среди других небесных объектов, которые можно наблюдать днем (Луна, Венера и др.), есть еще один, который весьма привлекателен для наблюдений. Это Международная Космическая Станция (МКС). Статью, рассказывающую о том, как проводить такие наблюдения, прислал в редакцию Александр Репной. Кроме этих интересных статей, редакция журнала сочла возможным опубликовать в журнале материалы по микроскопии. Николай Демин начинает эту рубрику статьей в вопросах и ответах по пользованию микроскопом. Очередную интересную статью прислал Антон Горшков, а также Александр Речкин. Следует отметить, что не смотря на летний период, любители астрономии активизировались и июльский номер получился весьма интересным. Это радует и редакция журнала объявляет конкурс на лучшую статью 2020 года для журнала «Небосвод». Можно присылать любые статьи астрономической тематики и по микроскопии (за исключением, разумеется, альтернативных теории об образовании вселенной и т.п.). Сведения об астрономических явлениях месяца можно узнать из статьи в данном номере журнала «Небо месяца: ИЮЛЬ - 2020», а также из [Календаря наблюдателя на июль](#) и [Астрономического календаря на 2020 год](#).

**Ясного неба и успешных наблюдений!**

*Искренне Ваш Александр Козловский*

## Содержание

- 4 Небесный курьер (новости астрономии)**  
Открытие двух высокобарических соединений воды с кремнеземом проливает свет на геологию суперземель  
*Кирилл Власов*
- 9 Самая ближняя планета**  
*Антон Горшков*
- 11 Микроскопия в вопросах и ответах**  
*Николай Демин*
- 15 120 лет со дня рождения**  
**Яна Оорта**  
*Александр Речкин*
- 19 Сказочные вещи (планетарные туманности)**  
*Данил Сидорко (перевод)*
- 21 Как наблюдать МКС в дневное время?**  
*Александр Репной*
- 24 Небо над нами: ИЮЛЬ - 2020**  
*Александр Козловский*

**Обложка: Войны галактик: M81 и M82**

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

Эти две галактики очень далеки, они находятся в северном созвездии Большой Медведицы на расстоянии 12 миллионов световых лет. Слева – спиральная галактика M81, размер которой превышает 100 тысяч световых лет, ее яркое желтое ядро окружено голубыми спиральными рукавами. Справа – неправильная галактика M82 с красными газовыми и пылевыми облаками. Последний миллиард лет две гигантские галактики ведут гравитационный поединок. Сила притяжения каждой из галактик оказывает мощное воздействие на другую во время близких пролетов, которые происходят каждые сто миллионов лет. При последнем сближении притяжение M82 вызвало волны плотности, распространяющиеся вокруг M81, в результате у M81 возникли такие красивые спиральные рукава. В свою очередь, M81 инициировала в M82 бурное звездообразование и формирование сталкивающихся газовых облаков с такой высокой энергией, что галактика светится в рентгеновских лучах. Через несколько миллиардов лет постоянные гравитационные взаимодействия приведут к слиянию, и останется одна галактика.  
**Авторы и права: Дитмар Хагер, Торстен Гроссман**  
Перевод: Д.Ю. Цветков

## Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

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

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

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

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

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

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

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

Сверстано 22.06.2020

© *Небосвод*, 2020

### Открытие двух высокобарических соединений воды с кремнеземом проливает свет на геологию суперземель

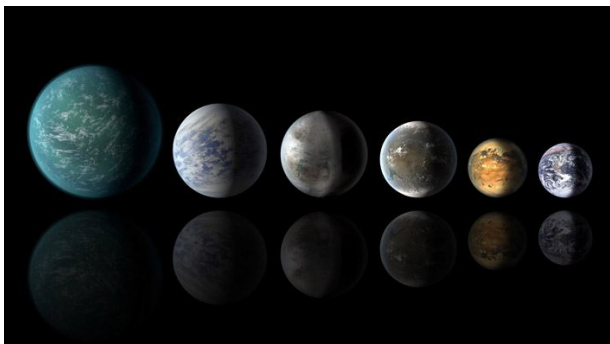


Рис. 1. Художественное представление экзопланет (относящихся к суперземлям), на поверхности которых может существовать вода в жидкой или твердой форме. Справа для сравнения размеров показана Земля. Рисунок с сайта [phys.org](http://phys.org)

Небольшие ледяные гиганты вроде Нептуна и Урана и суперземли, покрытые ледяной или водной оболочкой, — распространенные типы экзопланет. Большинство из них было открыто за последние 7 лет, поэтому экспериментальных данных для описания геологического строения планет этих типов пока мало. Американские ученые изучили модельную систему «H<sub>2</sub>O—SiO<sub>2</sub>» при температуре до 2100 К и давлении до 111 ГПа и установили, что в ней формируются два новых водосодержащих кристаллических соединения. Это означает, что в недрах мининептунов и водных или ледяных суперземель переход между водной или ледяной и каменной оболочками может быть постепенным, а сама граница льдов и силикатов больше напоминает некоторые плавные границы в земной мантии, чем дно земных водоемов. Кремнезем (SiO<sub>2</sub>) также распространен в погружающейся к земному ядру океанической коре и формирование в ней таких водных соединений может быть важным элементом системы транспорта воды в нижнюю мантию.

Сейчас ученым известно о существовании 4266 подтвержденных экзопланет (список постоянно пополняется, актуальную информацию можно найти на сайте [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu)). Большинство из этих очень разнообразных миров было обнаружено в последнее десятилетие благодаря работе космического

телескопа «Кеплер» и крупных наземных обсерваторий. А первая экзопланета, 51 Пегаса b, была обнаружена Мишелем Майором и Дидье Кело в 1995 году по косвенному признаку — изменениям в спектре ее звезды (за это открытие Майор и Кело получили в прошлом году Нобелевскую премию по физике, см. Нобелевская премия по физике — 2019, «Элементы», 10.10.2019).

Дело в том, что за счет притяжения планеты звезда тоже начинает двигаться по небольшой орбите относительно общего центра масс. Определив параметры этой орбиты по доплеровскому сдвигу спектра звезды, можно получить информацию об орбите и размерах планеты. Метод доплеровской спектроскопии по понятным причинам хорошо работает с тяжелыми экзопланетами, которые сильнее притягивают свои звезды (рис. 2). В 2002 году была обнаружена первая планета (горячий юпитер OGLE-TR-56b) с помощью транзитной фотометрии.

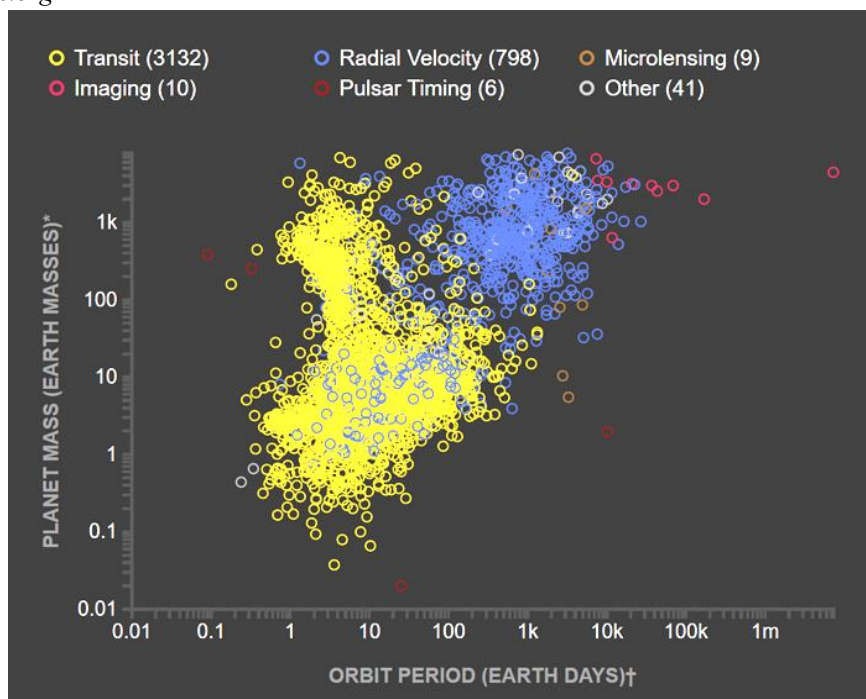


Рис. 2. Экзопланеты, открытые к маю 2020 года. По вертикальной оси — масса экзопланет (в массах Земли), по горизонтальной оси — орбитальный период (в земных сутках). Цветом показан способ открытия: транзитная фотометрия (transit), доплеровская спектроскопия (этот метод также называют методом радиальных скоростей, radial velocity), гравитационное микролинзирование (microlensing), прямое наблюдение (imaging), метод периодических пульсаций (pulsar timing) и другие методы (other). Описываемые в обсуждаемой статье планеты-океаны, мининептуны и ледяные гиганты имеют массы в диапазоне 1–5 земных масс и преимущественно обращаются вокруг своих звезд за 1–100 суток. График с сайта [exoplanets.nasa.gov](http://exoplanets.nasa.gov)

Этот метод основан на том, что во время прохождения (транзита) планета закрывает от наблюдателя часть диска звезды, из-за чего ее светимость немного падает (см. Кривые блеска и экзопланеты). Этот метод отлично подходит для поиска в том числе и землеподобных планет. Телескоп «Кеплер» искал экзопланеты как раз транзитным методом, который на сегодня является самым плодотворным — более 75% всех экзопланет открыты именно с его помощью. Подробнее об этих и других методах поиска экзопланет можно прочитать в статье В. Сурдина Планеты иных звезд.

Одна из главных особенностей Земли — океаны жидкой воды, поэтому интерес к экзопланетам, на поверхности или в атмосфере которых есть вода, вполне объясним. Сама по себе вода — очень распространенное соединение в нашей Галактике. Даже в Солнечной системе жидкая вода есть на Земле, Энцеладе и, возможно, Европе и Марсе. А Нептун, Уран, Плутон и многие объекты пояса Койпера обладают толстыми оболочками, в составе которых много водяного льда. Исходя из этого вполне логично ожидать, что экзопланеты с водой в жидком или твердом состоянии довольно широко распространены.

Современные методы поиска, помимо собственно открытия новых экзопланет, дают довольно много информации и об их характеристиках. Так, сочетание методов транзитной фотометрии и доплеровской спектроскопии позволяет оценивать массу и размер экзопланет. По этим данным на основе существующих представлений о том, как и из чего формируются планеты, можно предположить, к какому типу относится экзопланета (грубо говоря, можно просто смоделировать, какой радиус будет у планеты с данным составом и массой, а потом сравнить результаты моделирования с наблюдательными данными).

Есть несколько подходов к классификации экзопланет (см., например, List of planet types и Periodic table of exoplanets), но подробное их обсуждение заведет нас слишком далеко. С точки зрения наличия воды (или льда) и потенциальной пригодности для жизни наибольший интерес представляют планеты, которые либо близки по своим параметрам к Земле, либо не сильно ее превосходят по массе и/или размерам. Но такие планеты по астрономическим меркам очень маленькие и пока что их открыто довольно мало — на сегодня они составляют около 4% от общего числа известных экзопланет. Строение Земли и других планет земной группы в Солнечной системе ученые более-менее себе представляют, и эти знания можно

в той или иной мере распространить на похожие экзопланеты. Но даже про планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун) известно не так уж много. Получается, что об остальных 96% экзопланет — об их строении и о геологических процессах в недрах — ученые знают совсем мало.

Около трети из найденных экзопланет приходится на так называемые суперземли — планеты с массами в диапазоне от 1 до ~10 масс Земли (эти границы до некоторой степени условны и могут отличаться в разных источниках, здесь приведен самый широкий диапазон). Для представителей этого обширного класса экзопланет в Солнечной системе даже нет аналогов: у следующего по «тяжести» после Земли Урана масса составляет ~14,5 земных. Значимую долю среди суперземель составляют мининептуны — планеты с радиусом от полутора до трех земных, плотность которых указывает на то, что в их составе должно быть много воды или льда (в виде океанов или ледяных корок). Достоверная регистрация наличия воды на далеких планетах — это очень сложная задача и, можно сказать, фронтир современной астрономии: необходимо получать высокоточные спектры излучения от планет в условиях сильной «засветки» от родительских звезд.

