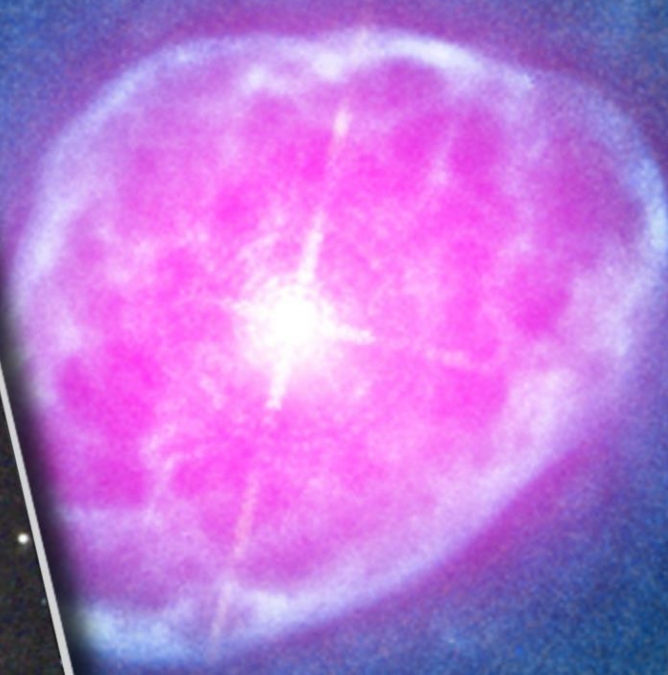


ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

# НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

## Раскрываем звёздные тайны

**12**'**15**  
декабрь



Интервью: Станислав Короткий    Объекты Мессье: M43    Галерея астрофото

Об усовершенствовании недорогих любительских телескопов-рефракторов и их юстировке  
«Хаббл» - глаза Земли    Полезная страничка    Небо над нами - Декабрь 2015

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



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

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

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



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

Солнечное затмение 29 марта 2006 года и его наблюдение (архив – 2,5 Мб)  
<http://www.astronet.ru/db/msg/1211721>  
Солнечное затмение 1 августа 2008 года и его наблюдение (архив – 8,2 Мб)  
<http://www.astronet.ru/db/msg/1228001>



Кометы и их методы их наблюдений (архив – 2,3 Мб)  
<http://astronet.ru/db/msg/1236635>

«Астрономическая газета»  
<http://www.astro.websib.ru/astro/AstroGazeta/astrogazeta>  
и [http://urfak.petsu.ru/astronomy\\_archive/](http://urfak.petsu.ru/astronomy_archive/)

Астрономические хроники: 2004 год (архив - 10 Мб)  
<http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>  
Астрономические хроники: 2005 год (архив – 10 Мб)  
<http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>  
Астрономические хроники: 2006 год (архив - 9,1 Мб)  
<http://www.astronet.ru/db/msg/1219122>  
Астрономические хроники: 2007 год (архив - 8,2 Мб)  
<http://www.astronet.ru/db/msg/1225438>



Противостояния Марса 2005 - 2012 годы (архив - 2 Мб)  
[http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005\\_2012.zip](http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005_2012.zip)



Календарь наблюдателя – Ваш неизменный спутник в наблюдениях неба!  
КН на декабрь 2015 года <http://www.astronet.ru/db/news/>



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



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



Вышедшие номера журнала «Небосвод» можно скачать на следующих Интернет-ресурсах:  
<http://www.astronet.ru/db/sect/300000013>  
<http://www.astrogalaxy.ru>  
<http://www.shvedun.ru/nebosvod.htm>  
<http://www.astro.websib.ru/sprav/jurnalN> (журнал + все номера КН)  
<http://ivmk.net/lithos-astro.htm>  
<http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=3606936> (все номера)  
ссылки на новые номера - на основных астрофорумах....

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

## Уважаемые любители астрономии!

*Комету утром созерцаем  
В морозных искорках зимы -  
Как звезды с неба нам сияют,  
Так к звездам тянемся и мы!*

Зимние ясные ночи особенно привлекательны обилием ярких звезд и созвездий. Но главным небесным объектом месяца будет, конечно, не столь яркая на первый взгляд комета Catalina (C/2013 US10), которая поднимается к северу по созвездиям Девы и Волопаса. Интересно, что 8 декабря она сблизится с Венерой и тонким серпом Луны. Блеск кометы не превысит 5 звездной величины, но, тем не менее, она будет самой яркой кометой месяца! В конце декабря она сблизится со звездой Арктур в созвездии Волопаса, а самые зоркие любители астрономии смогут разглядеть небесную странницу невооруженным глазом... Еще одно весьма редкое событие ожидает поклонников звездного неба в декабре. В начале месяца, а точнее со 2 по 6 декабря, произойдет покрытие трех звезд видимых невооруженным глазом астероидами. Полосы покрытий распределились так, что эти явления смогут наблюдать и жители Дальнего Востока, и Европейской части России. Краткая информация об этих покрытиях дана в рубрике «Небо над нами», а карты видимости можно посмотреть в [Календаре наблюдателя на декабрь 2015 года](#). Стоит упомянуть также мощный метеорный поток Геминиды, максимум которого приходится на 21 час московского времени 14 декабря, что весьма благоприятно для наблюдений с Европейской части России... А «Небосвод» предлагает вам, уважаемые читатели, новые статьи, прочитать которые можно только в нашем журнале. Редакция старается учитывать пожелания читателей и разнообразить содержание журнала полезными материалами. Например, рубрика «Полезная страничка» в этом номере расскажет вам о применении светофильтров как при визуальных, так и при фотографических наблюдениях в телескоп.... Приближаются новогодние праздники. **Редакция журнала поздравляет всех любителей астрономии и не только с наступающим 2016 годом и желает яркого неба, успешных наблюдений, новых открытий и новых знаний о Вселенной!**

*Искренне Ваш Александр Козловский*

## Содержание

- 4 **Небесный курьер (новости астрономии)**  
*Игорь Иванов*
- 9 **Объекты Мессье: M43**  
*Николай Дёмин*
- 11 **Интервью**  
*Станислав Короткий*
- 13 **Раскрываем звездные тайны**  
*Иван Сергей*
- 17 **Галактика «Сомбреро»**  
*30 лучших фототрафий «Хаббла»*
- 18 **Мир астрономии 10-летие назад**  
*Александр Козловский*
- 20 **«Хаббл» - глаза Земли**  
*Александр Репной*
- 22 **Астрофото: моя галерея**  
*Дмитрий Селезнев*
- 23 **Это интересно**
- 24 **Опыт тестирования любительской астрономической оптики начального уровня**  
*Евгений Давыдовский, Ольга Сулимова*
- 26 **Об усовершенствовании недорогих любительских телескопов-рефракторов**  
*Е.В. Давыдовский, О.Л. Тарасенкова*
- 33 **Таблица применимости узкополосных интерференционных фильтров**  
*Полезная страничка*
- 36 **Небо над нами: ДЕКАБРЬ - 2015**  
*Александр Козловский*

### Обложка: [Перерабатываемая NGC 5291](#)

После давнего столкновения галактик, произошедшего в 200 миллионах световых лет от Земли, вещество из богатой газом галактики NGC 5291 было выброшено далеко в межгалактическое пространство. NGC 5291 и галактика, с которой она столкнулась, известная как галактика "Морская ракушка", запечатлены около центра этой замечательной фотографии. На четком изображении, полученном наземным телескопом, показано скопление галактик Эйбелл 3574 в южном созвездии Центавра. Длинные приливные хвосты протянулись на сто тысяч световых лет и состоят из отдельных сгущений, похожих на карликовые галактики. Однако в них нет старых звезд - только молодые звезды и активные области звездообразования. Карликовые галактики оказались необычно богатыми элементами тяжелее водорода и гелия. Вероятно, они сформировались в межгалактическом пространстве, перерабатывая обогащенное тяжелыми элементами вещество, выброшенное из галактики NGC

**Авторы и права:** [Команда Чилийского передового робот-телескопа 32](#)  
Обработка - [Иоганн Шедлер](#)  
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») (созданы редактором журнала совместно с Александром Кремичуцким)

Редактор: **Дёмин Н.И.**, Дизайнер обложки: **Н. Кушнир**, [offset@list.ru](mailto:offset@list.ru), корректор **С. Беляков**

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

Е-mail редакции: [nebosvod\\_journal@mail.ru](mailto:nebosvod_journal@mail.ru), веб-ресурс журнала: <http://www.astronet.ru/db/author/11506>

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

Веб-сайты: <http://astronet.ru>, <http://astrogalaxy.ru>, <http://astro.websib.ru>, <http://ka-dar.ru>, <http://astronomy.ru/forum>

Сверстано 27.11.2015

© *Небосвод*, 2015

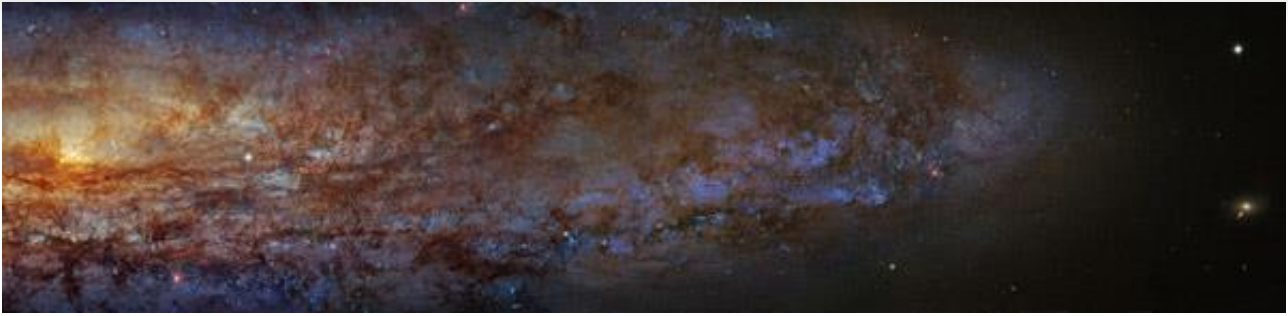


Рис. 1. [Галактика NGC 253](#), одна из ближайших к нам галактик со вспышкой звездообразования, которую видно в гамма-диапазоне вплоть до «ТэВных» энергий.

### Нейтринная астрофизика делает первые шаги

Два года назад человечеству открылось еще одно окно для наблюдения за глубоким космосом — через нейтрино высокой энергии. Статистика таких астрофизических нейтрино пока мала. Но, сопоставляя ее с другими астрофизическими данными Всесигнальной астрономии (то есть астрономии, связанной не только с электромагнитным излучением), можно уже сейчас получать любопытные результаты и накладывать ограничения на механизмы рождения астрофизических нейтрино. В последнее время появилось сразу несколько публикаций с примерами таких выводов, и их с полным правом можно назвать первыми шагами этой юной пока дисциплины — нейтринной астрофизики.

#### Три канала получения информации в современной астрономии

Современный астрономический инструментарий позволяет изучать объекты глубокого космоса [во всем спектре](#) электромагнитных волн — от радиоволн и до гамма-лучей сверхвысокой энергии, с энергиями отдельных фотонов в десятки ТэВ. Это первый канал получения информации (или первый тип сигналов) о глубоком космосе. Угловое и спектральное распределение, величина потока и его изменчивость во времени в буквальном смысле слова открывают перед астрофизиками новые миры, дают им шанс разобраться, что же происходит внутри этих источников излучений.