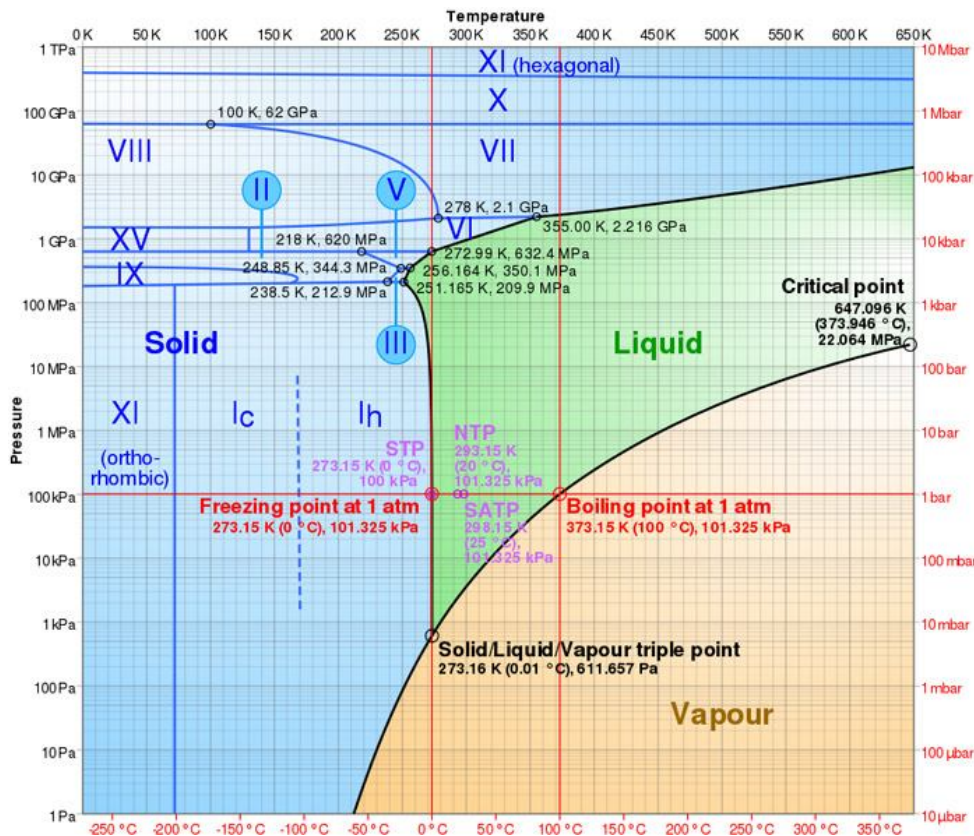


Рис. 3. Фазовая диаграмма воды, показывающая при каких условиях (давлении и температуре) в каком состоянии может существовать вода: зеленая область — жидкость, оранжевая — газ, синяя — твердое состояние. Римскими цифрами указаны различные кристаллические модификации льда. Рисунок с сайта en.wikipedia.org

Первая статья с таким результатом — в ней описана регистрация водяного пара в атмосфере мининептуна K2-18 b, находящегося на расстоянии 111 св. лет от нас, — была опубликована только в

конце 2019 года (B. Benneke et al., 2019. Water Vapor and Clouds on the Habitable-zone Sub-Neptune Exoplanet K2-18b, см. также статью Б. Штерна K2-18 b: вода — вероятно, жизнь — едва ли).

Но пока нет наблюдательных данных, можно попробовать смоделировать условия в недрах мининептунов в лаборатории. И такие исследования ведутся разными научными группами.

Мантия и кора Земли, подобно каменным ядрам более крупных планет, состоят в основном из силикатов — минералов, в составе которых много кремния и кислорода. Типичными представителями силикатов являются соединения с формулами  $(Mg,Fe)_2SiO_4$  (например, оливины и рингвудит),  $(Mg,Fe)_2Si_2O_6$  (например, пироксены и бриджманит), из которых и состоит большая часть земной мантии. Но на более крупных планетах, в том числе и на мининептунах, целые геологические оболочки должны быть сложены минералами, которые не встречаются на Земле или встречаются крайне редко. И одним из таких минералов, как бы необычно это не звучало, является водяной лед.

Правда, это не совсем тот лед, к которому мы привыкли. На таких планетах лед существует при очень высоких давлениях, а в льдах высокого давления молекулы воды расположены иначе, чем в том, который мы видим зимой на речке. Лед это молекулярный кристалл — его структура образована упорядоченно расположенными молекулами  $H_2O$ , и в зависимости от температуры и давления водяной лед имеет разную кристаллическую структуру. Виды льда обозначают римскими цифрами, рис. 3). Так, наш самый обычный лед называется  $I_h$  — индекс подчеркивает, что этот лед относится к гексагональной сингонии (это свойство проявляется в том, что снежинка имеет шесть лучей). А вот лед VI, образующийся при комнатной температуре и давлении чуть выше 1 ГПа относится уже к тетрагональной сингонии (а снежинка при таких условиях будет иметь уже четыре луча). Лед VII с кубической структурой, обнаруженный во включении в мантийном алмазе (O. Tschauner et al., 2018. Ice-VII inclusions in diamonds: Evidence for aqueous fluid in Earth's deep mantle), образуется при давлении ~2,2 ГПа и является важным компонентом строения геологических слоев на ледяных гигантах и суперземлях, покрытых глубокими океанами.

Такие льды — очень необычные химические соединения. Они обладают абсолютно другими химическими и физическими свойствами по сравнению с привычным нам льдом I. Это означает, что кристалл льда и кристалл «обычных» силикатных пород — это очень разные кристаллы, и если они сосуществуют на большой глубине (при высоких температуре и давлении), то для реакции между ними и возникновения чего-то «среднего» нет очевидных предпосылок. Наиболее важным следствием этого будет характер границы между ледяным слоем и каменным ядром планеты: она может быть двух типов — резкой (если между льдом и силикатами не происходит химических реакций) или размытой (если лед и порода все же реагируют с

образованием новых соединений, из которых будет состоять промежуточный слой).

На поверхности Земли силикаты, содержащие воду достаточно обычны. Так, при реакции оливина базальтов океанического дна с водой получаются минералы группы серпентина — например, красивый минерал лизардит  $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$ . При больших давлениях в реакции силикатов магния и железа с водой получаются различные плотные водосодержащие магнезиальные фазы (DHMS — Dense Hydrated Magnesium Silicates), про которые можно почитать в статье The stability of dense hydrated magnesium silicates in Earth's transition zone and lower mantle. Но эти соединения изучались только до параметров давлений и температур, соответствующих земной нижней мантии, а их синтез производился при ограниченном количестве доступной воды, ведь целью было смоделировать процессы, аналогичные происходящим в недрах именно нашей планеты.

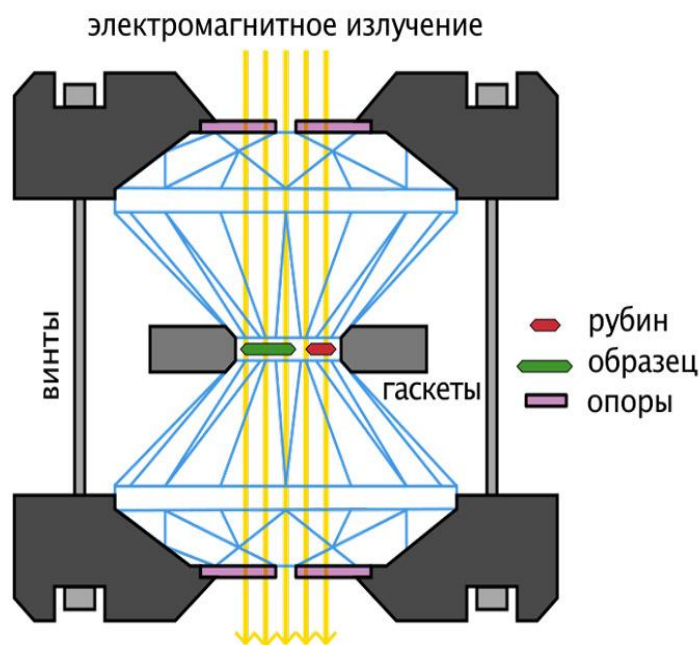


Рис. 4. Схема ячейки с алмазными наковальнями. Материал для синтеза соединений помещается в дырочку в центре рениевой пластинки (серая), затем давление увеличивается за счет равномерного закручивания винтов. Рубин служит для мониторинга давления: при его повышении кристаллическая структура рубина упруго деформируется, степень деформации можно отследить по сдвигу одного из пиков на спектре комбинационного рассеяния, а по этим данным можно рассчитать давление в ячейке. Отверстия в алмазах сверху и снизу позволяют рентгеновскому излучению проходить через изучаемый образец. Рисунок с сайта [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

Данных же для описания геологии более крупных (чем Земля) планет было крайне мало. Во многом этот «пробел» вызван скоростью их открытия: о более чем 80% из них мы узнали всего лишь за последние 7 лет. Даже самые простые, модельные, системы вроде « $SiO_2-H_2O$ » при давлениях выше десятка гигапаскалей не были изучены.

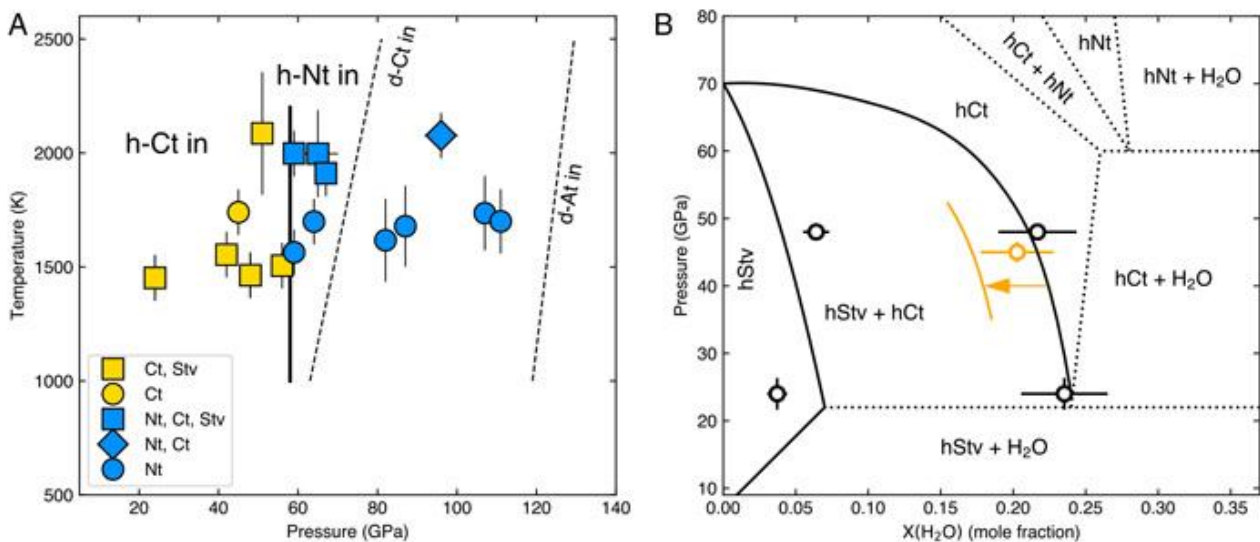


Рис. 5. А — результаты экспериментов, нанесенные на диаграмму «давление—температура». Желтым цветом показаны составы, в которых отмечена фаза *St* (структурный тип  $\text{CaCl}_2$ ), синим — фаза *Nt* (структурный тип никелина). Черной вертикальной линией обозначена граница появления фазы *Nt*, пунктирами — границы соединений в безводной системе. В — предполагаемая фазовая диаграмма для системы  $\text{SiO}_2\text{—H}_2\text{O}$  при температурах 1400–1500 К. По вертикальной оси — давление, по горизонтальной — молярная доля  $\text{H}_2\text{O}$  в соединении. *Stv* — стишовит. Графики из обсуждаемой статьи в PNAS

Дело в том, что кристалл  $\text{SiO}_2$  состоит только из соединенных вершинами кремнекислородных тетраэдров (элементов  $\text{SiO}_4$ , имеющих форму трехгранной пирамиды), которые являются базовым строительным блоком для всех остальных силикатов.

Поэтому то, что будет происходить с кристаллической структурой  $\text{SiO}_2$  при повышении давления и температуры, может быть экстраполировано на потенциальные природные Mg—Fe силикаты, изучать которые сложнее. По некоторым данным при ~10 ГПа в структуру высокобарной модификации диоксида кремния стишовита может входить до 3,2%  $\text{H}_2\text{O}$ , но больше ничего известно толком и не было.

Наконец недавно в журнале PNAS была опубликована статья группы американских ученых из университетов Чикаго и Аризоны, в которой взаимодействие между льдом и кремнеземом было изучено до температуры 2100 К и давления 111 ГПа.

Оказалось, что  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{SiO}_2$  реагируют при этих давлениях и температурах с образованием двух новых кристаллических соединений. Эксперименты проводились в ячейках с алмазными наковальнями (рис. 4), а структура кристаллов определялась методом рентгеновской дифракции. Диапазон давлений и температур был выбран не случайно: именно при таких условиях должны граничить льды и силикаты на мининептунах и небольших ледяных гигантах.

Ячейки с алмазными наковальнями — популярный метод исследования вещества при высоких давлениях и температурах. Изучаемый образец или исходные вещества для его синтеза помещаются между плоских головок двух алмазов, закрепленных на металлических половинках ячейки. Чем меньше головок алмазов и, соответственно, изучаемый образец — тем большее давление можно создать, вручную затянув винты, стягивающие половинки вместе.

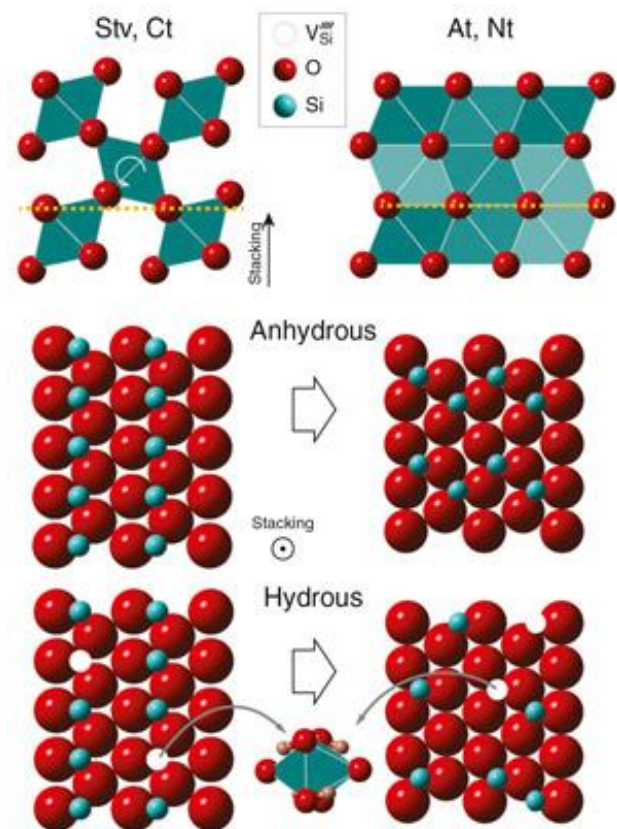


Рис. 6. Кристаллические структуры полученных в обсуждаемой работе веществ. *Stv* — стишовит, *Ct* —  $\text{CaCl}_2$ , *At* —  $\alpha\text{-PbO}_2$ , *Nt* — никелин. Красным показаны атомы кислорода, зеленым — атомы кремния, розовым — атомы водорода. Белым обозначены вакансии в позиции кремния (отсутствие атома на своем месте в структуре). Рисунок из обсуждаемой статьи в PNAS

В обсуждаемом исследовании в качестве исходного материала в ячейку помещались гидрогель (hydrogel) кремнезема, кварцевое стекло или стишовит (в зависимости от опыта).

После загрузки исходных веществ и набора давления, ячейка устанавливалась на линии американского синхротрона APS, так как для определения кристаллических структур таких небольших сильно нагретых образцов требуется мощный источник рентгеновского излучения. Нагрев более чем до двух тысяч кельвинов осуществлялся с помощью лазера. В таких системах температуру рассчитывают по интенсивности теплового излучения, чем обусловлены большие погрешности (как, например, на рис. 5, А).

В результате после расшифровки данных оказалось, что при повышении температуры и давления появляется два новых водосодержащих химических соединения. При меньших давлениях возникает кристаллическая структура типа  $\text{CaCl}_2$ , а при больших — типа никелина (рис. 5, 6).

### Вернемся теперь к планетам.

Дно земных океанов — это отчетливая граница между водой и каменной породой, покрытой слоем осадков. В самой глубокой точке — на дне Марианской впадины — давление составляет ~108,6 МПа. Но на водных суперземлях и мининептунах толщина водяного покрова может достигать сотен километров, а давление на таких глубинах будет измеряться уже многими ГПа. При давлении 1 ГПа вода превращается в лед уже при комнатной температуре. Поэтому с определенных глубин (в зависимости от солености и температуры) на мининептунах жидкая вода должна превращаться в лед, с которым и будут граничить горные породы. На более крупных и/или холодных планетах, вроде Урана и Нептуна, эта граница тоже существует, но только без жидкого океана — атмосфера на них граничит непосредственно с ледяным слоем, а он — с каменным ядром.

Открытие двух новых высокобарических соединений воды и кремнезема позволяет по-новому построить модели границы «порода—лед» для мининептунов. Традиционно предполагается, что слои льда и горных пород если и смешиваются, то только механически, вроде того, что мы видим на Земле в зонах многолетней мерзлоты. Поведение льда и горных пород там можно описать такой аналогией: если насыпать в стакан слоями небольшие синие и красные пластиковые шарики, то на границе слоев они немножко перемешаются, но цвета слоев от этого не изменятся — они по-прежнему останутся красными и синими (иными словами, сильного перемешивания или чего-то вроде диффузии не происходит).

Но если теперь учесть соединения, обозначенные в обсуждаемой статье как h-Ct и h-Nt, и предположить, что существуют их магниезиальные и железистые аналоги (что более чем вероятно), то

получится, что для некоторых планет граница ледяной и каменной оболочек может быть размытой и постепенной: между чистым льдом и «сухой» силикатной породой будет существовать достаточно толстый промежуток водосодержащих силикатов. Продолжая аналогию, можно сказать, что в таком стакане с шариками картина будет совсем иная: между красным и синим слоем возникнет слой фиолетовых шариков двух сортов — светло-фиолетовые наверху (h-Ct) и темно-фиолетовые внизу (h-Nt).

Так, для экзопланеты TRAPPIST-1 с предполагается, что такая граница существует при давлении в 25 ГПа, а для TRAPPIST-1 f — при 120 ГПа, что как раз соответствует диапазону параметров, при которых производился синтез в обсуждаемом исследовании.

Получившиеся результаты не являются чем-то совсем уж невероятным. При повышении давлений вода (а точнее — водород, протоны) отлично входит в структуры земных минералов в системе Mg-Fe-Si-O, что и отмечают авторы в самом начале статьи. Но до недавних пор (до открытия экзопланет и прогресса в изучении Урана и Нептуна) большое и сложное исследование системы Si-O-H при внеземных параметрах было трудно оправдать. Также нужно подчеркнуть, что чистый  $\text{SiO}_2$  совершенно точно отсутствует на границе «порода—лед» на обсуждаемых экзопланетах. Получившиеся соединения и процессы являются не более чем иллюстрацией того, что может происходить в недрах мининептунов. Но точные ингредиенты этих процессов нам пока еще предстоит установить. Вместе с тем, полученные данные имеют и прямое геохимическое применение: чистый кремнезем является достаточно распространенным соединением в погружающейся в земную мантию океанической коре, которая, по сейсмическим данным, в конце концов достигает границы между ядром и мантией, где давление превышает 130 ГПа. Так как в таких фрагментах коры достаточно много воды, изученные водные соединения h-Ct и h-Nt могут быть важным элементом системы транспорта воды в нижнюю мантию. Авторы об этом скромно заявляют лишь в самом конце статьи, ведь спекуляции об экзопланетах привлекают гораздо больше внимания.

**Источник:** Carole Nisr, Huawei Chen, Kurt Leinenweber, Andrew Chizmeshya, Vitali B. Prakapenka, Clemens Prescher, Sergey N. Tkachev, Yue Meng, Zhenxian Liu, and Sang-Heon Shim. Large H<sub>2</sub>O solubility in dense silica and its implications for the interiors of water-rich planets // PNAS. 2020. DOI: 10.1073/pnas.1917448117.

**Кирилл Власов**

[https://elementy.ru/novosti\\_nauki/t/5272051/Kirill\\_Vlasov](https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5272051/Kirill_Vlasov)



# Самая ближняя планета

Недавно в сети можно было натолкнуться на заголовки о том, какая же все-таки планета является более близкой к Земле. Новостные блоги ссылались на статью в *Physics Today*, авторы которой неким образом рассчитали, что Меркурий, оказывается, ближе к Земле, чем Венера. Многие, наверное, посчитают эту идею абсурдной, т.к. известно, что орбита Венеры расположена ближе к земной. Венера в момент своего нижнего соединения может подходить к нашей планете на наименьшее по сравнению с другими планетами расстояние, составляющее около 40 млн. км. Никакая другая планета не сближается так сильно с Землей, как Венера. При этом авторы статьи не ограничились выводом о близости Меркурия к Земле, а показали, что Меркурий является ближайшим небесным телом и к остальным шести планетам Солнечной системы.

Вся суть оказывается в подходе к вопросу о том, что ближе. Все мы привыкли считать, что для той или иной планеты ближайшей к ней будет та другая планета, радиус орбиты которой меньше всего отличается от радиуса орбиты первой. В таком «классическом» понимании, действительно, ближайшей к Земле будет Венера, ближайшей к Марсу – Земля и т.д. Но не следует забывать, что планеты находятся в постоянном движении, и та же Венера проводит определенное время в таких положениях относительно Земли, когда эти две планеты разделяет расстояние, большее, чем даже максимально возможное удаление Меркурия от нашей планеты. В итоге усредненное по времени расстояние Венеры до Земли оказывается большим «среднего» расстояния от Меркурия до нашей планеты. Данный факт, кстати, уже довольно давно известен астрономам, и поэтому результаты авторов статьи не являются каким-то большим открытием.

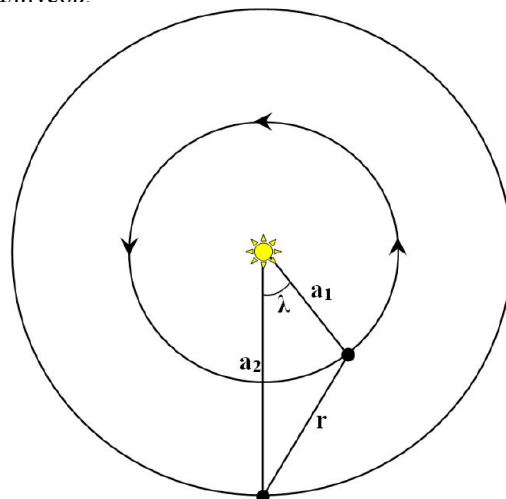
Рассмотрим теперь, как можно провести подобные вычисления. Правда, наши расчеты будут носить более приближенный характер, чем в моделях авторов статьи в *Physics Today*, но на окончательный результат это особенным образом никак не повлияет. Зато, при желании, многие смогут самостоятельно сделать подобные вычисления и удостовериться в вышеозвученных выводах.

Итак, для начала можно принять, что орбиты всех восьми планет Солнечной системы являются круговыми и компланарными (т.е. лежащими в одной плоскости). Природа так удивительно и гармонично создала и «обустроила» нашу планетную систему, что эти предположения очень близки к реальной действительности, и это сильно упрощает многие расчеты.

Вычисления проводятся для каждой пары планет, а все их взаимные перемещения удобнее рассматривать в синодической системе координат, когда одна из планет считается неподвижной, а другая продолжает обращаться по своей орбите, но уже не со своей действительной угловой скоростью, а с угловой скоростью, равной разности реальных угловых скоростей этих планет. Усреднение расстояний между планетами, таким образом, логично осуществлять на временном интервале, равном их синодическому периоду.

Далее у нас пойдет немного математики, а кто не особенно любит возиться с формулами, могут смело пропустить этот раздел. Итак, если некоторая рассматриваемая величина принимает ряд дискретных значений, то когда нам требуется найти

среднее арифметическое этой величины, мы просто складываем весь ряд ее значений и делим на их количество. В нашем случае расстояние между какой-либо парой планет не является дискретной величиной, оно плавно изменяется в некотором интервале, принимая внутри него все возможные значения. Иными словами, расстояние между планетами является непрерывной величиной. Нижней границей этого интервала является модуль разности радиусов орбит планет, а верхней – сумма этих радиусов.



В математике, если некоторая функция  $f(x)$  непрерывна на отрезке  $[a;b]$ , то для того, чтобы найти ее среднее арифметическое значение на этом сегменте, данная функция интегрируется на  $[a;b]$ , а полученное значение делится на величину этого отрезка. Таким образом, среднее арифметическое значение функции на сегменте  $[a;b]$  определяется выражением:

$$f_{cp} = \frac{\int_a^b f(x) dx}{b - a}$$

В нашем случае расстояние  $r$  между планетами, как уже отмечалось, усредняется на временном отрезке, равном синодическому периоду  $S$  этих планет, т.е. вычисляется среднее хронологическое значение  $r$ :

$$r_{cp} = \frac{\int_0^S r dt}{S}$$

В этом выражении переменной интегрирования является время  $t$ . Однако удобнее будет перейти к угловой переменной  $\lambda$ , которая, как это видно из рисунка выше, представляет собой разность гелиоцентрических долгот двух рассматриваемых планет. В предположении круговых компланарных орбит планет, скорость изменения угла  $\lambda$ , очевидно, является постоянной величиной и равна:

$$\frac{d\lambda}{dt} = \frac{2\pi}{S}$$

С учетом этого, выражение для среднего расстояния между планетами будет иметь вид:

$$r_{cp} = \frac{\int_0^{2\pi} r d\lambda}{2\pi}$$

Стоит обратить внимание, что здесь соответствующим образом изменились и пределы интегрирования.

Расстояние  $r$  между планетами в произвольный момент времени определяется из теоремы

косинусов, в связи с чем предыдущее равенство примет вид:

$$r_{cp} = \frac{\int_0^{2\pi} \sqrt{a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 \cdot \cos\lambda} d\lambda}{2\pi}$$

Сразу отметим, что интеграл в полученном равенстве не выражается в элементарных функциях, и здесь приходится прибегать к такому достаточно сложному понятию математики, как эллиптический интеграл второго рода. Поэтому в подобных случаях иногда проще бывает провести приближенное численное интегрирование. Для этого в предыдущем выражении перейдем от интеграла к интегральным суммам:

$$r_{cp} = \frac{\lim_{\Delta\lambda \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n (a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 \cdot \cos\lambda_i) \Delta\lambda}{2\pi}$$

Здесь у нас орбита планеты (которую в синодической системе координат мы принимаем за движущуюся) разбивается на бесконечно большое число равных секторов. Центральный угол  $\Delta\lambda$  каждого такого сектора, соответственно, стремится к нулю. Если теперь уйти от предела, то получим выражение для приближенного значения среднего значения расстояния между планетами:

$$r_{cp} \approx \frac{\sum_{i=1}^n (a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 \cdot \cos\lambda_i) \Delta\lambda}{2\pi}$$

Число разбиений  $n$  и центральный угол  $\Delta\lambda$  секторов, очевидно связаны простым соотношением:

$$n = \frac{2\pi}{\Delta\lambda}$$

Учитывая это, получаем итоговое выражение, которым и будем пользоваться в дальнейших вычислениях:

$$r_{cp} \approx \frac{\sum_{i=1}^n (a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 \cdot \cos\lambda_i)}{n}$$

Несложно заметить, что к такому выражению можно было прийти гораздо проще и быстрее, но вышеизложенным рядом преобразований мы показали, что оно по своей сути эквивалентно среднему хронологическому значению (т.е. усредненному по времени) расстояния между планетами.

Как теперь будем проводить расчеты? Для начала необходимо установить некоторый шаг  $\Delta\lambda$  (или количество разбиений  $n$ ) численного интегрирования. После этого по теореме косинусов вычисляются расстояния между планетами

$$r_0, r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n$$

для соответствующих углов

$$\lambda_0 = 0, \lambda_1 = \Delta\lambda, \lambda_2 = 2\Delta\lambda, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_n = n\Delta\lambda$$

Каждому из этих углов соответствуют положения

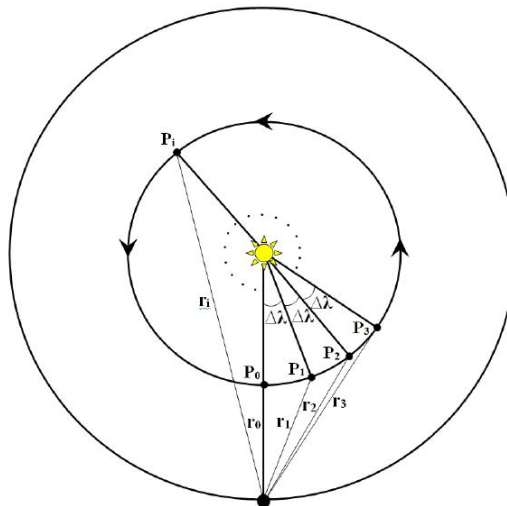
$$P_0, P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$$

той планеты, которую мы приняли за движущуюся в синодической системе координат.