Кроме электромагнитных волн у астрофизиков есть и другой способ наблюдения за глубоким космосом — через [космические лучи высокой энергии](#). Частицы космических лучей (протоны, электроны, ядра) разгоняются в природных «ускорителях» — например, [на фронте ударной волны](#), бегущей в межзвездной среде. Энергии космических лучей достигают совершенно невообразимых значений, вплоть до миллиарда ТэВ ( $10^{21}$  эВ). Такие частицы вполне надежно регистрируются наземными установками. Их потоки, направления прихода и спек-

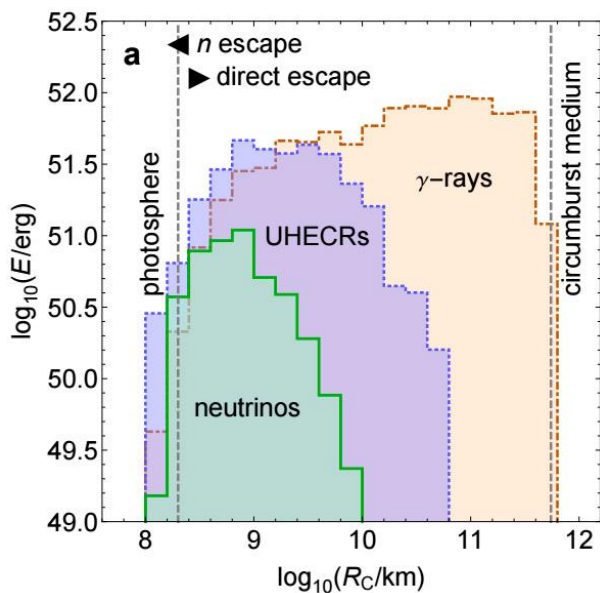
тральное распределение тоже могут рассказать немало интересного об объектах глубокого космоса.

Два года назад астрофизикам стал доступен и третий способ наблюдения за глубоким космосом — через нейтрино сверхвысокой энергии (см. [IceCube окончательно доказал реальность астрофизических нейтрино](#), «Элементы», 27.05.2014). Конечно, нейтрино довольно больших энергий регистрировались и раньше, но до сих пор этот поток можно было списать на атмосферные нейтрино (подробнее об этом читайте в новости [Нобелевская премия по физике — 2015](#), «Элементы», 08.10.2015). Если среди них и были пришельцы из далекого космоса, то они все равно терялись на фоне атмосферных нейтрино. И только совсем недавно, в 2013 году, размещенный на Южном полюсе в толще антарктического ледника детектор [IceCube впервые зарегистрировал](#) нейтрино с энергией выше 1000 ТэВ, которые точно списать на атмосферные не получается. Годом позже, спустившись чуть ниже по шкале энергий и проанализировав 37 событий с энергией от 30 ТэВ, IceCube [окончательно установил](#) астрофизическую природу большинства из них. Эти достижения и стали моментом рождения нового раздела науки о космосе — нейтринной астрофизики.

Маленькое терминологическое отступление. Во-первых, солнечные нейтрино, за регистрацию которых была присуждена часть [Нобелевской премии по физике за 2002 год](#), тоже иногда называют космическими или астрофизическими. Если раньше такой термин не вызывал вопросов, то сейчас астрофизическими всё же называют нейтрино, прилетевшие из глубокого космоса.

Во-вторых, надо, конечно, оговориться, что один раз астрофизические нейтрино уже регистрировались. Это случилось в 1987 году, когда сразу несколько нейтринных детекторов зафиксировали горстку событий, порожденных сверхновой [SN 1987A](#) в Большом Магеллановом Облаке. Эти нейтрино — настоящие астрофизические, но они относительно низкоэнергетические. Они, конечно, где-то постоянно производятся во Вселенной, но только отличить их от других источников можно лишь для очень близких вспышек, по их группировке во времени. Один раз нам повезло; когда будет следующий раз — неизвестно. Те нейтрино, которые поймал IceCube, — совершенно иного происхождения; порождающие их источники работают непрерывно и очень долго.

Нейтрино — это прекрасный носитель информации об астрофизических катаклизмах. Во-первых, это частица нейтральная, поэтому в магнитных полях она не отклоняется, а летит прямо сквозь вселенную. Источник каждого астрофизического нейтрино лежит именно в том направлении, в котором мы его зарегистрировали, — и этим он кардинально отличается от частиц космических лучей. Во-вторых, нейтрино не поглощаются материей, и поэтому они могут вылетать даже из области, скрытой от «электромагнитного глаза» толстой газопылевой завесой. Итак, астрофизикам сейчас доступны три канала получения информации, или три типа сигналов ("messenger"), о том, какие процессы происходят в том или ином объекте глубокого космоса. В будущем к этому списку добавятся и гравитационные волны. Один и тот же объект может давать сигналы во всех типах излучений (см. пример на рис. 2). Поэтому естественным образом возникает желание сопоставить картину неба в электромагнитных волнах, в космических лучах и в нейтрино. Эта программа исследований, условно называемая всезнающей астрономией ("multi-messenger astronomy"), ведется уже давно (см. Shin'ichiro Ando et al., 2013. [Multimessenger astronomy with gravitational waves and high-energy neutrinos](#)), но сейчас, с обнаружением астрофизических нейтрино высоких энергий, открывается новая ее глава.



**Рис. 2.** Согласно теоретическим моделям, гамма-всплеск, за счет вторичных эффектов, приводит к мощному выбросу и нейтрино (neutrinos), и космических лучей сверхвысоких энергий (UHECRs), и гамма-излучения ( $\gamma$ -rays), причем из разных пространственных областей. Все эти эффекты потенциально обнаружимы на Земле, и их совместное изучение является основой «всезнающего подхода» к изучению объектов глубокого космоса. Энергия и расстояние от центра показаны в логарифмическом масштабе по вертикали и горизонтали. Изображение из статьи M. Bustamante et al., 2015. [Neutrino and cosmic-ray emission from multiple internal shocks in gamma-ray bursts](#)

За последний месяц в архиве электронных препринтов появилось сразу три исследования такого рода. Это, во-первых, сравнение данных IceCube с результатами другого нейтринного телескопа — ANTARES; во-вторых, поиск корреляций в направлениях прихода нейтрино и космических лучей сверхвысокой энергии; и, наконец, исключе-

ние одной из гипотез о происхождении нейтринного потока на IceCube с помощью данных по изотропному гамма-фону. Детали этих трех работ описаны ниже. Появляются также и теоретические работы (мы их касаться не будем), в которых показывается, что сопоставление данных по разным мессенджерам поможет прояснить детали разных астрофизических взрывных процессов. Пример такого результата для гамма-всплесков как раз показан на рис. 2.

### Сравнение данных IceCube и ANTARES

Происхождение астрофизических нейтрино высокой энергии до сих пор неизвестно. Точнее будет сказать так: теоретическая астрофизика предлагает длинный список возможных объектов и процессов, которые могли бы их породить, но какой из них в реальности отвечает наблюдаемому потоку, мы пока не знаем.

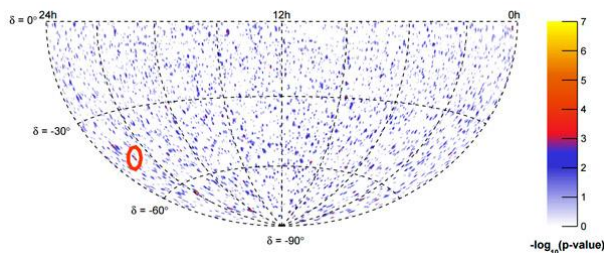
В духе всезнающего подхода хочется первым делом проверить, не совпадают ли направления прихода нейтрино высокой энергии с известными источниками. Это сопоставление было выполнено уже в первой работе IceCube, и никакой четкой корреляции там не увидели. Можно задать и другой вопрос: а группируются ли эти нейтрино в компактные кластеры по направлениям прилета? Если такой кластер будет надежно зарегистрирован, он точно укажет на источник, пусть даже невидимый никакими другими методами. Такой анализ [был проделан](#) коллаборацией IceCube, и тут ответ тоже отрицательный: статистика пока что не противоречит гипотезе об изотропном распределении нейтрино. Если говорить точнее, то намеки на группировку были обнаружены, но из-за большой погрешности в определении направления прилета статистическая значимость сигнала оказалась невелика.

Недавно вышла совместная статья [First combined search for neutrino point-sources in the Southern Hemisphere with the ANTARES and IceCube neutrino telescopes](#) двух нейтринных коллабораций, IceCube и ANTARES, в которой этот же анализ был проведен на объединенной статистике нейтрино высоких энергий. [ANTARES](#) — это еще один крупный нейтринный телескоп, который проработал в Средиземном море с 2007 по 2012 годы, а теперь [достраивается](#) до установки KM3NeT объемом в кубический километр. Он расположен в Северном полушарии, поэтому ему, в отличие от IceCube, намного проще измерять поток астрофизических нейтрино из Южного полушария, поскольку огромный фон атмосферных мюонов блокирует Земля. Пусть данные ANTARES доходят по энергии лишь до 100 ТэВ, это уже достаточно для того, чтобы объединить их со статистикой IceCube и в суммарной выборке поискать закономерности.

Для анализа, представленного в этой статье, использовалась статистика из 146 тысяч событий, набранных IceCube с 2008 по 2011 годы, и статистика ANTARES, включавшая 5516 событий за пять лет работы. Несмотря на такую большую разницу, два эксперимента дали сравнимый вклад в общую выборку астрофизических нейтрино из Южного полушария. Было выполнено два анализа этой статистики: поиск кластеров в направлениях прилета и сопоставление нейтринных событий с каталогом самых ярких в гамма-диапазоне источников.

Конечно, при таком большом объеме данных, разбросанных по всему небу, неизбежно то тут, то там

будут встречаться группы из нескольких очень близких нейтринных событий. Такие кластеры действительно нашлись; самый заметный содержал 8 событий в области размером в 1 градус (рис. 3). Хотя вероятность такого совпадения в этой конкретной области очень мала (меньше одной миллионной), на карте таких областей очень много. Поэтому показательным числом тут является [глобальная статистическая значимость](#), и она оказалась очень небольшой. Сравнения с многочисленными сеансами моделирования показали, что чисто случайное распределение нейтрино по всему небу дает в 24% случаев подобное отклонение. Таким образом, никакого намека на статистически достоверную кластеризацию обнаружено не было.



**Рис. 3.** Кластеры нейтринных событий в данных IceCube и ANTARES. Цветом показана локальная статистическая значимость кластеризации, то есть вероятность случайного совпадения нескольких событий в этом месте. Красным обведена область с наиболее сильной локальной статистической значимостью. Рисунок из обсуждаемой статьи [First combined search for neutrino point-sources in the Southern Hemisphere with the ANTARES and IceCube neutrino telescopes](#)

Второй анализ заключался в сравнении направлений прилета нейтрино с каталогом из 40 ярких объектов глубокого космоса, которые могли бы быть источниками высокоэнергетических нейтрино. Тут было тоже обнаружено некоторое совпадение в паре случаев, но, с учетом большой выборки, и этот сигнал оказался статистически недостоверным. Вероятность того, что полностью случайное распределение нейтрино выдало бы такое или еще более сильное совпадение, составила 11%.

Таким образом, загадка происхождения астрофизических нейтрино высокой энергии остается. Карта нейтринных событий, пойманных ANTARES и IceCube, не позволяет идентифицировать статистически достоверных точечных источников.

#### Корреляции между нейтрино и космическими лучами сверхвысокой энергии

Хотя происхождение как высокоэнергетических нейтрино, так и космических лучей сверхвысокой энергии до сих пор неизвестно, физики подозревают, что эти две загадки тесно связаны друг с другом (рис. 2). Те грандиозные процессы, которые способны разгонять космические лучи до сверхвысоких энергий, должны также производить и высокоэнергетичные нейтрино. Дело в том, что некоторые из разогнанных протонов неизбежно сталкиваются с атомами межзвездной среды и порождают многочисленные адроны, в том числе и пи-мезоны. Пи-мезоны распадаются и при распаде испускают нейтрино. Энергия нейтрино получается намного меньше, чем у исходного протона, но она всё равно может достичь сотен и тысяч ТэВ.