Когда для данного разбиения просчитан весь ряд расстояний, этот ряд суммируется, а получившаяся сумма делится на количество разбиений  $n$ . Очевидно, что чем большее количество разбиений при осуществлении численного интегрирования мы делаем, тем более точный результат получаем.

Разумеется, проводить такие расчеты вручную – очень долгое и утомительное занятие, особенно при большом количестве разбиений. Но сейчас практически у каждого любителя астрономии имеется компьютер, который позволит очень быстро произвести все эти расчеты. Для этого можно написать небольшую программу и загрузить в нее все необходимые данные: радиусы орбит для пары рассматриваемых планет, а также количество разбиений (или шаг) численного интегрирования. Кто не владеет программированием, может

поступить еще проще и, например, выполнить эти расчеты в табличном редакторе Excel.



Для примера установим шаг интегрирования в 1/6 градуса, т.е. в 10 угловых минут, после чего программа сделает соответствующие вычисления. Получившиеся усредненные расстояния между планетами (выраженные в астрономических единицах) удобнее всего представить в виде специальной матрицы (таблицы) наподобие той, что была представлена в Physics Today.

	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Меркурий		0,776	1,038	1,548	5,211	9,541	19,193	30,070
Венера	0,776		1,136	1,611	5,229	9,551	19,198	30,073
Земля	1,038	1,136		1,693	5,252	9,563	19,204	30,077
Марс	1,548	1,611	1,693		5,316	9,598	19,222	30,088
Юпитер	5,211	5,229	5,252	5,316		10,261	19,546	30,294
Сатурн	9,541	9,551	9,563	9,598	10,261		20,396	30,830
Уран	19,193	19,198	19,204	19,222	19,546	20,396		33,219
Нептун	30,070	30,073	30,077	30,088	30,294	30,830	33,219	

Как видим, Меркурий в среднем, действительно, ближе не только к Земле, но и к другим шести планетам Солнечной системы. Если теперь сравнить эти цифры с размерами орбит планет, то можно также заметить, что среднее расстояние Меркурия до любой планеты чуть больше радиуса орбиты последней. Это связано с тем, что радиус меркурианской орбиты относительно невелик. Таким образом, если мы будем мысленно непрерывно уменьшать орбиту некоей гипотетической планеты, то ее среднее расстояние до любой другой планеты будет стремиться к радиусу орбиты этой второй планеты. Следуя этой логике, нетрудно догадаться, что в среднем более близким к любой планете будет даже не Меркурий, а небесное тело, про которое мы совсем забыли упомянуть. Это наше Солнце. Оно занимает центральное место в нашей планетной системе, а его условный «радиус орбиты» в этой системе равен нулю. При этом очевидно, что среднее расстояние от Солнца до какой-либо планеты будет просто равно радиусу орбиты этой планеты.

### Горшков Антон,

заведующий обсерваторией Костромского планетария // сотрудник международной астрономической обсерватории «Иск Терскол» // младший научный сотрудник ИНАСАН  
Специально для журнала «Небосвод»

## Микроскопия в вопросах и ответах

*Уважаемые читатели, данная статья является первой в новой экспериментальной рубрике журнала, посвящённой исследованию микромира. Эта тематика не относится непосредственно к астрономии, но исторически сложилось так, что многие любители астрономии одновременно являются и любителями – натуралистами, поэтому мы решили немного осветить эту тематику. Очень надеемся, что новая рубрика придётся вам по душе. С уважением, Редакция журнала «Небосвод».*

**Требуется ли за микроскопом какой-то особый уход?**

Особого ухода за оптическими микроскопами не требуется, но некоторые правила обращения с этими оптическими инструментами соблюдать всё же желательно.

- Не касайтесь пальцами линз, зеркал и других оптических поверхностей микроскопа. Это может привести к их загрязнению.



- После работы с иммерсионным маслом всегда удаляйте его с фронтальной линзы объектива. Сделать это можно специальными салфетками для протирки оптики или просто хорошо выстиранной белой полотняной тряпочкой.
- Не проводите самостоятельных действий по ремонту: не разбирайте объективы и окуляры, механические узлы микроскопа. Неквалифицированное вмешательство может привести прибор к непригодности для наблюдений!
- Не протирайте оптику микроскопа бытовой химией, это приведёт к деградации просветляющих покрытий и ухудшению качества изображения.
- Не подвергайте микроскоп механическим воздействиям, избегайте ударов и падений.
- По мере необходимости, для удаления пыли, протирайте микроскоп мягкой тканью.

При соблюдении этих нехитрых правил, Вы можете быть уверены, что Ваш микроскоп исправно прослужит не один десяток лет и откроет множество тайн микромира.

#### ***Как можно вычислить увеличение, даваемое микроскопом?***

Для того, чтобы узнать увеличение микроскопа, необходимо увеличение его объектива перемножить на увеличение применяемого окуляра. Вышеуказанные данные, как правило, указываются на самих окулярах и объективах.

Например, если объектив даёт увеличение 40х, а окуляр – 10х, то увеличение всей системы будет равно  $40 \times 10 = 400$  крат.

Однако, следует понимать, что разные комбинации, дающие одно и то же увеличение, отнюдь не равнозначны. Так, например, комбинации 40х объектив / 10х окуляр и 20х объектив / 20х окуляр хоть и дадут обе 400х увеличение, но по качеству получаемого изображения будут неравноценны. Из-за того, что изображение строится объективом, то именно его увеличение и его числовая апертура играют решающую роль, и чем они выше, тем качественнее получаемое изображение. Роль окуляра в этом процессе вторична и сводится к увеличению картинки, уже построенной объективом.

#### ***Что такое полезное и бесполезное увеличение микроскопа?***

Из-за волновой природы света любой микроскоп имеет предел полезного увеличения, численно равный апертуре объектива, умноженной на 1000. Превышение полученного значения только ухудшит качество изображения, такие увеличения называют бесполезными.

Пределы полезного увеличения для наиболее распространённых объективов:

4 / 0.10 – 100х  
10 / 0.25 – 250х

20 / 0.40 – 400х  
40 / 0.65 – 650х  
60 / 0.85 – 850х  
100 / 1.25 OIL – 1250х

#### ***Почему в продаже нет микроскопов с увеличением более 2000х? Я готов заплатить за такой микроскоп приличную сумму денег.***

Дело не в цене, а в ограничениях, накладываемых законами физики. В оптический микроскоп невозможно рассмотреть детали, линейные размеры которых уступают порядку длин волн видимого света, поэтому изготовление и использование оптических микроскопов со сверхбольшими увеличениями лишено всякого смысла.

#### ***Что такое иммерсия и для чего она используется?***

Иммерсия – это один из методов микроскопирования, технически заключающийся в введении иммерсионной жидкости (воды или иммерсионного масла) в зазор между покровным стеклом изучаемого микропрепарата и фронтальной линзой объектива. Соответственно, выделают водную и масляную иммерсию, последняя в современной микроскопии распространена наиболее широко.

Необходимость в применении метода иммерсии возникает тогда, когда мы хотим использовать объективы с числовой апертурой, превышающей 0,95...1,00. В физические причины этого требования мы подробно вдаваться не будем, отметив лишь то, что связано оно с необходимостью устранения разности показателей преломления на пути луча света; это позволяет существенно улучшить качество изображения и даёт возможность использовать объективы с увеличением до 100х, тогда как предел для традиционных, «сухих» систем предел лежит в районе 40х...60х.

В завершение, хотелось бы отметить, что иммерсия – мощный инструмент исследования, позволяющий поднять увеличение Вашего микроскопа вплоть до 1000х – 1600х, что близко к теоретическому пределу для оптических микроскопов.

#### ***Каковы особенности работы с иммерсионной системой?***

Как и у любой другой методики, у иммерсии есть некоторые особенности, знание которых повысит эффективность наблюдений и поможет избежать некоторых неприятных недоразумений.

- Особое внимание уделите яркому равномерному освещению поля зрения микроскопа. При использовании больших увеличений этот фактор принимает критическое значение.
- Никогда не используйте суррогаты иммерсионного масла, покупайте только качественный продукт, специально предназначенный для использования с микроскопами. Применение бытовых заменителей иммерсионного масла в некоторых случаях может привести к расклейке фронтальной линзы микроскопа

и, следовательно, к порче дорогостоящего иммерсионного объектива.

- Всегда удаляйте иммерсионное масло с микропрепарата и объектива после использования. В противном случае, оно может застыть и затруднить дальнейшее использование этого микропрепарата или объектива.

### **Что такое микропрепараты и для чего они нужны?**

Микропрепарат – это специальным образом подготовленный для исследования под микроскопом объект, герметически помещённый между предметным и покровным стеклом.

Все микропрепараты можно разделить на постоянные и временные. Постоянные микропрепараты могут сохраняться без изменений и признаков разложения десятилетиями и даже столетиями. Временные же препараты, как правило, изготавливаются для единоразовых или непродолжительных исследований и хранятся от нескольких минут до полугода, в зависимости от исследуемого предмета, методики приготовления микропрепарата и условий его хранения.



### **Возможно ли приготовить качественные постоянные микропрепараты в домашних условиях?**

Да, возможно. Но очень сложно. Для этого потребуется и специальное оборудование, и широкие познания в области биологии и микроскопии, и уйма свободного времени. Гораздо более экономичный и действенный способ насладиться красотами микромира – приобрести набор готовых микропрепаратов. Такие наборы содержат в себе от 6 до 200 образцов, способных храниться неограниченно долго и полностью готовых для исследования под микроскопом. Все микропрепараты в наборе изготавливаются на высоком техническом уровне, практически недоступном для большинства любителей живой природы.

### **Как можно получить тонкие срезы биологических объектов для исследования под микроскопом?**

Идеальный вариант получения тонких срезов – это использование микротомы – специализированного инструмента, лезвия которого позволяют получать

срезы толщиной порядка нескольких микрометров. Главным недостатком микротомов является их высокая цена, сопоставимая или даже превышающая стоимость самого микроскопа. Это вынуждает многих любителей микробиологии получать тонкие срезы с помощью подручных средств – лезвий бритвы, канцелярских ножей, хирургических инструментов и т.п.

### **Чем можно осуществить окраску биологических образцов в домашних условиях?**

Наиболее доступные красители, пригодные для окраски микропрепаратов – раствор йода спиртовой и раствор спиртовой зелёный бриллиантовый, в народе – йод и зелёнка. Однако, при их использовании следует иметь в виду, что качество окраски при этом всё равно будет сильно уступать тому, что наблюдается в наборах готовых микропрепаратов.

### **Сколько объективов должно быть у качественного микроскопа?**

На качество получаемого изображения количество объективов у микроскопа не влияет никак, качество зависит лишь от свойств оптических узлов микроскопа, а не от их количества. Что же касается количества объективов, то чем их больше, тем больший диапазон увеличений Вы сможете получить и тем удобнее Вам будет работать с ними. Ведь повернуть револьверное устройство всегда проще, чем заменять один объектив на другой.



### **Какие виды микроскопов существуют? Как мне понять, какой из них подходит именно мне?**

Для того, чтобы понять, какой микроскоп Вам нужен, Вы должны ответить на единственный вопрос: «Зачем, для каких целей он мне?». Итак, в зависимости от выполняемых функций, оптические микроскопы можно условно разделить на несколько видов:

- Инструментальные стереоскопические микроскопы. Строят прямое объёмное изображение, предназначены для наблюдения двумя глазами. Идеально подходят для выполнения мелких технических и ювелирных работ. Редко дают увеличение, превышающее 40х, но и его обычно оказывается достаточно для выполнения вышеупомянутых функций. Хорошим примером такого микроскопа является МБС-10.
- Биологические микроскопы. Могут иметь как один (монокулярные), так и два (бинокулярные) окуляра, но, в отличие от стереоскопических микроскопов, дают всегда плоскую картинку, поскольку одновременно задействуют при наблюдениях только один объектив. В зависимости от качества и цены среди биологических микроскопов можно выделить детские (дешёвые модели в красочном исполнении), учебные (уже качественные оптические приборы, но с минимумом дополнительных функций) и лабораторные (дорогие высококлассные модели с широким набором исследовательских возможностей, пригодные для проведения биологических и медицинских исследований).
- Карманные микроскопы. Подходят любителям живой природы, желающим всегда иметь под рукой компактный и мощный оптический инструмент, пригодный для подробного изучения фауны и флоры. Кроме того, такие микроскопы могут быть использованы на производстве для оперативного контроля качества выпускаемой продукции. Увеличение карманных микроскопов обычно лежит в районе 60х...100х, но эта особенность с лихвой компенсируется их мобильностью, доступностью и дешевизной.
- Цифровые USB микроскопы. Не следует путать их с электронными микроскопами, представляющими собой сложные, громоздкие и крайне дорогостоящие устройства, основанные на совершенно иных принципах получения изображения. Цифровые микроскопы отличаются от обычных тем, что в качестве выходного приёмника в нём выступает не человеческий глаз, а матрица USB – камеры. Такие микроскопы будут полезны всем, кому необходимо выводить изображение исследуемых структур на экран компьютера или другого цифрового устройства.

**Можно ли подключить микроскоп к компьютеру так, чтобы выводить изображение на экран монитора?**

Да, можно. Для этого Вам необходимо будет приобрести специальную цифровую окулярную камеру.

**Можно ли с помощью биологического микроскопа увидеть бактерии?**

Да, наиболее крупные виды бактерий доступны даже детскому микроскопу, но их наблюдение осложняется тем, что приготовление микропрепарата таких бактерий является сложным и трудоёмким процессом, практически недоступным неспециалистам. Впрочем, современные наборы микропрепаратов часто содержат в себе образцы бактериальных культур – такие микропрепараты нужно рассматривать с применением иммерсионных или наиболее сильных (40х – 60х) «сухих» объективов.



**Обязательно ли использовать предметные и покровные стёкла заводского изготовления?**

Это зависит от используемого объектива. Для сильных объективов «сухой» системы (например, 40 / 0.65 или 60 / 0.85) и для всех иммерсионных объективов (100 / 1.25 OIL) использование стандартных предметных и покровных стёкол является строго обязательным, поскольку применительно к этим объективам, невыполнение этого условия может привести к повреждению фронтальной линзы микроскопа. Что же касается слабых «сухих» объективов, то там использование стандартных стёкол не является критически важным, но, тем не менее, желательно для сохранения качества изображения.

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

(специально для журнала «Небосвод»)

## 120 лет со дня рождения Яна Хендрика Оорта

### *Человек, который увидел, что Галактика вращается*

Франекер – небольшой городок на севере Нидерландов, в провинции Фрисландия. У него всегда имелись притязания на славу. В Средние века здесь находился собственный университет, в Новое время возник и функционирует до сих пор старейший в мире планетарий Эйса Эйсинга, астронома-любителя, а в самом начале XX века, 28 апреля 1900 года во Франекере появился на свет Ян Хендрик Оорт.



*Два брата, Ян и Хейн Оорт, около 1910 года*

Он был вторым сыном Абрахама Хендрикуса Оорта и Ханны Фабер. Оба его родителя происходили из семей священнослужителей, а дед по отцовской линии, Генрих Оорт, протестантский священник с либеральными взглядами, был одним из трёх людей, сделавших новый перевод Библии на голландский язык. Отец будущего учёного занимался медицинской практикой и уже в 1903 году вместе с семьёй покинул Франекер, чтобы стать директором психиатрической клиники в Угстгесте, пригороде Лейдена. Там маленький Ян пошёл в начальную школу, а затем в среднюю школу уже в Лейдене, где он показал себя посредственным гуманитарием, но прекрасным математиком и физиком. В 1917 году молодой Оорт поступил в университет Гронингена, один из самых престижных и, в то же время, крупнейших и старейших университетов в Нидерландах, чтобы изучать физику. Он прошёл обычные курсы по таким предметам, как гидродинамика, оптика и электричество. Затем в учебной программе появилась квантовая теория. Ян особенно вдохновился курсом популярной астрономии, который читал Якобус Корнелиус Каптейн, известный своими исследованиями галактики Млечный путь. Оорт был настолько впечатлён лекциями, что решил окончить университет по астрономии, а не физике, каковым было его первоначальное намерение. Позже Ян признался, что астрономией увлекался ещё в

школьные годы, и предположил, что интерес был вызван чтением Жюль Верна.



*Визит в Берлин (1919). Оорт второй справа, с друзьями, стоит перед Рейхстагом*

В 1921 году Оорт сдал последний экзамен, и был назначен ассистентом в Гронингене, но вскоре стало ясно, что для его развития карьеры разумно получить некоторый зарубежный опыт. Были приняты меры, чтобы Ян отправился в Йельскую обсерваторию в Соединённых Штатах в качестве помощника Фрэнка Шлезингера, учёного, который применил, фотографический метод для определения звёздных параллаксов.

Оорт прибыл в Нью-Хейвен в сентябре 1922 года. В Йельской обсерватории он отвечал за наблюдения с помощью зенитного телескопа. Шлезингер пытался разработать новый метод для повышения точности позиционной астрометрии, и Оорт должен был помочь ему в этом. Однако это был не тот тип работы, который привлекал Яна больше всего, и молодой человек понимал, что у него нет особых способностей к астрометрии, но все же результаты были удовлетворительными. Шлезингер, вероятно, также считал, что такая работа станет пустой тратой

таланта Оорта, поэтому, когда Оорт пробыл в Нью-Хейвене около года, ему предложили отправиться на Южную станцию Йельской обсерватории, которая должна была быть построена в Йоханнесбурге (Южная Африка). Оорт колебался. Возможно, он рассматривал предложение как своего рода ссылку и написал старшим коллегам (де Ситтеру и ван Райну; Каптейн умер в 1921 году) в Нидерланды, чтобы обсудить с ними предложение.

Их реакция была мгновенной: они считали, что это совсем не та работа, которой должен заниматься Оорт, и что, хотя наблюдение является полезным опытом, он должен, в конечном счёте, обратиться к теории и фундаментальным проблемам астрономии. На самом деле де Ситтер только что закончил реорганизацию Лейденской обсерватории. В результате у него появилось несколько вакансий, и он предложил Оорту присоединиться к сотрудникам, как только завершится его работа в Нью-Хейвене. Это предложение открывало хорошие перспективы для будущей карьеры: Оорт без малейших колебаний согласился. В конце 1924 года Ян покинул Нью-Хейвен, чтобы занять должность научного сотрудника Лейденской обсерватории, где впоследствии был назначен лаборантом в 1926 году, лектором в 1930 году и экстраординарным профессором в 1935 году.



Свадебная фотография Ян Оорт и Мике Граадт ван Рогген. 24 мая 1927 г.

В Лейдене Оорт продолжил работу над темой исследования, которая заинтересовала его ещё в Нью-Хейвене: свойства высокоскоростных звёзд. Он собрал столько данных, сколько мог, в надежде получить хоть какой-то ключ к разгадке причины странного распределения по небу векторов их скоростей: для звёзд со скоростями относительно Солнца менее 63 км/сек они ориентированы случайным образом, но для тех, у кого скорость выше этого значения, наблюдается ярко выраженная асимметрия. Кажется, что все они движутся в одном направлении. Эта проблема должна была стать предметом диссертации, но когда Оорт написал её и защитил в Гронингском университете, 1 мая 1926 года, он так и не приблизился к объяснению. Некоторые из его рабочих заметок того времени показывают, что он беспокоится о проблеме, но всё ещё в терминах системы Каптейна.

В следующем году шведский астроном Бергиль Линдبلاد предположил, что скорость вращения звёзд во внешней части галактики уменьшается с удалением от галактического ядра. Оорт позже сказал, что, по его мнению, именно его коллега – Виллем де Ситтер – первым обратил внимание на работу Линдبلاد. Ян понял, что Линдبلاد был прав, и что истинность его предположения может

быть доказана наблюдением, поэтому представил две формулы, описывающие вращение галактик; две константы, фигурирующие в этих формулах, теперь известны как «константы Оорта». Ян утверждал, что точно так же, как внешние планеты кажутся нам обгоняемыми и пропущенными менее удалёнными в Солнечной системе, так же и звёзды, если галактика действительно вращается. Он смог вычислить, основываясь на различных движениях звёзд, что Солнце находится примерно в 30 000 световых годах от центра Галактики и что звезде требуется около 225 миллионов лет, чтобы завершить свою орбиту. Оорт показал, что звёзды, лежащие во внешних областях галактического диска, вращаются медленнее, чем звёзды, расположенные ближе к центру.

Эти ранние открытия учёного о Млечном Пути перевернули систему Каптейна, названную в честь его наставника, который представлял себе галактику симметрично расположенной вокруг Солнца.

В 1927 году, который также был годом свадьбы Яна Оорта и Мики Граадт ван Рогген, он внезапно стал одним из самых известных молодых астрономов в мире.



Прямым следствием этого стало то, что в 1930 году, а затем и в 1932 году он получил предложения о работе в Соединенных Штатах (Гарварде и Колумбийском университете).

Ян много и долго обсуждал предложения со своими наставниками, в основном с Ван Райном в Гронингене, Шлезингером в Йеле и Де Ситтером в Лейдене, но в конце концов отказался от обоих постов. В последующие годы Оорт упоминал, что, хотя ему и нравились длительные поездки в другие страны, он всегда был рад вернуться в Нидерланды. Астроном испытывал особую привязанность к голландскому ландшафту и климату, к образу жизни и, особенно, к Лейденской обсерватории и считал бы постоянную должность в другой стране своего рода изгнанием.

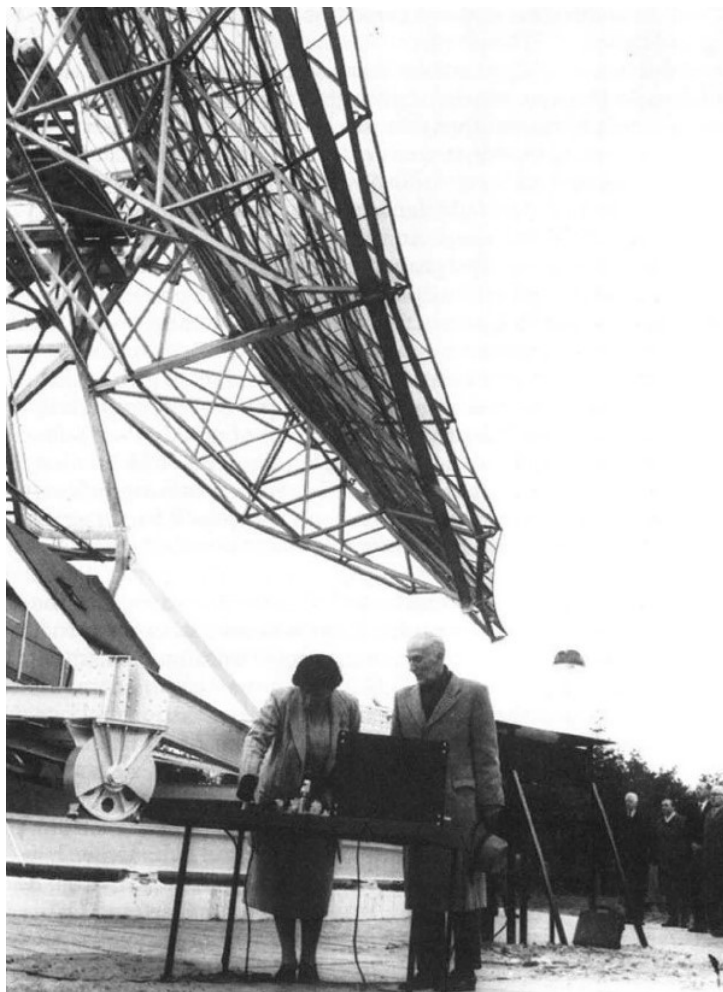
В исследованиях астроному мешал тот факт, что в Лейдене не было доступа к телескопам, которые могли бы обеспечить его необходимыми данными. Существовали различные способы обойти эту проблему, и учёный воспользовался ими всеми. На протяжении всей жизни Оорт писал коллегам, которые могли бы предоставить ему необходимые данные, отправлялся туда, где были телескопы, которые он мог использовать.

Яна всё чаще призывали взять на себя официальные функции. В 1934 году он стал помощником директора Лейденской обсерватории; в следующем году – генеральным секретарём Международного астрономического союза (МАС) – Оорт занимал этот пост из-за разразившейся Второй мировой войны аж до 1948 года и только потом передал приемнику. В 1937 году Яна избрали в Королевскую академию. Это были довольно спокойные годы, можно даже сказать: «затишье перед бурей».

Учёный мало путешествовал, основные поездки были на конференции в Кембридж, США, в 1932 году; в Париже в 1935 году и в Стокгольме в 1938 году. В 1939 году он смог провести полгода в Соединенных Штатах, навещая коллег, присутствуя на открытии обсерватории Макдональда и делая некоторые собственные наблюдения. Уехав в марте, Оорт вернулся в Нидерланды только в конце августа 1939 года, всего за несколько недель до начала Второй мировой войны.

Поездка в США была крайне плодотворной. Одним из её результатов стало то, что астроном заинтересовался Крабовидной туманностью. Его коллега – Николас Майалл только что сделал точное определение скорости расширения Крабовидной туманности и получил более точное значение о её возрасте. Один из хороших друзей Оорта в Лейдене, О.Л. Дуйвендак, был китаистом, и Оорт, не теряя времени, заинтересовал его изучением китайских и японских хроник в поисках упоминаний (одно из

них было уже известно) о туманности и звезде. В результате, в 1942 году было опубликовано несколько статей. В первой статье Дуйвендак дал описания упоминаний в летописях, которые он нашёл, а во второй статье Майалл и Оорт пришли к выводу, что Крабовидная туманность была результатом взрыва сверхновой.



*Официальное открытие в 1956 году 25-метрового телескопа Двингелоо было осуществлено Королевой Юлианой и Я. Х. Оортом.*

В 1940 году нацисты вторглись в Нидерланды. Вскоре после этого они уволили еврейских профессоров из Лейденского и других университетов. Оорт принадлежал к той группе людей, которые сразу же решили отказаться от сотрудничества с немецкими властями. Уволившись из Королевской академии, оставив профессорский пост в Лейдене и должность в обсерватории, он увёз свою семью (жену и троих детей: сыновей Козна и Авраама, и дочь Марийку) в Халсхорст, тихую деревушку в провинции Гелдерланд, где они пересидели всю войну. В Халсхорсте Ян начал писать книгу о звёздной динамике.

Война в Нидерландах закончилась 5 мая 1945 года, но Оорт вернулся в Лейден только в начале июня. Учёный занял пост директора обсерватории и стал полноправным профессором астрономии. Главной его целью являлось возобновление преподавательской и исследовательской деятельности Лейденской обсерватории. Поначалу



Солнечная система окружена массивным облаком, состоящим из миллиардов комет, многие из которых являются «долгопериодическими» кометами, которые возникают в облаке далеко за орбитами Нептуна и Плутона. Сегодня эта область известна как: «Облако Оорта».