Для физиков этот механизм был железобетонным аргументом в пользу того, что астрофизические нейтрино высоких энергий существуют. Ради них, собственно, и строился IceCube. Сейчас они пойманы, и возникает следующий вопрос: как экспериментально доказать, что этот механизм работает?

Сделать это можно, если достоверно обнаружить какой-то источник, который порождает и космические лучи сверхвысокой энергии, и астрофизические нейтрино. Это, конечно, задача очень непростая. Космические лучи на пути к Земле отклоняются хаотическим магнитным полем (взгляните на рис. 2 из новости [Есть ли вообще проблема с космическими позитронами?](#), «Элементы», 18.11.2013).

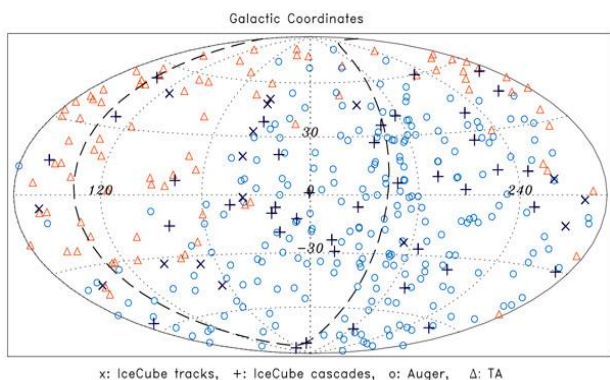
В результате траектория для частиц умеренно большой энергии беспорядочно петляет внутри галактического диска, обнаружить какую-то связь между направлениями прихода таких частиц и их источниками — нереально. Для частиц экстремально высоких энергий этот эффект слабее, они всего лишь отклоняются на некоторый угол, что оставляет физикам шансы обнаружить их источники. Тем не менее даже если на небе есть источники, «выстреливающие» и нейтрино, и космическими лучами, то эти два сигнала потом всё равно разойдутся, причем разойдутся неизвестным заранее образом. Всё это усложняет задачу, но не делает ее невозможной.

Именно эта задача изучалась в вышедшей недавно [совместной публикации](#) трех коллабораций: IceCube и двух коллективов, работающих на детекторах космических лучей сверхвысоких энергий, — Обсерватории имени Пьера Оже ([Pierre Auger Observatory](#)) и Обсерватории [Telescope Array](#) (ТА). Это пока еще не полноценная статья, а лишь текстовая версия доклада на августовской конференции по космическим лучам [ICRC-2015](#), и представленные там результаты пока что несут пометку «предварительные». Однако можно ожидать, что окончательные результаты не будут сильно от них отличаться.

Обсерватория имени Пьера Оже, расположенная в пустынных предгорьях Аргентины на территории в 3000 км<sup>2</sup>, — установка-рекордсмен в задаче детектирования космических лучей сверхвысокой энергии. Немногом уступает ей детекторный комплекс ТА в США, который при площади 700 км<sup>2</sup> является самым крупным в Северном полушарии детектором космических лучей сверхвысокой энергии. С учетом суточного вращения Земли, эти две установки позволяют полностью охватить всё небо. Инструментальные характеристики у обоих детекторов близки. Обсерватория имени Пьера Оже восстанавливает направление прилета частицы с точностью лучше 1°, а энергию — с точностью 12% (и на это еще накладывается 14-процентная неопределенность в калибровке энергетической шкалы). У ТА угловое разрешение составляет полтора градуса, а обе энергетические неопределенности — около 20%.

Для проверки корреляций между направлениями прихода нейтрино и космических лучей исследователи использовали две разные выборки нейтринных данных IceCube (плюс еще одна для контроля). Первая — это 39 широких каскадов с энергией выше 30 ТэВ. Такие каскады порождаются в основном электронными или тау-нейтрино. Из-за того что электромагнитный каскад (массовое рождение электрон-позитронных пар и фотонов) широкий, трудно

определить, с какого именно направления прилетело породившее его нейтрино; погрешность тут достигает  $15^\circ$ . Вторая выборка — это «треки» с энергией выше 70 ТэВ, вызванные мюонными нейтрино, которые, провзаимодействовав внутри объема детектора, превратились в мюоны. Таких событий набралось 16. Траектория мюонов восстанавливается отлично, и это позволяет определить направление породившего его нейтрино с точностью  $1^\circ$ . Со стороны детекторов космических лучей использовалась статистика побольше. Она включала 231 событие с энергией выше 52 млн ТэВ, набранное обсерваторией имени Пьера Оже за 10 лет работы, и 87 событий с энергией выше 57 млн ТэВ, отловленных детектором ТА за чуть меньший срок. На рис. 4 все эти события отмечены на небесной сфере.

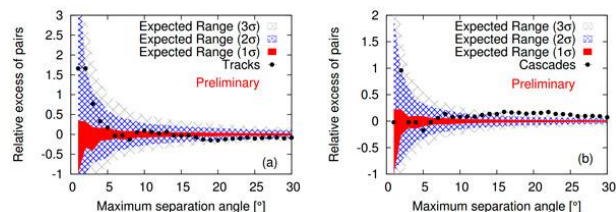


**Рис. 4.** Положение на небесной сфере (в галактических координатах) направлений прихода нейтрино высоких энергий (крестики и плюсики) и космических лучей экстремально высоких энергий (цветные символы). Рисунок из обсуждаемого [доклада](#) коллабораций IceCube, Pierre Auger Observatory и ТА

В работе было выполнено два типа сравнений. В первом не делалось никаких предположений относительно того, насколько отклоняются космические лучи на пути от источника к Земле. Исследователи просто перебрали все относительно близкие, в пределах  $30^\circ$ , пары «нейтрино + частица космических лучей» и построили распределение числа таких пар в зависимости от угла. Конечно, многие пары могли оказаться близкими чисто случайно. По этой причине физики смотрели не на сами эти данные, а на их превышение над равномерным случайным распределением, полученным в численном моделировании, без каких-либо корреляций. Такой анализ был проведен отдельно для нейтринных каскадов и для треков.

Второй тип анализа — это наложение друг на друга многочисленных однотипных изображений для усиления контраста слабых общих эффектов. Предположив, что каждое нейтрино указывает на какой-то реальный источник, «стреляющий» также и космическими лучами, физики взяли все участки неба вокруг нейтринных событий и наложили их друг на друга так, чтобы все нейтринные направления совпали. В полученной картинке они проверяли, нет ли какого-то превышения данных по космическим лучам по сравнению со случайным распределением на углах отклонения 3, 6 и 9 градусов (то есть при разных предположениях о том, как двигались частицы в магнитном поле). Опять же, этот анализ был выполнен отдельно для треков и для каскадов.

Результаты этих поисков оказались очень любопытными. В обоих вариантах анализа треки не продемонстрировали ничего выдающегося: картина распределения вполне согласовывалась с тем, что ожидалось бы от чисто случайных распределений. А вот каскады дали заметное превышение — причем тоже в обоих видах анализа. В первом типе анализа оказалось, что в данных присутствует слишком много пар, разделенных угловой дистанцией в  $15\text{--}25^\circ$ . Локальное отличие наиболее велико на угле  $22^\circ$  и достигает 3,3 стандартных отклонений (рис. 5). [Глобальная статистическая значимость](#) поменьше и составляет примерно 2,5 $\sigma$ .



**Рис. 5.** Превышение числа пар «нейтрино + частица космических лучей» с разными разделяющими их углами над случайным распределением. Слева показаны треки, справа — нейтринные каскады. Черные точки — результаты анализа, штриховой показаны полученные из моделирования области, в которые должны попасть данные в отсутствие корреляций. Рисунок из обсуждаемого [доклада](#) коллабораций IceCube, Pierre Auger Observatory и ТА

В анализе методом наложения тоже обнаружилось, что именно в каскадной статистике есть заметное превышение данных над случайным распределением. Наиболее сильным, более  $3\sigma$ , оно оказалось при угле отклонения  $6^\circ$ . Поправка на анизотропию космических лучей, впрочем, тоже слегка уменьшает статистическую значимость отклонения. С учетом того, что направление каскадов имеет погрешность  $15^\circ$ , два числа, полученные разными методами, вполне сходятся друг с другом.

Предварительный вывод таков: распределение астрофизических нейтрино и космических лучей сверхвысокой энергии по небу не стыкуется с предположением об их полной независимости. Вероятность того, что чисто независимое распределение тех и других смогло бы дать такую картину, — меньше одной тысячной. Авторы, конечно, пока не делают прямого вывода о том, что обнаружено совпадение источников обоих типов частиц, но подчеркивают, что получен потенциально интересный результат.

#### Нейтрино из галактик со звездообразованием

[Третья работа](#), тоже появившаяся в архиве совсем недавно, касается проверки одной гипотезы происхождения нейтрино высокой энергии, зарегистрированных IceCube. Существуют так называемые галактики с активным звездообразованием; к ним относят и Млечный Путь, и отдельный подкласс [галактик со вспышкой звездообразования](#) (starburst galaxies), таких как [NGC 253](#) (рис. 1). Считается, что в этих галактиках имеется достаточно много ударных фронтов в межзвездной среде, на которых могли бы интенсивно рождаться и нейтрино. Таких галактик много, они создают своего рода фон, и, в отсутствие идентифицированных точечных источников высоко-

энергетичных нейтрино, возникает желание списать данные IceCube на них.

Но достаточно ли много нейтрино они реально производят? Напрямую это измерить невозможно, поскольку мы не можем проследить за излучением каждой галактики, а также не знаем условия внутри них. Однако из этой, казалось бы, тупиковой ситуации есть элегантный выход, который тоже опирается на всесигнальный подход.

Мы уже упомянули выше, что нейтрино высоких энергий могут рождаться на ударных фронтах: протоны сталкиваются с ядрами, порождают заряженные пи-мезоны, а они при распаде дают нейтрино. Но с тем же успехом могут рождаться и нейтральные пи-мезоны — а они уже распадаются на два фотона. Поэтому ударный фронт должен порождать и нейтрино, и гамма-излучение, причем интенсивность и спектры обоих сигналов тесно связаны друг с другом. Отсюда следует вывод: если за нейтрино, пойманные IceCube, действительно ответственны такие галактики, то, значит, Вселенная должна быть заполнена гамма-фоном, распределенным изотропно, а не идущим только из точечных объектов.

Такой изотропный фон действительно существует. И хотя он в несколько раз слабее суммарного гамма-излучения от точечных источников, космический телескоп Fermi-LAT тщательно [измерил его спектр](#) во всём «ГэВном» диапазоне. Величина и спектр этого излучения как раз и позволяют оценить интенсивность рождения частиц на ударных фронтах в таких галактиках, а значит, и ожидаемые потоки астрофизических нейтрино.

На рис. 6 показан результат этого расчета. Красные точки — это данные Fermi-LAT по суммарному гамма-излучению в диапазоне энергий до 1 ТэВ. Примерно седьмая часть от этого потока идет от изотропного фона, поэтому красная кривая на этом графике проходит существенно ниже точек. Если на основании этой красной кривой предсказать поток нейтрино, то получится черная кривая (здесь, конечно, есть свои тонкости и неопределенности, но они для вывода не принципиальны). Видно, что черная кривая идет существенно ниже данных IceCube. Вывод отсюда простой: галактики со звездообразованием способны породить от силы 20–25% от того нейтринного потока, который видит IceCube. Таким образом, на одни только галактики астрофизические нейтрино не спишешь.

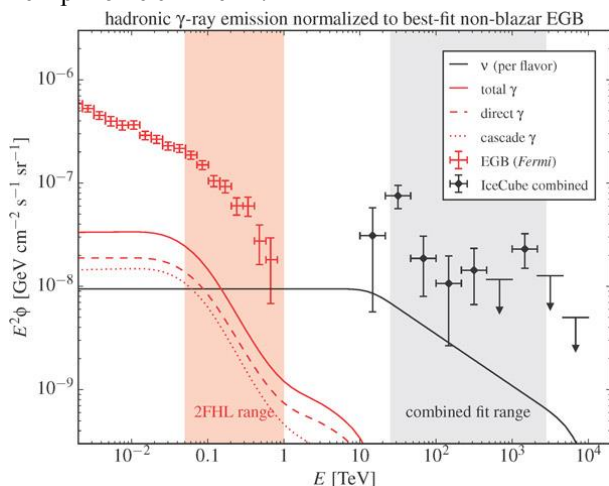


Рис. 6. Сравнение потоков гамма-излучения (красные линии и точки) и нейтрино высокой энергии (черные линии и точки).

Линии показывают теоретически ожидаемые потоки, отнормированные на изотропную компоненту гамма-фона (она примерно в 7 раз ниже красных точек, которые показывают полное гамма-излучение, включающее и точечные источники). График из обобщаемой статьи K. Bechtol et al., 2015. [Evidence against star-forming galaxies as the dominant source of IceCube neutrinos](#)

В этом, на первый взгляд, пессимистичном выводе есть и хорошая новость. Тот факт, что нейтринный фон от таких галактик невелик, повышает шансы увидеть в будущем точечные источники нейтрино — а ведь это куда интереснее. Если бы нейтрино удалось списать на фон, то шансы на такое наблюдение заметно бы снизились. Отрицательный результат сейчас подогревает надежду на более важное открытие в будущем.

## Перспективы

Нейтринная астрофизика сейчас на взлете. Вселенная стала доступна наблюдению через высокоэнергетические нейтрино всего пару лет назад, но уже сейчас, несмотря на скромную статистику, идет поток публикаций с очень любопытными результатами, которые без нейтрино не получить. Это направление исследований представляет собой новую, давно ожидаемую, но только сейчас реализованную компоненту всесигнального подхода в астрофизике. Пока что статистика астрофизических нейтрино высоких энергий очень невелика. Но, к счастью, ситуация будет быстро прогрессировать с каждым годом. Продолжает набор данных IceCube, а вскоре на помощь ему придут и другие нейтринные телескопы. ANTARES сейчас [превращается](#) в KM3NeT, тоже объемом в кубический километр, и он начнет поставлять сопоставимый объем данных по нейтрино сверхвысоких энергий. В озере Байкал с прошлого года работает и постепенно разрастается чисто российский пока нейтринный телескоп [Baikal-GVD](#) (GVD = Gigaton Volume Detector), который, благодаря отменным оптическим характеристикам озерной воды, уже скоро будет способен потягаться с IceCube. Ну и сам IceCube будет расширяться — места в антарктическом ледниковом щите более чем достаточно. Физики сейчас нацелились уже на объем в 10 кубических километров, но, правда, такой проект потребует значительного времени для реализации. Так или иначе, но, возможно, первые громкие открытия в нейтринной астрофизике последуют уже через несколько лет.

**Автор: Игорь Иванов,**  
кандидат физико-математических наук

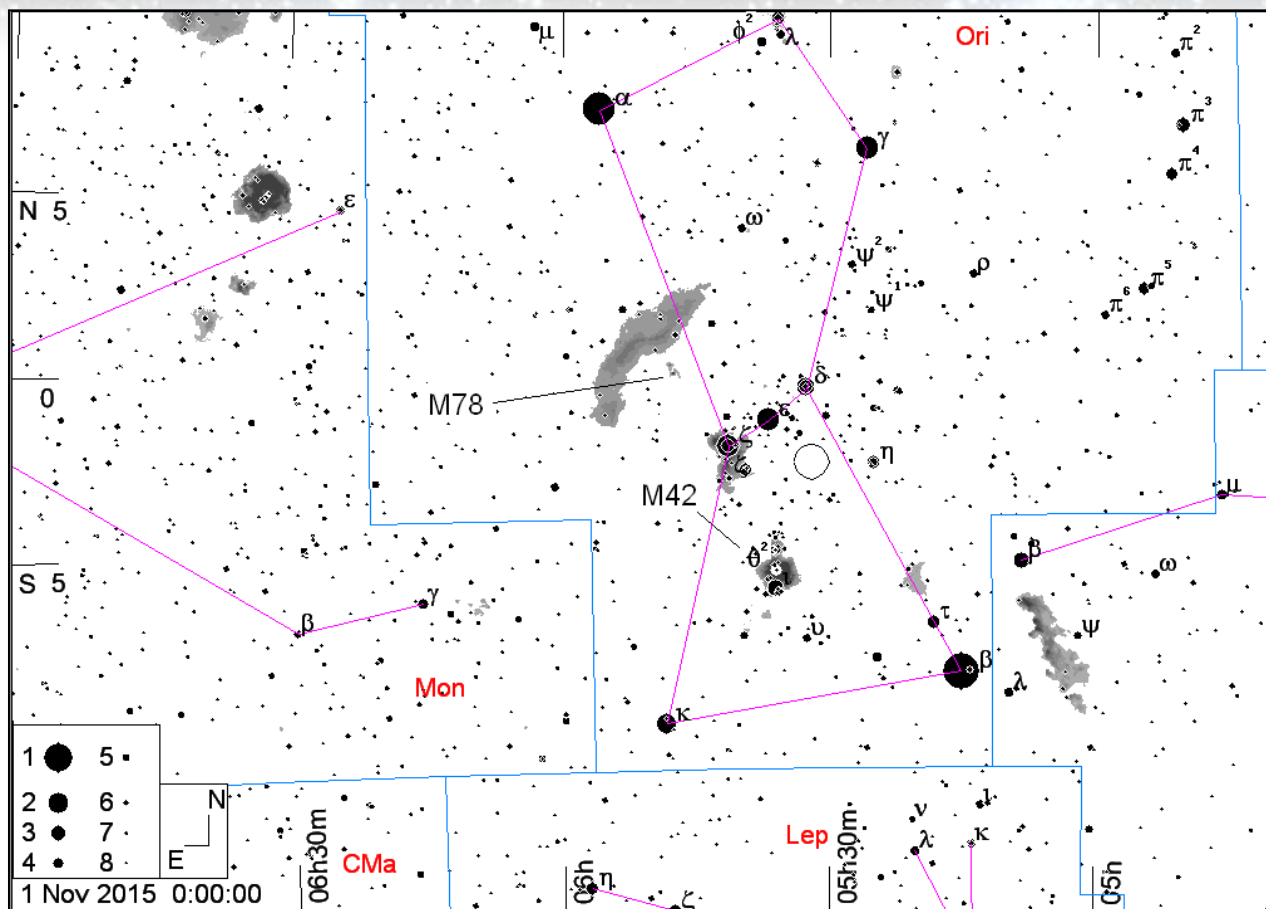
[Источник](#)

Подборка новостей производится по материалам с сайтов:

<http://lenta.ru/>, <http://www.universetoday.com/>,  
<http://elementy.ru/>, <http://www.eso.org>,  
<http://www.astronews.ru>



## Объекты Мессье: М43



Окрестности М43 (туманность является частью М42 – см. [журнал «Небосвод» за ноябрь 2015 года](#)) в созвездии Ориона. Guide 8.0

### М43

Расстояние.....1300 световых лет  
 Физический размер.....3 световых года  
 Угловой размер.....6' x 3'  
 RA.....5<sup>h</sup> 35.6<sup>m</sup>  
 DEC.....-5° 16'  
 Звездная величина.....6.8<sup>mag</sup>

#### История

В настоящее время с физической точки зрения М43 обычно считается частью М42, но исторически её принято рассматривать как отдельный объект. В 1733 году французский астроном Жан-Жак де Меран стал первым человеком, описавшим этот объект: «Яркая туманность вокруг звезды, похожая на атмосферу нашего Солнца, если бы она была достаточно плотной и яркой для наблюдения с такого расстояния». Очевидно, что в своём умозаключении француз был далёк от истины – его мысли просто отражали наиболее распространённые астрофизические воззрения XVIII века.

Мессье добавил М43 в свой каталог 4 марта 1769 года, в тот же день, что и Туманность Ориона. Он охарактеризовал М43 как «маленькую звезду, окружённую туманностью». Позже, в 1771 году, он выполнил и первую дошедшую до нас зарисовку М43.

В 1783 году Уильям Гершель описал М43 как «небольшую округлую белёсую туманность, слегка касающуюся Туманности Ориона». Из более поздних наблюдений он пришёл к выводу, что «центральная звезда М43 не имеет отношения к самой туманности и светит сквозь неё, словно Луна через облака». Сын Уильяма, Джон Гершель, стал первым, кто обнаружил «хвост» к северу от М43 и увидел несколько темных прожилок в самой туманности.

Не обошлось в это время и без откровенных заблуждений. Так, например, знаменитый Лорд Росс вообще отнёс М43 к семейству спиральных туманностей (т.е. современным языком – галактик), что, конечно, не имело ничего общего с реальным положением дел. Возможно, великого наблюдателя ввела в заблуждение характерная форма туманности, напоминающая запятую. Лишь в 1870-х годах окончательно удалось снять вопрос относительно физики объекта – М43



признали неотъемлемой частью Великой Туманности Ориона.

#### Астрофизический взгляд

M43 кажется отделённой от M42 только из-за наличия мощных тёмных газопылевых облаков, расположенных на переднем фоне по отношению к комплексу туманностей. M43 освещается и ионизируется очень горячей молодой переменной NU Ori, которая ещё не вышла на главную последовательность диаграммы Герцшпрунга-Рассела и относится сейчас к спектральному классу O7. Свой блеск она изменяет нерегулярно в диапазоне от 6,5<sup>m</sup> до 7,6<sup>m</sup>.

В 2001 году О'Делл обнаружил в M43 два объекта, которые, предположительно, могут являться протопланетными газопылевыми дисками. Эти образования вокруг молодых звёзд в недалёком по астрономическим меркам будущем могут привести к формированию планетарных систем.

Глубокие инфракрасные изображения показывают, что скопление «Трапеция», расположенное в центре M42, доходит на юго-западе вплоть до M43. Физический размер Туманности Мерана составляет 2-3 световых года, если исключить из рассмотрения наблюдаемые в северном и западном направлении протяжённые газовые «хвосты».

#### Наблюдения

M43 можно увидеть при помощи обычного полевого бинокля 10x50 в виде бледного туманного свечения вокруг «центральной звезды» седьмой величины. Туманность отделена от M42 большим тёмным промежутком около 3' шириной. Форма

запятой, впервые описанная Секки, заметна уже в небольшие 120-мм рефракторы.

350-мм рефлектор покажет M43 в виде яркой туманности и поможет выявить, по крайней мере, три тёмных «залива» в её восточной части. Кроме того, в M43 можно попытаться разглядеть три слабых звёздочки – первая расположена в тёмной области к западу от «центральной звезды», вторая – на северной оконечности «запятой», а третья – на южной окраине M43.