В сентябре 1970 года астроном прочёл свою прощальную лекцию – традиция для уходящих на пенсию профессоров в Нидерландах. Его руководство Лейденской обсерваторией подошло к концу. Оорты переехали в недавно построенный дом в Эгстгесте, на канале, где они могли плавать на лодке, подаренной Яну на его 70-летие.

*Я. Х. Оорт выходит из обсерватории Лейдена (1976).*

это вызывало большие трудности из-за состояния персонала обсерватории. Люди сильно недоедали, и поначалу рабочий день прекращался до обеда. Но постепенно, по мере того, как появлялось больше еды, люди окрепли, Оорт предпринял некоторые шаги, чтобы сплотить сотрудников обсерватории. Одним из важных шагов было то, что он установил кофе-брейки в 11.00, Ян использовал для их проведения настоящий кофе, который ему присылали из США.

Ещё до окончания войны Оорт совместно со студентом из Утрехта – Хендриком ван де Хюльстом – инициировал проект, который в 1951 году в конечном итоге привёл к обнаружению радиоизлучения водорода. Ян и его коллеги также провели первое исследование центральной области Галактики и обнаружили, что радиоизлучение прошло без поглощения через газовые облака, которые скрывали центр от оптического наблюдения.

После окончания войны Оорт возглавил голландскую группу, которая строила радиотелескопы в Кутвейк, Двингелу и Вестерборк и использовала радиоизлучение для картографирования Млечного Пути.

Ян занялся изучением комет и сформулировал ряд революционных гипотез. Он предположил, что

В 1986 году он стал одним из немногих людей, которые видели комету Галлея дважды. В возрасте 10 лет он был вместе с отцом на берегу в Нордвейке, когда впервые увидел комету. 76 лет спустя, Ян поднялся в воздух на самолете и смог ещё раз увидеть прекрасный огненный хвост.

Выйдя на пенсию, Оорт написал исчерпывающие статьи о галактическом центре и сверхскоплениях, а также опубликовал несколько работ о квазарах. Он также продолжал исследовать Млечный Путь и другие галактики вплоть до своей смерти в возрасте 92 лет.

Помимо облака и двух постоянных эмпирических величин, именем Яна Хендрика Оорта названы нынешнее здание Лейденской обсерватории и астероид.

**Александр Речкин,**  
*любитель астрономии*

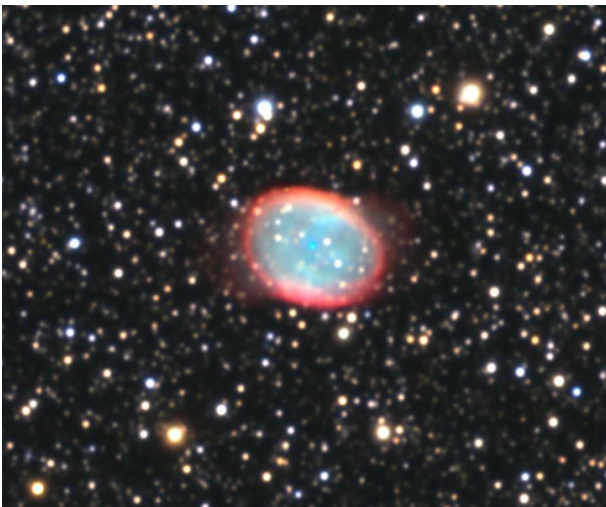
Специально для журнала «Небосвод»

## Сказочные вещи

Планетарные туманности, рассыпанные по всему Млечному Пути, манят наблюдателей теплыми летними ночами.

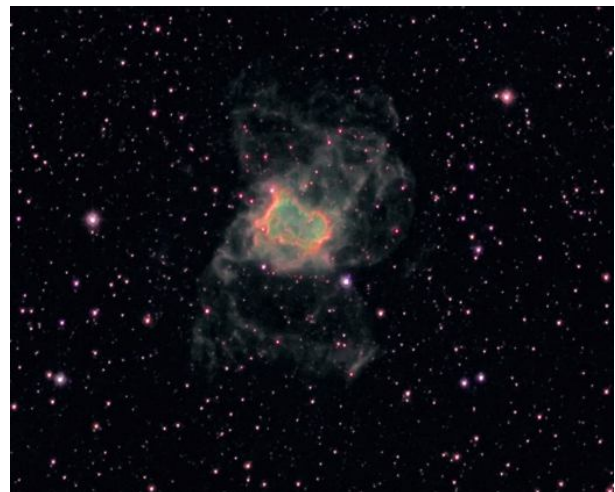
Планетарные туманности – очаровательные красоты глубокого космоса. Мы уже знаем, что «пожилые» звезды массой от 1 до 8 масс солнца формируют планетарные туманности, сбрасывая внешние слои. Но сам процесс, лежащий в основе образования такого большого количества уникальных и разнообразных форм туманностей, все еще оспаривается. В нашей Галактике бы знаем всего о 3000 туманностей, но еще большее их количество мы смогли идентифицировать в таких далеких галактиках, как в галактиках скопления Девы. Эти внегалактические планетарные туманности помогают определять расстояние до своих родительских галактик, хоть расстояние до многих «наших» мало неизвестно.

Что ж давайте наведем одних из самых мало посещаемых туманностей, разбросанных по летнему Млечному Пути.



Начнем с юга Стрельца. Мы будем двигаться по звездной цепочке к **NGC 6563** и останавливаться на интересных одиночных звездах на нашем пути. От Эпсилон Стрельца двигаемся 1.4 градуса на запад-северо-запад к звезде **h5036** 6 величины, состоящей из 4-х компонентов. Три спутника главной звезды видны на небольшом увеличении и имеют блеск от 8.7 до 10.2m. Две из них находятся в 1.3' на северо-востоке от главной звезды, а третий еще дальше от них на восток. Но что еще интереснее главная звезда **RS Стрельца** является двойной затменно-переменной звездой. Обычный ее блеск составляет 6m, но при затмении звезд друг другом он уменьшается на 0.3m, и 0.9m, в зависимости от того, какая звезда какую затмевает.

Вернемся к нашей цепочке звезд и совершим вторую остановку на таком же расстоянии, достигнув другую звезду 6m. **NGC 6563** лежит в 15' на восток-юго-востоке от этой звезды и образует трапецию с ней и двумя звездами 7m южнее. В мой 105мм рефрактор при 87x эта планетарная туманность совсем крошечная и слабо заметная. Небольшого улучшения видимости можно добиться, используя узкополосные фильтры, но лучше всего её видно с фильтром O-III. В мой 10 дюймовый рефлектор при 115x **NGC 6563** округлая, диаметров  $\frac{3}{4}'$  с неравномерной поверхностной яркостью. Туманность находится не небольшом треугольнике из звезд 12m и 13m, ближайшая из которых расположена на севере, а остальные на северо-западе и юго-востоке. Увеличив увеличение до 213x и установив фильтр O-III, видно, что туманность овальная, вытянута на северо-восток и имеет заметно более яркую арку на северном конце и более тонкую блеклую на противоположенном.



Севернее в Стрельце планетарная туманность **NGC 6445** располагается всего в 22' северо-восточнее от шарового скопления **NGC 6440**. При увеличении 17x в мой маленький рефрактор **NGC 6440** легко видима недалеко от ярко-желтой звезды 58 Змееносца. При 47x на сцене появляется планетарная туманность как маленькая, призрачная точка всего в 5' западнее от двойной звезды **h2810**, компоненты которой имеют блеск 7.6m и 10.4m. Подняв увеличение до 87x можно заметить, что **NGC 6445** имеет овальную форму и размер в 40". Северная часть туманности кажется более яркой и рядом с ней находится слабая звезда, при этом и шаровое скопление остается в одном поле зрения. **NGC 6440** имеет размер 2.3' с увеличением яркости к центру и находится в середине звездной цепи длиной 11.5' из 4 звёзд яркостью 11-12m. Любитель астрономии из Аризоны

Frank Kraljic говорит, что в его 10" рефлексор при 112x NGC 6445 напоминает прямоугольную коробку с небольшим верхом и полым выступом. Северная и южная стороны заметно ярче, восточная и западная более короткие, заметны небольшие выступы, выходящие за пределы «коробки». Так же Kraljic говорил мне, что ОПШ хоть и повышает контрастность боковых сторон, но при этом ухудшает в целом вид планетарной туманности, а в шаровом скопление чуть севернее центра заметно небольшое потемнение.



Далее мы двигаемся в северном направлении к созвездию Лиры, где находится планетарная туманность NGC 6765, сосед M56. Начнем с M56, которая намного ярче и которую проще найти в 1.7 градусе севернее звезды 2 Лебеда. В мой 15x45 бинокль со стабилизацией M56 легко заметна как туманный шарик со слабой звездой у западной части. Скопление мило смотрится в мой 105мм рефрактор при 87x. Его 2' центральная часть пятнистая, яркая с неравномерным перепадом блеска окружена рассеянным звездным гало. Увеличение в 127x выделяет значительное количество звезд в центральном ядре. Мой 10" рефлексор при 166x показывает неправильное, частично разрешенное ядро и интересную смесь слабых и ярких звезд, окружающих скопление. В 26' северо-западнее от M56 находится яркая звезда  $\beta$ m, а в 1 градусе севернее от звезды – NGC 6765. Для моего маленького рефрактора при 87x это очень невзрачная планетарная туманность. Повышение увеличения до 122x выделяет её лучше, чем любые фильтры. Туманность имеет вытянутую форму с север-северо-запада на юг-юго-восток и размер в полминуты дуги. ОПШ куда лучше помогает выделить туманность с моим 10" рефлексором. При 219x в северной дуге NGC 6765 заметна пятнистая структура, а вокруг овала туманности появляется слабая дымка. В мой 10" рефлексор туманность имеет видимый диаметр в 35", а в 14.5" рефлексор – до 40".



Наша последняя туманность NGC 7027 расположена в созвездии Лебеда. Она образует правый угол в треугольнике со звездой Xi Лебеда и рассеянным скоплением NGC 7044. В мой небольшой рефрактор при 87x скопление представляется туманным шариком с двумя тусклыми звездочками в восточной части. В 10" рефлексор при 118x скопление уже представляет собой прекрасное скопление алмазной пыли с огромным количеством очень слабых звезд на площади всего 4.5' в поперечнике. В мой 105мм рефрактор при 47x NGC 7027 бирюзовая туманность с маленьким ярким центром, а при 127x и фильтром ОПШ я вижу ее как овал, подернутый на северо-западе. В 10" рефлексор при 213x туманность имеет призрачный сине-зеленый оттенок, разделена на две доли тонкой узкой линией и окружена призрачным гало. Северо-западная часть крупнее и имеет небольшое яркое пятно на западном краю. Юго-восточная часть немного слабее и вытянута с восток-юго-востока на запад-юго-запад. При 299x цвет становится уже не таким заметным, но сама туманность кажется удивительно сложной. Гало становится четче, а разделяющая полоса заметнее, область у пятна более ярким, само пятно теряет звездообразную форму и с ОПШ кажется насыщеннее, что подтверждает его туманную природу.

Приведенные в статье планетарные туманности – это лишь малая часть разнообразных и прекрасных объектов с интригующими формами, которые выделяют эти туманности среди всех остальных сказочных объектов в нашей Вселенной.

*Sue French, Sky & Telescope.*

*Перевод выполнил Данил Сидорко, любитель астрономии, г.Короновск*

Специально для журнала «Небосвод»

## Как наблюдать МКС в дневное время?

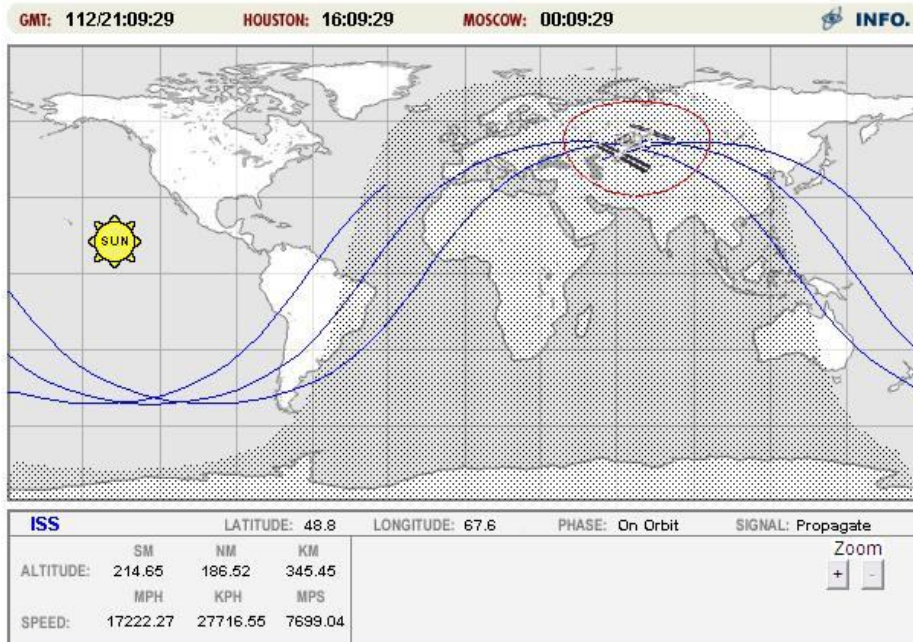


Лето, жаркий зной, ясная погода с чистым небом. Не самая лучшая пора для астрономических наблюдений в эту пору года из-за светлых (белых) ночей в средних и северных широтах северного полушария. Но тем, кто живёт южнее, скажем 50-й широты и ещё ниже - в это время года можно что-нибудь, да наблюдать на звёздном небе. Пару часов в ночное время - позволяет отнаблюдать разные астрономические объекты.