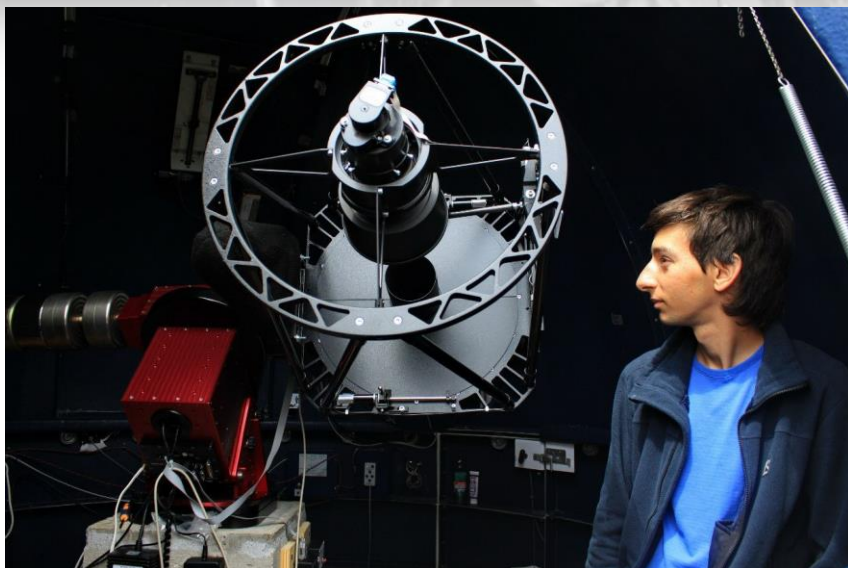
Определённый смысл при наблюдении Туманности Мерана имеет применение H-β фильтра, который позволит выявить некоторые интересные детали строения, но, при этом, заметно снизит контраст между тёмными «заливами» и яркой «запятой». Общий видимый размер M43 при этом составляет 6' x 3,5'.

В непосредственной близости от M43 могут быть найдены 17 переменных, но только одна из них – ранее уже упомянутая «центральная» NU Ori, легко доступна для любительских наблюдений даже в небольшие телескопы. Для обладателей же крупной оптики можно порекомендовать NQ Ori (12,1<sup>m</sup> – 14,1<sup>m</sup>), MU Ori (13,8<sup>m</sup> – 15,8<sup>m</sup>) и MS Ori (13,8<sup>m</sup> – 16,6<sup>m</sup>).

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

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

Специально для журнала «Небосвод»



*му Вы выбрали именно их в качестве основного направления своей научной деятельности? Ведь поле для потенциальных открытий достаточно широкое – от новых переменных до экзопланет...*

Большое число открытых астероидов связано с довольно легким их открытием на момент работы. Сейчас эта задача значительно сложнее, т.к. автоматические обзоры "Pan-STARRS" и "Catalina" за последние 5 лет открыли большинство ярких астероидов (все что ярче 20 зв. вел.). На одной какой-то конкретной тематике наблюдательной астрономии я не останавливаюсь. Открывал новые,

сверхновые, внегалактические новые, катаклизмические и переменные звезды (в ходе обзора NMW было открыто несколько сотен переменных звезд, но они в итоге не были опубликованы). Проводили фотометрические наблюдения и экзопланет в тестовом режиме. Занимаюсь наблюдениями метеорной активности и геомагнитных возмущений. По мере возможности наблюдаю кометы и запуски ракет с отечественных космодромов.

*Здравствуйте, Станислав! Первый вопрос рубрики «Интервью» традиционен – расскажите пожалуйста о том, как началось Ваше увлечение астрономией? Что привело Вас к этой замечательной науке?*

Добрый день!

Интерес к астрономии появился в десятилетнем возрасте. Самые ранние воспоминания: сообщение на ТВ о падении кометы Шумейкера-Леви-9 на Юпитер, астрономические статьи в журнале «Наука и жизнь». Затем прилетели кометы Хиакутаки и Хейла-Боппа. Тогда же появился первый инструмент: бинокль 20x60, и я начал ходить в астрономические кружки.

*Почему Вас так привлекла наукоёмкая астрономия? Чем обусловлено такое стремление – природной любознательностью или искренним желанием развивать астрономию как науку?*

В первую очередь это было желание самостоятельно убедиться в тех фактах, что написаны в книгах. Проследить солнечную активность (построить график числа Вольфа), метеорную активность, переменные звезды, путь астероидов и комет, события в системе спутников Юпитера. Затем желание сделать самостоятельное открытие. А уже позднее появилось желание поднять общий уровень наукоёмких наблюдений в России и ближнем зарубежье. В западных странах (Европа, США, Япония, Австралия) высокий уровень наукоёмкой любительской наблюдательной астрономии. А в России, которая занимает 11 часовых поясов, есть большой потенциал для наблюдений астрономических явлений.

*В среде любителей астрономии Вы, в первую очередь, известны своими многочисленными открытиями новых малых планет – астероидов. Почему*

*Насколько мне известно, Вы являетесь сотрудником обсерватории «Ка-Дар». В начале года на Астрофоруме говорилось о финансовых затруднениях, с которыми столкнулась обсерватория. Удалось ли решить возникшие проблемы?*

Да, проблема была временно решена поддержкой всех неравнодушных к судьбе обсерватории. Так же мы снизили затраты (уменьшили ежемесячную оплату спутникового Интернета, по которому происходит пересылка снимков, сменив тариф). Наблюдения на обсерватории не велись уже 2 года: вначале сломался спутник связи, затем произошли перебои с подачей электричества, много чего... После января 2016 года, мы надеемся, что ТАУ заработает в прежнем режиме.

*Какие перспективы Вы видите для развития наукоёмкой астрономии в России?*

У любительской наукоёмкой астрономии в России много перспектив: метеорная активность (эти наблюдения не требуют инструментов!), открытие и исследование переменных звезд и транзиентов, фотометрия комет.

*Можете ли Вы назвать себя любителем астрономии? Наблюдаете ли хоть иногда небо не в научных целях, а потому, что хочется?*

Да, даже когда работает робот-телескоп по обзору Млечного Пути в поисках вспышек новых звезд с



удовольствием выхожу на десяток минут посмотреть красоты нашей Галактики просто глазом. Наблюдения метеорной активности приносит большое эстетическое удовольствие. Раз в месяц (чаще не позволяют погодные условия) устраиваю выезды с телескопом в темные места для просмотра объектов далекого космоса (туманности, галактики, звездные скопления). Наблюдения полярных сияний и запусков ракет в основном являются удовлетворением эстетического интереса.

**Какое из своих открытий Вы считаете наиболее значимым или запоминающимся и почему?**

Открытие Новой Стрельца 2012 №1. На это открытие было потрачено 4 месяца непрерывных наблюдений (с 1 января до 21 апреля 2012 года) - когда прожил на горе в САО РАН рядом с БТА. Каждую ночь обзор на основе монтировки HEQ-5Pro с камерой ST-8300M и объективом Canon 135mm/2.0L снимал до 10 000 квадратных градусов неба (1/4 звездного неба) - программу автоматизации съемки создал Василий Вершинин. Каждый день после наблюдательной ночи приходилось проверять до 10 млн объектов с яркостью до 14 зв. вел. Предварительную обработку делала программа, написанная Кириллом Соколовским, а затем мне нужно было проверить все подозрительные объекты. Работа шла без выходных, только с перерывами на ночи с совсем плохой погодой. Бывало, что снимали небо даже в дырках между облаков или на уже очень светлом рассветном небе. Ложился спать в 8 утра, а уже в 12 часов нужно было вставать, чтобы успеть обработать снимки прошедшей ночи и подготовиться к следующей наблюдательной ночи. Конкуренция в области открытия галактических новых звезд

очень высокая. Большую часть новых звезд открывают японские любители астрономии. Но 21 апреля 2012 года нам повезло первыми зарегистрировать объект 9 зв. вел. в созвездии Стрельца. Открытие было сделано прямо на краю во всех смыслах: оставалось всего 6 дней до конца поездки, что длилась 120 дней, а объект вспыхнул всего в сотне пикселях от края кадра! Эмоциональное напряжение было очень высоким. Потому это открытие и запомнилось больше всего. Да и с научной точки зрения это был один из самых больших вкладов. Буквально месяц назад вышла подробная работа международной группы астрономов, в которой они подробно исследовали этот объект с помощью множества разных как наземных, так и космических обсерваторий (<http://arxiv.org/abs/1510.06751>).

**Есть ли у Вас какая-нибудь мечта, связанная с астрономией?**

Из того, что я еще не видел: вспышка галактической сверхновой (желательно, не слабее -5 зв. вел.).

Из более реалистичного: увидеть запуск с Байконура с близкого расстояния, а так же образование «медузы» от запуска на расстоянии в 2000 км от площадки. Надеюсь, что это все реализуется уже в июне 2016 года.

**Какие увлечения, кроме астрономии, есть у Вас? Не могли бы Вы рассказать о каком-то из них поподробнее?**

Ранее активно занимался парапланеризмом. Учился летать в Подмосковье, затем обучался горным полетам в Крыму, а самостоятельно летал в Архызе (САО РАН). Сам я имею страх перед высотой, т.е. когда я стою на краю крыши дома, но в момент полета его нет, т.к. он полностью контролируется. Но полеты на параплане это настоящий экстремальный вид спорта и самые опасные моменты: взлет и посадка. Еще во время обучения в Крыму, неверно рассчитав высоту, прошел всего в 10 см над отвесной скалой (горное плато) на скорости в 40 км/ч - пришлось приземляться на пятую точку с вытянутыми ногами вперед. На Кавказе, уже в период самостоятельных полетов, были случаи и столкновения с горами, приземлениями на крыши домов и посадками на площадки размером 10x10 метров на горе. Уже как 3 года не летаю, но надеюсь, что еще будет возможность вернуться к данному увлечению.

**Что Вы можете пожелать читателям журнала «Небосвод»? Ваше напутственное слово.**

Открывайте для себя Мир во всей его красоте! Ясного неба и успехов в наблюдениях!

**Станислав Короткий, сотрудник обсерватории ФПА «Ка-Дар»**

Специально для журнала «Небосвод»

Беседовал Николай Дёмин

# Раскрываем звёздные тайны

## Часть 2. Инструментальные наблюдения

Наблюдения переменных звёзд, проведенные с помощью ПЗС-камер и зеркальных фотоаппаратов, имеют научную ценность, если проводятся достаточно регулярно. Основное преимущество инструментальных наблюдений в документальности. Это значит, что провести фотометрию изучаемой переменной звезды можно не один раз, а несколько, в любое время. Подобное невозможно при визуальных наблюдениях. Однако, визуальные наблюдения обладают неким романтизмом — наблюдатель общается со звездным небом и видит в процессе наблюдений что происходит со звездой. Недостаток визуальных наблюдений в их субъективизме, т.е. проверить «поведение» той или иной звезды в данный вечер невозможно. Второе преимущество инструментальных наблюдений — возможность автоматизации работы.

Иногда у меня спрашивают, что дают наблюдения переменных звезд, ведь приходится на наблюдения и их обработку с отправкой данных в различные организации тратить много времени. Я всегда отвечаю, что такие наблюдения дают радость и удовлетворение от процесса труда и самих результатов, ощущаешь, что выполняешь нечто полезное для науки. В первую очередь это как хобби для души. Но уникальность такого хобби в том, что оно двигает вперед астрономию как фундаментальную науку. Как выразился мой старший приятель и соратник И.С. Брюханов: «Это наблюдения и исследования фаната-трудоголика для души».

В 2006 году я приобрел свою первую пзс-камеру Meade DSI Pro и 20-см телескоп-рефлектор. После некоторого обучения приступил к пзс-наблюдениям переменных звезд. Порадовала точность фотометрии для звезд 13-14 величины: 0.01-0.02 зв. вел. Удивила возможность с ПЗС-камерой регистрировать звезды до 19.5 величины, тогда как визуально на пределе видны звезды не слабее 12.5 величины.