Но, к примеру, Вам захотелось сегодня посмотреть у себя пролёт МКС. Вы знаете, что расписание можно найти на известном сайте по видимости ИСЗ - Heavens-Above. Вы берёте, заходите на этот сайт, координаты Вашего местоположения у Вас уже выставлены, дальше Вы заходите в раздел МКС, смотрите и видите, что в Вашей местности только видимых пролётов на ближайшее время нет и не предвидится. Вы расстроены и задаёте себе вопросом: что же делать? Ведь так хотелось посмотреть пролёт МКС у себя в своей деревне или в своём городе, особенно если Вам ещё не доводилось ни разу наблюдать МКС. Но это не беда, выход есть! На сайте Heavens-Above рядом с "видимыми" пролётами есть кнопочка "все" пролёты МКС. Вы берёте, нажимаете туда и вуаля!

Есть полный список пролётов МКС для Вашей местности. Однако, если Вы посмотрите на время пролётов МКС, то Вы заметите, что МКС в данное время у Вас пролетает только в дневное время. Что же делать в таком случае? А главное как наблюдать МКС, ведь днём МКС не бывает видна из-за яркого Солнца, которое освещает весь небосвод, подумаете Вы. Нет, на самом деле МКС можно наблюдать даже в дневное время, то есть она видна не только ночью, но и днём! Но днём гораздо сложнее увидеть МКС даже на совершенно чистом и прозрачном небе, как уже выше говорилось из-за того, что рассеянный в атмосфере солнечный свет полностью гасит свет от звёзд проходящий сквозь нашу земную атмосферу и поэтому в дневное время звёзды не видны невооружённым глазом, а только при помощи сильного бинокля или телескопа, за исключением яркой планеты Венеры.

МКС может быть также видна днём даже невооружённым глазом, но тут, как говорится - играют важную роль несколько факторов. Во-первых: расстояние от наблюдателя к МКС. Чем ближе это расстояние вплоть до минимального ~ 400 км, когда МКС пролетает точно в зените над головой наблюдателя - тем лучше. Во-вторых, видимый угловой диаметр МКС. Опять же таки, чем дальше МКС от наблюдателя, тем меньше видимый угловой диаметр станции и наоборот, чем ближе -



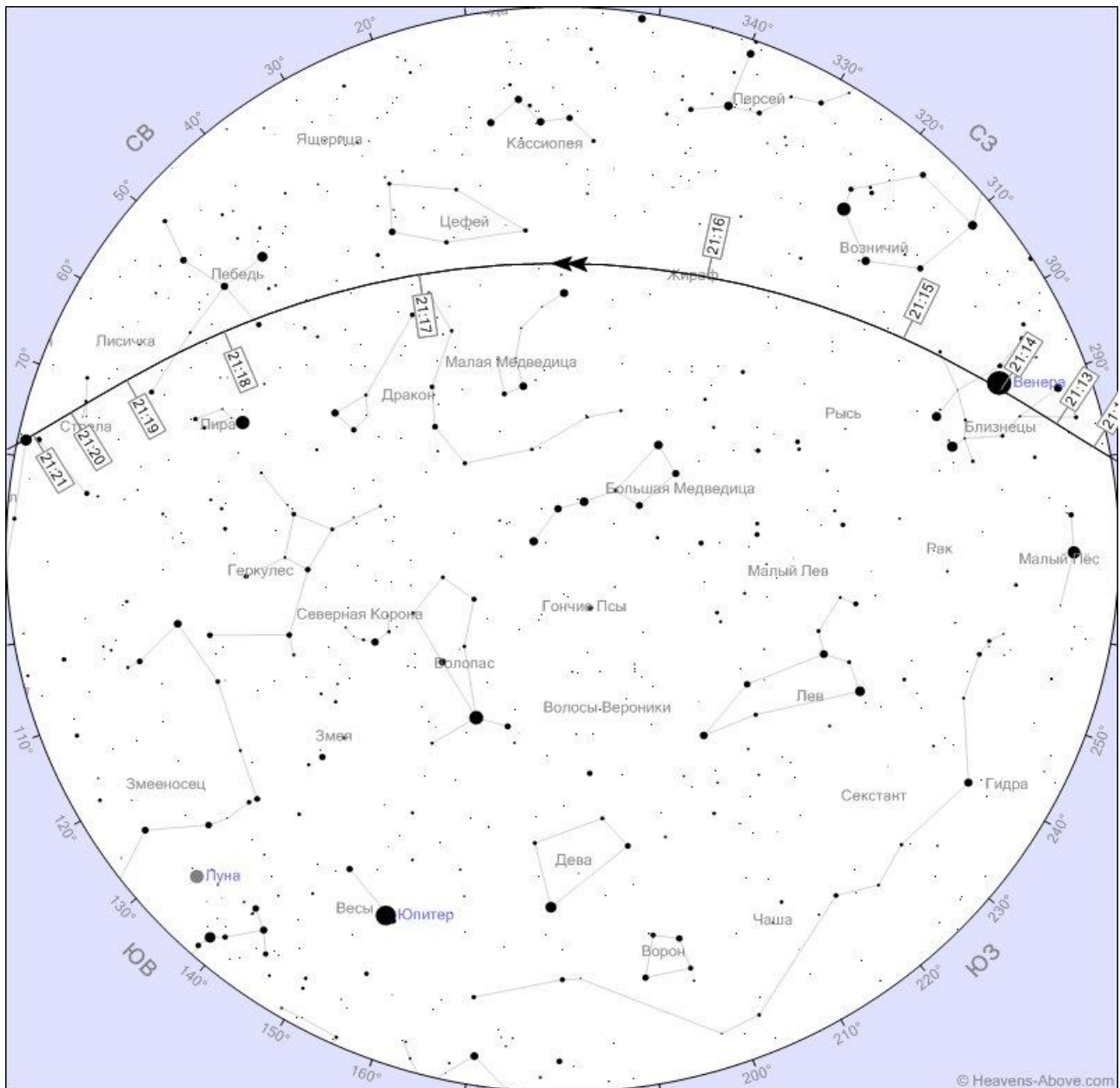
тем больше. Для сравнения, максимальный видимый угловой диаметр МКС в зените при минимальном расстоянии от наблюдателя до самой станции составляет порядка от 50" до 1' угловой минуты, что сопоставим с видимым углом диаметром Венеры в моменты наиболее близкого расположения планеты к Земле. Ну и в третьих - это ориентация МКС в космическом пространстве. В зависимости от того, как расположены панели солнечных батарей МКС в наблюдателю, находящемуся на Земле - яркость станции может меняться от минимума до максимума за счёт ярких вспышек (отблесков) солнечного света от этих самых панелей. То есть, в среднем на ночном небе яркость МКС варьируется от -2m до -4m. В момент вспышек, яркость МКС может возрастать до примерно -6m или -7m звёздной величины. И если все эти факторы будут соблюдены, то ничто не мешает попытаться увидеть пролёт станции на дневном небе. Необязательно МКС будет видна только за счёт яркой вспышки от панелей солнечных батарей. При устойчивой средней яркости в -3m МКС также можно заметить днём, главное знать, куда смотреть, то бишь в какую область или даже точку. Тут немаловажную роль ещё играет также и опыт наблюдателя. Если наблюдатель не имеет опыта, то поначалу у него не будет сразу ничего получаться. Не так, что, вот если Вы захотели - то обязательно увидите. Нет, сразу с первого раза в большинстве случаев не получится. На всё нужно время, какое - в зависимости от того, насколько Вы опытни в дневных наблюдениях. МКС в дневное время, скажем при пролёте через околосенитную область видна примерно точно также, как Венера на совершенно безоблачном, голубом небе в виде маленькой белой точки, я бы даже сказал искорки. То есть, если Вы хотя бы раз видели Венеру на дневном небе, то Вы уже будете примерно знать, как будет выглядеть МКС на фоне дневного неба.

Автору этих строк довелось не раз наблюдать МКС в дневное время и даже один раз ему посчастливилось увидеть яркую дневную вспышку. Но это всё было в прошлом и успех к нему пришёл

не сразу. Были потрачены множество попыток, прежде чем он смог увидеть МКС днём. Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что на всё нужно время, опыт, желание и самое главное - терпение! Как говорится: "терпение и труд - всё перетрут!" Ну и хорошая погода с чистым небом и прозрачной атмосферой, разумеется. Ведь, если небо будет хоть чуть-чуть в лёгкой облачности, так сказать в пелене - шансы увидеть МКС в дневное время приравнивается почти к нулю. Лучше всего МКС наблюдать тогда, когда станция пролетает наиболее высоко над горизонтом, то

есть в околосенитной области. Для этого нужно знать наклонение орбиты МКС, которое равняется 51.6°. Зная её наклонение, можно легко представить, что в пределах +- 51.6° широты по обе стороны от экватора Земли - МКС может пролетать, как в зените, так севернее и южнее наблюдателя. Чем севернее или южнее 51-й широты будет находиться наблюдатель тем ниже МКС будет пролетать и в зените никогда не будет видна. То есть, те, кто находится за пределами зоны пролёта МКС +-51.6° - тем сложнее увидеть МКС в дневное время из-за того, что она пролетает значительно ниже, а как уже выше было сказано, лучше всего МКС заметна в околосенитной области.

Есть несколько способов пронаблюдать МКС в дневное время. Первый и самый удобный способ - это если есть какой-нибудь ориентир вроде Луны или Венеры, возле которого пролетает МКС. Если для Вас не составляет днём увидеть Луну в любой фазе за исключением новолуния и близ него, а также Венеру - то Вы без особых трудностей должны будете заметить рядом с ними пролетающую яркую точку МКС. Разумеется, при помощи оптики в бинокль или телескоп - это будет легче сделать. Также можно наблюдать в дневное время пролёты МКС на фоне Солнца и Луны. Но при наблюдении транзитов МКС по диску Солнца нужно соблюдать все меры предосторожности и техники безопасности и всегда при этом использовать солнечный фильтр при наблюдении в телескоп или бинокль дабы не повредить зрение при малейшем неправильном движении! Второй способ: если у Вас нету системы автонавидения Go To, а в данном случае при наблюдении МКС это не особо поможет, поскольку МКС всё время перемещается по небосводу и каждую секунду меняются её координаты, то самый проверенный метод - это навести телескоп по методу склонения. Например, если Вы видите на карте, что днём МКС пролетит возле какой-нибудь яркой звезды, к примеру возле Полярной звезды, которая находится почти над точкой северного полюса Земли и склонение у неё близкое к +90°,



а при суточном вращении Земли она почти не изменяет своего местоположения на небосводе (лишь малая часть её смещения) оставаясь практически на одном и том же месте, то Вы ещё с ночи можете направить телескоп на Полярную звезду, предварительно зафиксировав его неподвижно на штативе и оставив его до момента пролёта МКС. В расчётное время МКС сама пролетит через поле зрения Вашего телескопа, и Вы сможете увидеть, как в течении секунды через поле зрения пролетает яркая звёздочка имеющая вид определенной формы. Этот метод работает на 100%, но здесь есть минус в том, что используя его Вы получите лишь малые эмоции от увиденного, т.к МКС быстро пролетит через поле зрения и Вы не успеете попросту рассмотреть её, а вести за ней вручную телескоп также не сможете, поскольку просто потеряете её из виду. Но зато таким образом Вы точно сможете отнаблюдать МКС днём.

И последнее, на чём хотелось бы акцентировать внимание. Лучше всего МКС наблюдать в дневное время зимой, поскольку в это время года в наших широтах Солнце находится низко над горизонтом даже в момент верхней кульминации, а

околозенитную область дневное светило практически не засвечивает и небо здесь остаётся довольно синим, как это бывает обычно в горах, если при этом ещё также прозрачная атмосфера, поскольку нету никакого смога, дымки. Также можно наблюдать МКС весной и осенью, когда Солнце тоже не сильно засвечивает небо над головой. Автор этих строк как раз наблюдал МКС в дневное время именно осенью и зимой, когда были лучшие условия для её наблюдений. Летом же увидеть МКС днём даже в околозенитной области очень трудно даже при помощи оптики, поскольку Солнце особенно, когда оно находится в верхней кульминации очень сильно засвечивает небо и даже над головой оно становится молочно-белым и при наличии ещё смога или дымки, что в летнее время очень часто наблюдается. Вот такие особенности наблюдений МКС в дневное время. Желаем Вам ясного неба над головой и успешных наблюдений!