Перечислю основные цели инструментальных наблюдений переменных звезд:

- Наблюдения неисследованных и малоизученных звезд, например заподозренных в переменности NSV-объектов из каталога GCVS. Список таких объектов можно получить, сделав соответствующий запрос к VSX. Цель наблюдений — определение и уточнение типов переменности, пределов колебаний яркости, периодов (циклов) изменения яркости.
- Определение экстремумов переменных звезд (моментов максимумов и минимумов). Это необходимо для изучения вариаций периодов во времени на основании анализа остатков O-C(E) или O-C(T). Здесь O — момент экстремума, определенный из наблюдений, C —

расчетный момент экстремума, E — порядковый номер экстремума, T- время. Например, наблюдения затменных переменных можно отправлять в Чешское Астрономическое Общество ([группа B.R.N.O.](#))

- Поиски новых переменных звезд. Большинство переменных звезд открыто автоматическими обзорами, например, CRTS. Но имеет смысл наблюдать с хорошим пределом (слабее 15) в районе Млечного Пути, куда CRTS не заходит, а также по склонению выше +72 градусов.
- Патрулирование вспышек катаклизмических переменных звезд. Процессы, приводящие к таким вспышкам, до конца не изучены, также зачастую неизвестны периоды между вспышками многих объектов. Наблюдения таких звезд не требует многочасовых наблюдений в течение ночи, достаточно взглянуть один раз в какой яркости находится та или иная звезда.

В качестве примера возможности скромного оборудования, приведу несколько результатов ПЗС-наблюдений. На рис.1 приведены результаты моих ПЗС-наблюдений затменной переменной VSX J212630.7+125640, открытой Леонидом Елеиным (команда ISON):

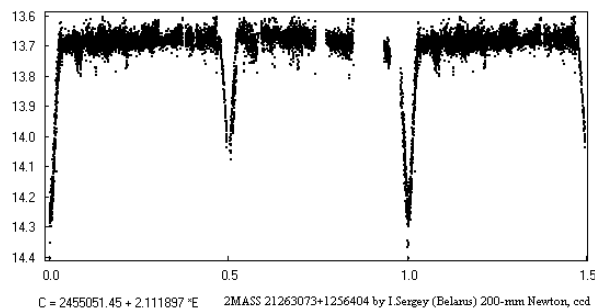


Рис.1

В журнале «[Переменные звезды](#)» вышла небольшая статья с результатами исследования ST Малой Медведицы на основании моих ПЗС-наблюдений и данных с фотопластин ГАИШ (наблюдения Брюханова И.С.).

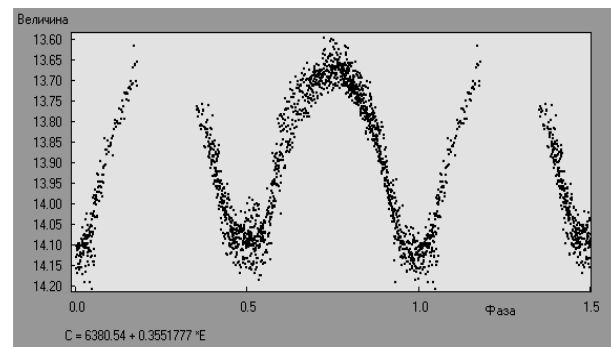


Рис.2

На рис.2 приведена кривая затменной системы в Цефее с деформацией кривой из-за дрейфующего пятна по диску звезды. На рис.3 показана открытая мной новая переменная типа дельта Щита:

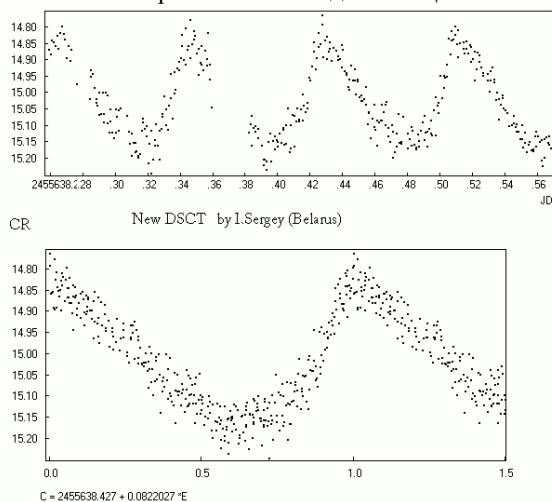


Рис.3

Приятной неожиданностью стало открытие 11 февраля 2011 года вспышки звезды типа UV Кита с ~21 до 13 величины в считанные минуты (рис.4) в созвездии Цефея (RA=00:26:41.6 DEC=+83:24:07.9).

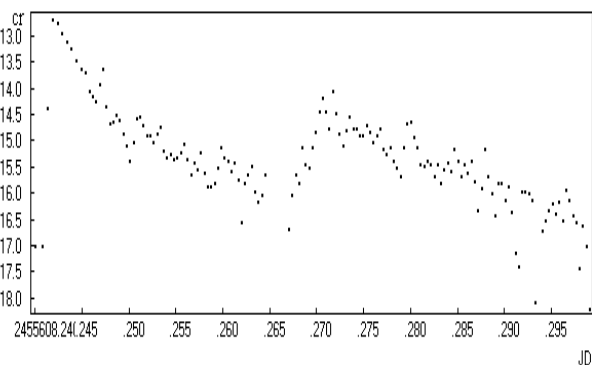


Рис.4

В 2011 году мной проведена серия удаленных наблюдений катаклизмических переменных звезд на удаленной обсерватории Tzec Maun (New Mexico, USA). Наблюдения до конца не обработаны (находятся в архиве). В результате наблюдений 30 января 2011 г. зафиксировал вспышку катаклизмы var80 Per до 14.2 вел., пропущенную наблюдателями AAVSO. 14 января 2014 г. удалось зафиксировать вспышку FN And до 13.8 вел. 14 декабря 2010 г. засек вспышку катаклизмы NN CAM с помощью удаленного 180-мм телескопа в обсерватории Tzec Maun (USA).

О своей цифровой фототеке мечтал с 90-х годов. Организация фототеки всего неба по ярким переменным звездам с помощью пленочного фотоаппарата оказалась делом весьма накладным, и я решил подождать «до лучших времен». И вот, в 2010 году приобрел свой первый цифровой зеркальный аппарат Nikon D60. После некоторого обучения и тестовых съемок приступил к фотопатрулю всего северного полушария с объективом «Zenitar» 2.8/16. На поле зрения порядка 70 градусов на пределе видны звезды до ~8.5 с экспозицией 30 сек. Всё небо было разделено на участки и началась регулярная съемка в raw-формате. С 2011 года начал дополнительные тестовые съемки отдельных районов неба с

объективом KO-140 (D=78 mm, F=140 mm). На поле примерно 6 на 9 градусов на пределе фиксируются звезды до 13 величины. Работа с фототекой была остановлена в 2014 г. из-за выхода фотоаппарата из строя и возобновлена в 2015 г. с Canon 400D. С этого же года дополнительно начал снимать весь Млечный Путь с объективом «Gelios-44» (2/58), на поле порядка 20 градусов видны на пределе звезды до 11.5 величины. Некоторые предварительные примеры программной фотометрии приведены ниже.

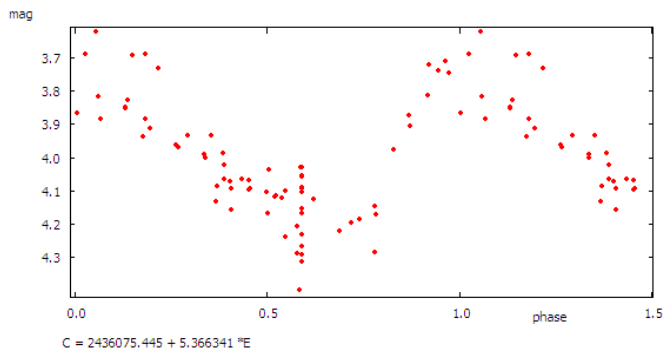


Рис.5

На рис.5 показана автоматическая фотометрия цефеиды дельта Цефея по фотонаблюдениям 2011 года с объективом «Зенитар». Точность фотометрии достаточна для определения моментов экстремумов. На рис.6 приведены результаты программной фотометрии яркой переменной бета Лирь по фотонаблюдениям в 2011-2012 гг.

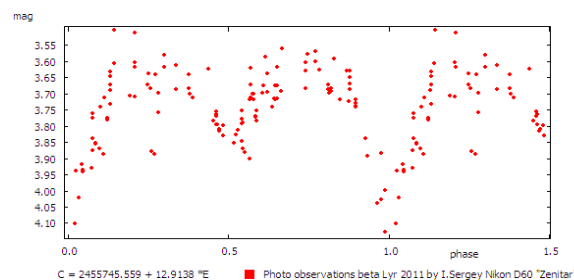


Рис.6

В настоящее время идёт процесс адаптации снимков на больших полях для обсчета в линуксовой программе VAST (автор К. Соколовский). Цель — массовая фотометрия всех звезд на всех снимках и создание фотометрической БД, к которой можно делать запросы и получать фотометрию необходимой звезды. На рис.7 показан фотоснимок поля альфа Лирь. Для уверенной программной фотометрии выбираю звезды до 6 величины, имеющие хороший SNR на снимках. Более слабые звезды очень хорошо оценивать глазомерно с экрана монитора. Программная фотометрия околопредельных звезд дает большие погрешности фотометрии.

Кроме создания фототеки, активно фотографирую в прямом фокусе 20-см телескопа районы неба, «содержащие» заподозренные в переменности объекты (NSV – звёзды). Так, на «решение» NSV 14753 было затрачено около 15 ночей. Звезда оказалась принадлежащей к интересному типу переменных ANB1 (рис.8).



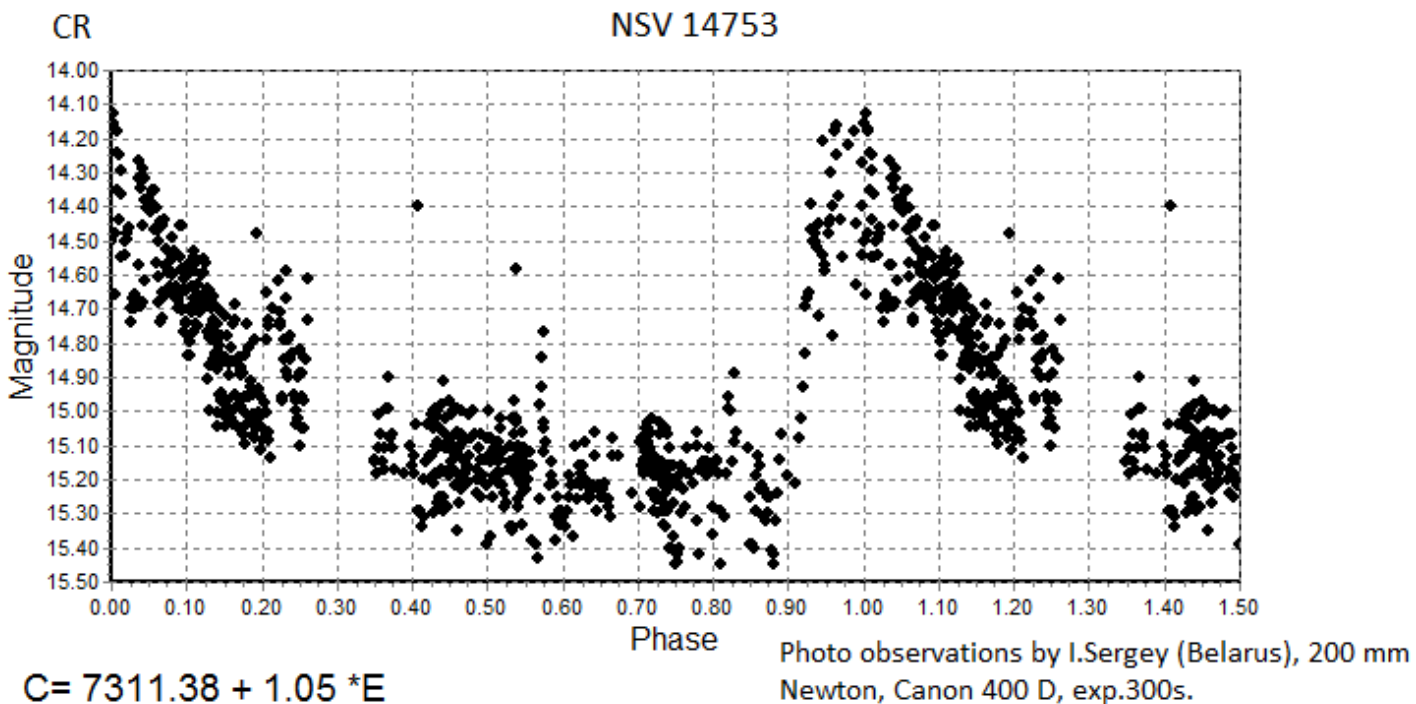
Рис. 7

Обычно программа наблюдений состоит из двух частей. Первая часть — фотографирование всего северного полушария и Млечного Пути. Вторая — фотонаблюдения NSV-звезд. ПЗС-камера, верой и правдой отслужившая мне 9 лет вышла из строя. Поскольку я активно веду поисковые работы на звездном небе, планирую приобрести еще один цифровой фотоаппарат. Преимущество их - относительная дешевизна по сравнению с астрономическими ПЗС-матрицами и большие размеры матриц.