**Александр Репной,**  
*любитель астрономии, Украина*

Специально для журнала «Небосвод»



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

1 июля - Меркурий проходит нижнее соединение с Солнцем,  
2 июля - Луна ( $\Phi = 0,92+$ ) близ Антареса,  
4 июля - Луна ( $\Phi = 0,99+$ ) в нисходящем узле своей орбиты,  
4 июля - Земля в афелии на расстоянии 1,0166943 а.е. от Солнца,  
5 июля - Луна ( $\Phi = 1,0$ ) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,  
5 июля - полнолуние,  
5 июля - полутеневое лунное затмение ( $\Phi = 0,38$ ) невидимое на территории нашей страны (Африка и Америка),  
6 июля - долгопериодическая переменная звезда RT Лебеда близ максимума блеска (6,5m),  
6 июля - Луна ( $\Phi = 0,98-$ ) близ Юпитера и Сатурна,  
6 июля - долгопериодическая переменная звезда U Кита близ максимума блеска (6,5m),  
10 июля - Луна ( $\Phi = 0,74-$ ) проходит южнее Нептуна,  
10 июля - долгопериодическая переменная звезда R Гончих Псов близ максимума блеска (6,5m),

11 июля - Луна ( $\Phi = 0,61-$ ) проходит южнее Марса,

11 июля - Венера проходит в градусе севернее Альдебарана,

12 июля - Меркурий в стоянии с переходом к прямому движению,

12 июля - Луна ( $\Phi = 0,52-$ ) в апогее своей орбиты на расстоянии 404201 км от центра Земли,

12 июля - Луна в фазе последней четверти,

14 июля - Юпитер в противостоянии с Солнцем,

14 июля - Луна ( $\Phi = 0,35-$ ) проходит южнее Урана,

14 июля - долгопериодическая переменная звезда R Рака близ максимума блеска (6m),

16 июля - Луна ( $\Phi = 0,22-$ ) проходит южнее Плеяд,

16 июля - покрытие Луной ( $\Phi = 0,15-$ ) звезды эpsilon Тельца (3,5m) при видимости в восточной половине страны,

17 июля - Луна ( $\Phi = 0,15-$ ) близ Венеры и Альдебарана,

18 июля - Луна ( $\Phi = 0,06-$ ) в восходящем узле своей орбиты,

19 июля - Луна ( $\Phi = 0,03-$ ) близ Меркурия,



19 июля - Луна ( $\Phi = 0,02-$ ) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,

20 июля - новолуние,

20 июля - Сатурн в противостоянии с Солнцем,

21 июля - Луна ( $\Phi = 0,01+$ ) проходит севернее звездного скопления Ясли (M44),

22 июля - долгопериодическая переменная звезда R Треугольника близ максимума блеска (5m),

22 июля - Меркурий достигает максимальной западной (утренней) элонгации 20 градусов,

22 июля - долгопериодическая переменная звезда T Цефея близ максимума блеска (5m),

22 июля - Луна ( $\Phi = 0,06+$ ) проходит севернее Регула,

22 июля - долгопериодическая переменная звезда R Водолея близ максимума блеска (5,5m),

23 июля - долгопериодическая переменная звезда W Лиры близ максимума блеска (7m),

24 июля - долгопериодическая переменная звезда V Змееносца близ максимума блеска (6,5m),

25 июля - Луна ( $\Phi = 0,25+$ ) в перигее своей орбиты на расстоянии 368359 км от центра Земли,

25 июля - долгопериодическая переменная звезда RS Лебеда близ максимума блеска (6m),

27 июля - Луна в фазе первой четверти,

29 июля - максимум действия метеорного потока Южные дельта-Аквариды (ZHR = 25),

30 июля - долгопериодическая переменная звезда T Центавра близ максимума блеска (5m),

31 июля - Луна ( $\Phi = 0,88+$ ) в нисходящем узле своей орбиты.

**Обзорное путешествие по небу июня** в журнале «Небосвод» на <http://astronet.ru/>.

**Солнце** с минимальным видимым диаметром движется по созвездию Близнецов до 20 июля, а затем переходит в созвездие Рака и остается в нем до конца месяца. Склонение дневного светила постепенно уменьшается, как и продолжительность дня, которая изменяется с 17 часов 29 минут в начале месяца до 16 часов 05 минут к его концу. Эти данные справедливы для **широты Москвы**, где полуденная высота Солнца в течение месяца уменьшится с 57 до 52 градусов. Вечерние астрономические сумерки сливаются с утренними до 22 июля, поэтому для средних широт глубокое звездное небо откроется лишь к концу июля. Для наблюдений Солнца июль - один из самых благоприятных периодов в году. Наблюдения пятен и других образований на поверхности дневного светила можно проводить в телескоп или бинокль и даже невооруженным глазом (если пятна достаточно крупные). **Но нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно проводить обязательно (!) с применением солнечного фильтра** (рекомендации по наблюдению Солнца имеются в журнале «Небосвод» <http://astronet.ru/db/msg/1222232>).

**Луна** начнет движение по июльскому небу в созвездии Весов при фазе около 0,8+. 2 июля лунный овал посетит созвездие Скорпиона, а затем войдет в созвездие Змееносца, пройдя 2 июля севернее Антареса. 3 июля яркий лунный диск

перейдет в созвездие Стрельца, чтобы 5 июля принять здесь фазу полнолуния около максимального склонения к югу от небесного экватора. В это время Луна будет наблюдаться весьма низко над горизонтом всю ночь. В данное полнолуние произойдет полутеневое лунное затмение с максимальной полутеневой фазой 0,38. Это затмение не будет наблюдаться в нашей стране, а увидят его жители Африки и Америки. 6 июля полная Луна будет видна около Юпитера и Сатурна, перейдя в этот день в созвездие Козерога. Здесь лунный овал пробудет с 6 по 8 июля, когда перейдет в созвездие Водолея. 10 июля Луна сблизится с Нептуном, а в конце этого дня перейдет в созвездие Рыб. Продолжая уменьшать фазу, 11 и 12 июля Луна посетит созвездие Кита, пройдя южнее Марса 11 июля при фазе около 0,6-. 12 июля лунный полудиск перейдет в созвездие Рыб и примет фазу последней четверти, наблюдаясь на утреннем небе в южной части неба. 13 июля Луна еще раз посетит созвездие Кита, перейдя 14 июля в созвездие Овна (пройдя южнее Урана при фазе около 0,35-), где пробудет до 15 июля, перейдя в этот день в созвездие Тельца. В этом созвездии 16 июля старый месяц будет наблюдаться на фоне утренней зари южнее Плеяд, достигнув в этот же день Гиад и Альдебарана. 17 июля Луна пройдет севернее Венеры, а затем устремится к созвездию Близнецов, в которое войдет 18 июля. Здесь 19 июля лунный серп пройдет севернее Меркурия, а 20 июля примет фазу новолуния. После новолуния Луна перейдет на вечернее небо, а 21 июля молодой месяц будет наблюдаться в созвездии Рака около звездного скопления Ясли (M44). 22 июля растущий лунный серп перейдет в созвездие Льва, где в этот день пройдет севернее Регула. Продолжая увеличивать фазу, Луна перейдет в созвездие Девы 24 июля, совершив по нему трехдневное путешествие, пройдя севернее Спики 26 июля. 27 июля Луна примет фазу первой четверти и перейдет в созвездие Весов, где пробудет до 29 июля, когда посетит созвездие Скорпиона. В этот же день лунный овал перейдет в созвездие Змееносца и пройдет севернее Антареса. 31 июля Луна войдет в созвездие Стрельца, где и закончит свой путь по июльскому небу при фазе около 0,9+.

**Большие планеты Солнечной системы.** **Меркурий** перемещается попятно по созвездию Близнецов, 12 июля меняя движение на прямое. 1 июля быстрая планета пройдет южнее соединения с Солнцем. После соединения Меркурий будет наблюдаться на фоне утренней зари у восточного горизонта, постепенно отдаляясь от Солнца, 22 июля достигая максимальной элонгации 20 градусов. После этой даты Меркурий начнет угловое сближение с Солнцем, а к концу месяца сблизится с центральным светилом до 18 градусов. Видимый диаметр Меркурия за месяц уменьшается от 12 до 6,5 угловых секунд при блеске, который увеличивается за месяц от 5m до -0,6m. Фаза планеты за месяц увеличивается от 0 до 0,6. Это означает, что при наблюдении в телескоп Меркурий будет иметь вид небольшого серпа с уменьшением видимых размеров, постепенно переходящего в полудиск и овал.

**Венера** движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Тельца близ рассеянного звездного скопления Гиады. Планета наблюдается на утреннем небе, увеличивая угловое расстояние от центрального светила от 33 до 45 градусов. Во второй половине месяца Венеру можно будет

невооруженным глазом на дневном небе (в первой половине дня). 17 июля около планеты будет находиться Луна, что облегчит поиск Венеры в дневное время. Видимый диаметр Венеры за месяц уменьшится от 44" до 28", а фаза увеличится от 0,17 до 0,42 при блеске, около -4,6m. В телескоп планета видна в виде достаточно большого (по сравнению с другими планетами) белого серпа без деталей.

**Марс** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Рыб и Кита. Планета видна на ночном и утреннем небе в виде яркой звезды, достаточно высоко над южным горизонтом. В телескоп наблюдается небольшой диск, на поверхности которого можно различить основные детали и полярную шапку. Блеск планеты увеличивается от -0,5m до -1,0m, а видимый диаметр возрастает от 11,5 до 14,5 угловых секунд. Марс 13 октября 2020 года пройдет противостояние с Солнцем при видимом диаметре более 22 секунд дуги.

**Юпитер** перемещается попятно по созвездию Стрельца. Газовый гигант наблюдается всю ночь невысоко над южным горизонтом. 14 июля планета пройдет противостояние с Солнцем. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы увеличивается от 47,2" до 47,6" при блеске около -2,5m. Диск планеты различим даже в бинокль, а в небольшой телескоп на поверхности Юпитера видны полосы и другие детали. Четыре больших спутника видны уже в бинокль, а в телескоп в условиях хорошей видимости можно наблюдать тени от спутников на диске планеты, а также различные конфигурации спутников.

**Сатурн** перемещается попятно по созвездию Козерога. Наблюдается окольцованная планета всю ночь невысоко над южным горизонтом. Блеск планеты увеличивается до +0,1m при максимальном видимом диаметре 18,5". В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также другие наиболее яркие спутники. Видимые размеры кольца планеты составляют в среднем 40x15" при наклоне к наблюдателю 22 градуса.

**Уран** (6m, 3,5") перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Овна южнее звезды альфа этого созвездия. Планета видна на утреннем небе, но из-за светлых ночей в средних, а тем более в северных широтах, наблюдать ее затруднительно. Разглядеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планету можно наблюдать в эпоху близкую к противостоянию в периоды новолуний на темном чистом небе. Блеск спутников Урана слабее 13m.

**Нептун** (8m, 2,4") движется попятно по созвездию Водолея близ звезды фи Aqg (4,2m). Планета видна на утреннем небе, но условия ее видимости в средних, а тем более северных широтах, далеки от благоприятных. Для поисков самой далекой планеты Солнечной системы понадобится бинокль и звездные карты в [Астрономическом календаре на 2020 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 с выдержкой снимка около 10 секунд. Спутники Нептуна имеют блеск слабее 13m.

**Из комет месяца**, видимых с территории нашей страны, расчетный блеск около 10m и ярче будут иметь, по крайней мере, две кометы: PANSTARRS (C/2017 T2) и Энке, которая приближается к Солнцу в очередном появлении. Первая при максимальном расчетном блеске около 9m движется по созвездию Гончих Псов и Волос Вероники. Комета Энке находится около Солнца при угловом расстоянии, не превышающем 20 градусов. Эта комета перемещается по созвездиям Рака, Льва, Гидры, Секстанта, Чаши и Ворона при максимальном расчетном блеске в начале месяца около 5m. Подробные сведения о других кометах месяца имеются на <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://195.209.248.207/>.

**Среди астероидов** месяца самым ярким будет Веста (около 8m), которая движется по созвездию Блинецов. Карты путей астероидов (комет) даны в приложении. Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

**Из относительно ярких долгопериодических переменных звезд** (наблюдаемых с территории России и СНГ) максимума блеска в этом месяце по данным AAVSO достигнут: U Кассиопеи 8,4m - 1 июля, R Рыб 8,2m - 2 июля, W Орла 8,3m - 2 июля, S Микроскопа 9,0m - 3 июля, U Возничего 8,5m - 5 июля, S Волопаса 8,4m - 5 июля, U Кита 7,5m - 6 июля, RT Лебеда 7,3m - 6 июля, U Малой Медведицы 8,2m - 7 июля, RR Персея 9,2m - 8 июля, S Компыса 9,0m - 9 июля, R Гончих Псов 7,7m - 10 июля, W Геркулеса 8,3m - 12 июля, R Рака 6,8m - 14 июля, Z Скорпиона 9,2m - 14 июля, S Малого Льва 8,6m - 21 июля, T Журавля 8,6m - 21 июля, R Треугольника 6,2m - 22 июля, T Цефея 6,0m - 22 июля, R Водолея 6,5m - 22 июля, W Лиры 7,9m - 23 июля, RU Гидры 8,4m - 24 июля, V Змееносца 7,5m - 24 июля, S Дельфина 8,8m - 24 июля, RS Лебеда 7,2m - 25 июля, S Секстанта 9,1m - 30 июля, T Центавра 5,5m - 30 июля, Z Змееносца 8,1m - 30 июля, RR Пегаса 9,2m - 30 июля, R Голубя 8,9m - 31 июля, R Волос Вероники 8,5m - 31 июля. Больше сведений на <http://www.aavso.org/>.

**Среди основных метеорных потоков** 29 июля максимума действия достигнут Южные дельта-Аквариды (ZHR= 25). Луна в период максимума этого потока имеет фазу, близкую к первой четверти, поэтому условия наблюдений потока будут определяться наличием ночного светила на небесной сфере. Подробнее на <http://www.imo.net>.

*Другие сведения о явлениях года имеются в АК\_2020 - <http://www.astronet.ru/db/msg/1364099>*

### **Ясного неба и успешных наблюдений!**

**Оперативные сведения о небесных телах и явлениях** всегда можно найти на <http://www.astronomy.ru/forum/index.php>

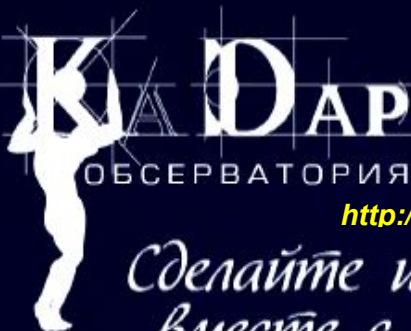
Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты их видимых путей по небесной сфере имеются в **Календаре наблюдателя № 07 за 2020 год** <http://www.astronet.ru/db/news/>

**Александр Козловский, журнал «Небосвод»**

# Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>



КА ДАР  
ОБСЕРВАТОРИЯ

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

Сделайте шаг к науке  
вместе с нами!

**Астрономический календарь на 2020 год**

<http://www.astronet.ru/db/msg/1364099>

# АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

Два стрельца



<http://shvedun.ru>



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

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



<http://астрономия.рф/>

# Астрономия .РФ

Общероссийский астрономический портал

ТЕЛЕСКОПЫ - НАША ПРОФЕССИЯ

# Звездочет

<http://astronom.ru>

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

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

О НАС    КОНТАКТЫ    КАК КУПИТЬ И ОПЛАТИТЬ    ДОСТАВКА    ГАРАНТИЯ

# Войны галактик: M81 и M82