Кроме фотонаблюдений активно использую возможности олл-скай камер, свободно транслиру-

ющие в открытый доступ изображения. Качество этих изображений невысокое, притом есть сильные деформации поля, приводящие к сильно деформированным изображениям звезд на небольших объектах. Однако, путём усреднения 4-9 отдельных снимков, можно получить приемлемую точность фотометрии (порядка 0.1 вел, или даже лучше!). На рис.9 показаны результаты глазомерных наблюдений Новой Стрельца 2015, проведенных мной по архивным снимкам олл-скай камеры в New Mexico (USA).

Рис. 8 (внизу)



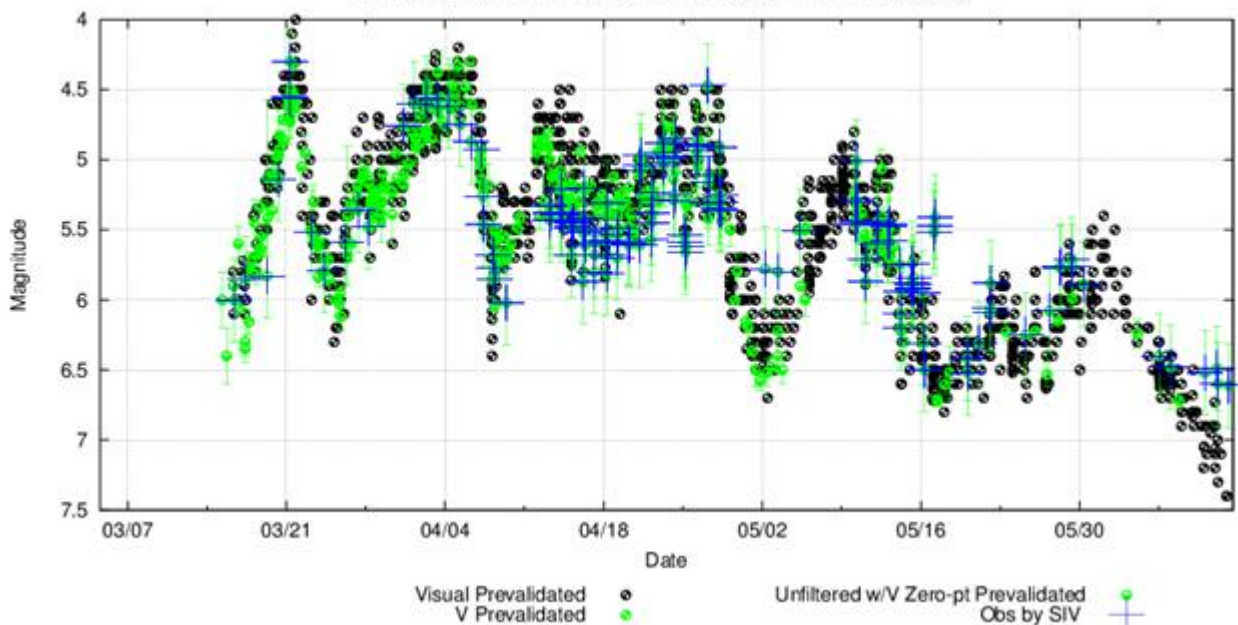


Рис.9

На рис.10 показаны результаты глазомерной фотометрии цефеиды эта Орла, проведённой Балюком И.И. Каждая точка на графике — результат усреднения нескольких снимков.

Качественная программная фотометрия на таких снимках затруднена из-за низкого качества материала и самого формата снимков (JPEG). Но вот глазомерная фотометрия показывает очень хорошие результаты. Промерять звезды можно до 6.5, почти 7 величины в особо ясные ночи, не засвеченные лунным светом. Преимущество снимков с олл-скай камер - непрерывные плотные и однородные данные, поступающие в течении многих лет. В будущем планирую также адаптацию таких снимков к расчету в программе VAST. Конечно, шансы на успех в этом деле невелики, но некоторая надежда все-таки есть.

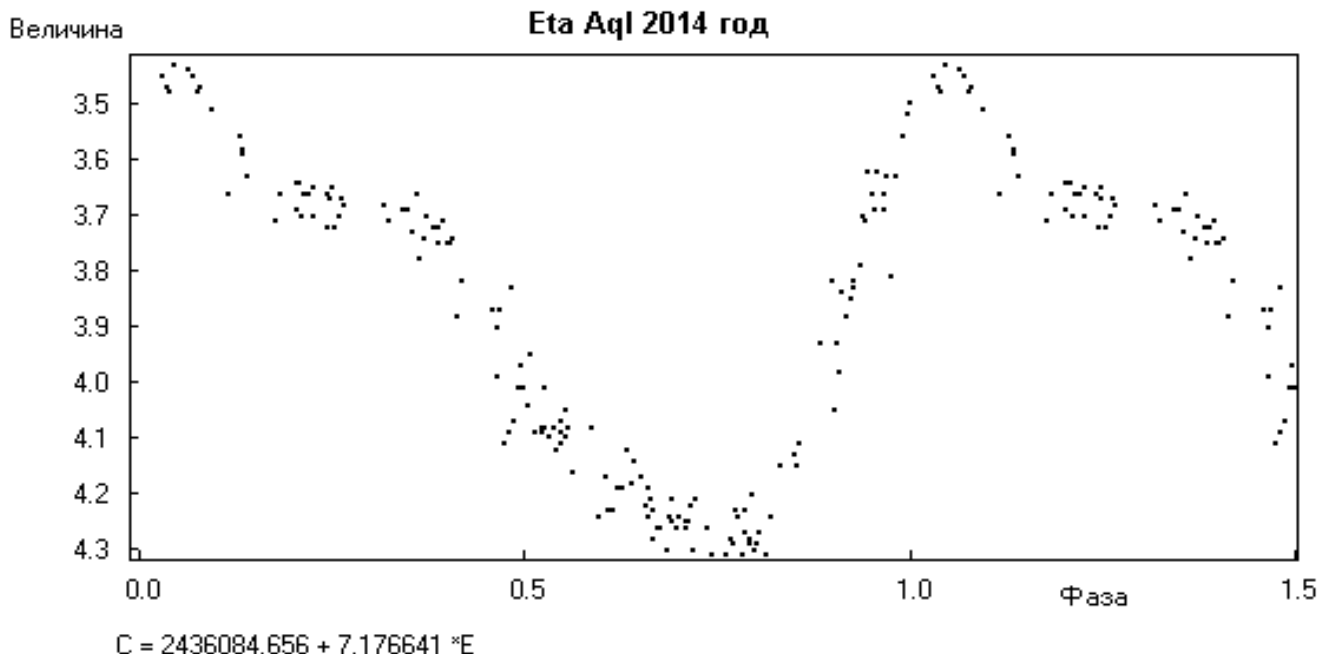
Рис.10 (внизу)

Наблюдения переменных звезд можно отправлять в американскую ассоциацию наблюдателей переменных звезд AAVSO ([www.aavso.org/vsx](http://www.aavso.org/vsx)). Проконсультирую всех желающих по вопросам организации, обработки наблюдений.

Мир переменных звезд очень богат и разнообразен. Путь наблюдателя и исследователя бесконечен. Начинающим наблюдателям и исследователям не нужно бояться ступить на данный путь. Дерзайте, наблюдайте и открывайте!

**Иван Сергей, любитель астрономии,  
г. Молодечно, Беларусь**

Специально для журнала «Небосвод»





## Галактика "Сомбреро"

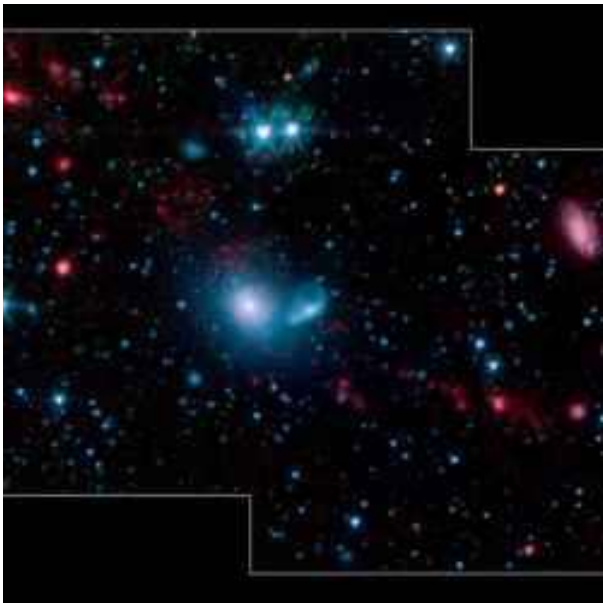


Вид галактики M104 напоминает шляпу, поэтому ее и назвали галактикой «Сомбреро». На картинке видны отчетливые темные полосы пыли и яркое гало из звезд и шаровых скоплений. Причины, по которым галактика Сомбреро похожа на шляпу — необычно большой центральный звездный балдж и плотные темные полосы пыли, находящиеся в диске галактики, который мы видим почти с ребра.

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

## Мир астрономии десятилетие назад

Карликовые галактики-спутники NGC 5291 богаты областями бурного звездообразования. Фото: NASA/JPL



Декабрь 1, 2005 - Когда галактики сталкиваются друг с другом, происходит катастрофа Вселенского масштаба. Но газ, пыль и звезды, «выплеснувшиеся» от взаимодействия галактик в пространство, не разлетаются в разные стороны, а снова группируются, образуя новые карликовые галактики, подобные нашим Магеллановым Облакам. Такие мини-галактики становятся спутниками родительских галактик, двигаясь от них на почтительном расстоянии, чтобы не попасть «под горячую руку поссорившихся родителей». Космический телескоп NASA «Спитцер» нашел несколько таких карликовых галактик около двух взаимодействующих галактик под общим обозначением NGC 5291. Кроме этого, «Спитцер» обнаружил, что миниатюрные спутники



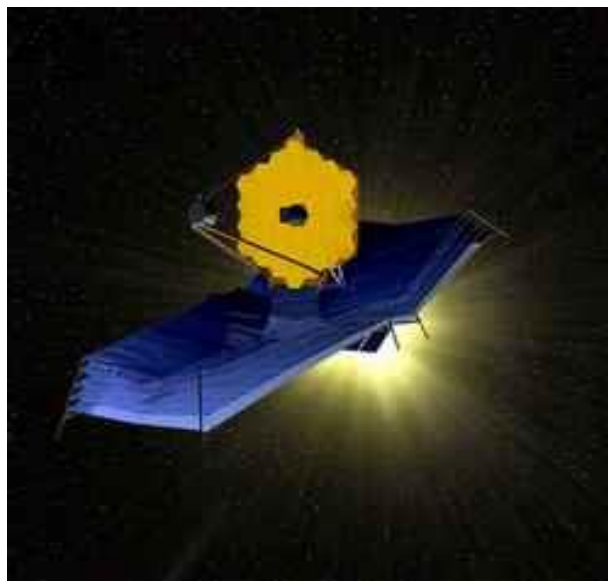
NGC 5291 богаты областями бурного звездообразования.

«Гюйгенс» и грунт Титана. Фото: ESA

Декабрь 5, 2005 - Спускаемый аппарат «Гюйгенс» достиг поверхности Титана 14 января 2005 года. Спуск в атмосфере спутника Сатурна занял 2 часа 28 минут. Во время спуска «Гюйгенс» измерял температуру, плотность, химический состав атмосферы Титана. Совершив мягкую посадку на поверхность, «Гюйгенс» оценил свойства грунта, который оказался не твердым и не слишком мягким. Этот грунт не похож на лед, но и не является осевшим аэрозолем. Он напоминает мягкую глину или утрамбованный снег или песок, поскольку аппарат при посадке продавил грунт на глубину 10 миллиметров. После посадки приборы «Гюйгенса» зарегистрировали признаки испарения метана. Это значит, что почва вокруг аппарата могла быть пропитана метаном. Возможно, «Гюйгенс» опустился на берег углеводородного моря после отлива.

Преемник «Хаббла» - космический телескоп «Джеймс Вебб» (JWST). Фото: NASA

Декабрь 6, 2005 - Немецкая компания Carl Zeiss Optronics подписала контракт для поставки оптических систем для двух инструментов, которые будут установлены на новом космическом телескопе имени Джеймса Вебба (JWST). Новый телескоп будет преемником космического телескопа «Хаббл». JWST планируется запустить в околоземное пространство в 2013 году. Ракетноситель типа «Ариан» выведет телескоп на орбиту, а затем его установят в одну из Лагранжевых точек (L2), где уравновешены силы тяготения. После того, как JWST охладится до температуры -230 градусов Цельсия, он сможет использовать свои чрезвычайно чувствительные инфракрасные датчики. При помощи этих датчиков новый телескоп сможет рассмотреть объекты сквозь самые плотные облака газа и пыли.



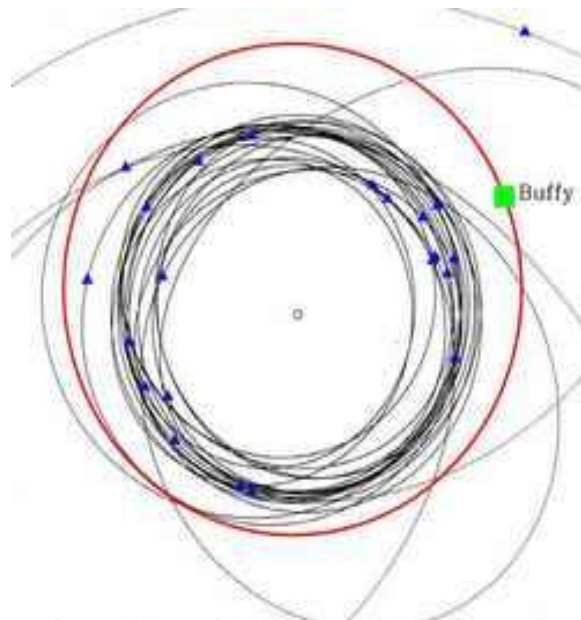


**«Хаббл» измерил точную массу Сириуса В. Фото: Hubble**

Декабрь 13, 2005 - Самая яркая звезда на ночном небе – Сириус. Ее блеск составляет – 1,5m. Она также известна под именем Звезда Пса, т.к. находится в созвездии Большого Пса. У этой звезды есть компаньон - белый карлик, именуемый Сириус В. Но спутник Сириуса очень слаб. Его светимость меньше, чем у главной звезды в 10000 раз! Неудивительно, что этот спутник был обнаружен лишь 1862 году, хотя его существование предсказал еще Бессель в 1844 году. Современные астрономы использовали возможности космического телескопа «Хаббл» и его чувствительных инструментов, чтобы уловить свет, излучаемый Сириусом В и измерить его массу. При диаметре всего 12000 километров, Сириус В обладает очень большой массой, равной 98 % массы нашего Солнца. При такой массе и размерах плотность Сириуса В такова, что один кубический сантиметр его вещества весил бы на Земле одну тонну!

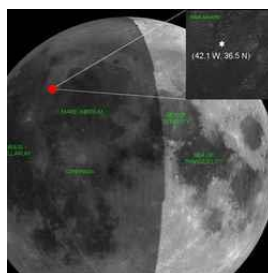
**Астероид Buffy – жертва резонанса. Фото: СФНТ**

Декабрь 14, 2005 - Международная группа астрономов обнаружила новый большой объект в Поясе Койпера. Это - область Солнечной системы за орбитой Нептуна. Объект поучил официальное обозначение - 2004 XR 190, но первооткрыватели уже дали ему имя Buffy. Орбита нового объекта наклонена под углом 47 градусов к плоскости эклиптики. Точные размеры Buffy пока не установлены, но, основываясь на его блеске, диаметр астероида оценивают в половину диаметра Плутона. Орбита 2004 XR190 близка к окружности, а его удаленность от Солнца колеблется между 52 и 62 а.е. (1 а.е. - среднее расстояние между Землей и Солнцем). Круговая орбита и сильный наклон к эклиптике заставляют предположить, что на Buffy повлияла проходящая мимо Солнечной системы звезда. Но недостатком такого предположения является круговая орбита, которая после гравитационного возмущения должна была стать вытянутым эллипсом. Особенности орбиты астероида способна объяснить другая гипотеза, согласно которой Нептун занял свою нынешнюю ор-



биту в результате «перестановки» планет, а астероид стал жертвой «гравитационного резонанса» - сложного эффекта, вызванного перестановкой. Похоже, 2004 XR190 - не единственный объект с такой предысторией, но найти другие очень трудно, т.к. такие объекты редкие гости в плоскости эклиптики, вдоль которой и ведутся поиски малых планет Пояса Койпера.

**Зафиксировано падение метеорита на Луну. Фото: NASA/MSFC/Bill Cooke**



Декабрь 26, 2005 – Современные технологии позволяют расширить область исследований нашей небесной соседки. Новое направление изучения Луны позволяет фиксировать падения на ее поверхность метеоритов, что и было сделано 7 ноября 2005 года. Вспышка от удара метеорита произошла на неосвещенном участке Луны, что сделало обнаружение этого неординарного события более доступным. Яркость вспышки была оценена в седьмую звездную величину. Любители астрономии смогли бы заметить эту вспышку даже в обычный бинокль. Крохотный метеорит из метеорного потока Таурид врезался в лунную поверхность со скоростью 27 км/сек, в результате чего на Луне образовался трехметровый кратер. Активность метеорного потока Тауриды приходится на начало ноября, поэтому астрономы отслеживали лунную поверхность более детально именно в этот период. Данный метеорит упал на берегу лунного Моря Дождей недалеко от Залива Радуги.

**Александр Козловский, журнал «Небосвод»**

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

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

# "Хаббл" - глаза Земли



В апреле 1990 года с борта американского корабля многоразового использования «Дискавери» был выведен на околоземную орбиту космический телескоп «Хаббл» - крупнейшая обсерватория для наблюдений в оптическом диапазоне спектра. Вес такого телескопа составляет более 12 тонн, а его длина превышает 13 метров. В то время на телескоп «Хаббл» возлагались большие надежды, но уже вскоре после запуска выяснилось, что главное зеркало телескопа диаметром более 2 метров обладает сферической аберрацией. Впрочем, это не помешало провести ряд научных и исследовательских наблюдений.

В конце 1993 года к «Хаббл» был запущен МТКК «Индевор», целью которого было техническое обслуживание телескопа. В течение недели астронавты заменили значительную часть электронных блоков, отремонтировали погнутую солнечную батарею и установили блок корректирующей оптики для устранения погрешностей главного зеркала телескопа. Уже после ремонта у телескопа стало ещё больше возможностей для наблюдений. Следующая ремонтная миссия к телескопу «Хаббл» состоялась в начале 1997 года. Тогда были заменены также важные электронные компоненты, установлен спектрограф и ИК-камера, с помощью которой планировались наблюдения по поиску планет у ближайших звёзд.

Этот телескоп оказался дорогостоящим, но эффективно работающим для науки. При помощи «Хаббла» удалось увидеть и исследовать различные мел-

кие детали разных астрономических объектов, которые ранее не были доступны для наблюдения наземным телескопам. За время существования телескопа «Хаббл» было получено множество чётких изображений планет Солнечной системы, которые раньше можно было сделать только с помощью межпланетных станций. За это время удалось провести ряд уникальных наблюдений - таких, как изменений вида полярной шапки Марса и остальной поверхности, впервые учёные смогли увидеть некоторые детали на поверхности Плутона, провести ряд наблюдений за извержениями вулканов на спутнике Юпитера Ио и многое другое. Также с помощью высокоточных снимков учёные смогли увидеть мельчайшие структуры и детали межзвёздных газовых туманностей, скоплений, были впервые обнаружены протопланетные диски. Также немало было проведено исследований пульсирующих звёзд, получены первые чёткие изображения квазаров. В некоторых галактиках удалось исследовать очень трудные для наблюдений звездно-газовые диски. Было обнаружено наличие эквивалентов гамма-всплесков в оптическом диапазоне. В 2013 году, после изучения сделанных телескопом в 2004 - 2009 годах снимков, был открыт спутник Нептуна S/2004 N 1. По сей день космический телескоп «Хаббл» продолжает свою многолетнюю работу, которая рассчитана ещё не на один год.

Всего за время существования «Хаббла» на околоземной орбите было совершено четыре ремонтных экспедиций к нему, последняя из которых прово-



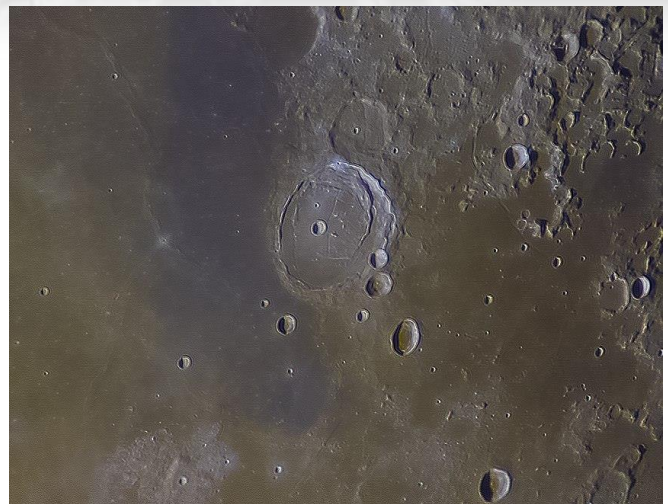
дилась в 2009 году. Дальнейшие действия по ремонту и обслуживанию пока не планируются. За 15 лет работы на околоземной орбите «Хаббл» получил более 1 000 000 изображений 22 000 небесных объектов — звезд, туманностей, галактик и планет. Данные «Хаббла» сначала сохраняются в бортовых накопителях, на момент запуска в этом качестве использовались катушечные магнитофоны, в ходе экспедиций 2 и 3А они были заменены на твердотельные накопители. Затем через систему коммуникационных спутников, расположенных на геостационарной орбите, данные передаются в Центр Годдарда.

Параметры орбиты «Хаббла» составляют: наклонение -  $28.5^\circ$ , апогей - 566 км, перигей - 561 км, период обращения вокруг Земли - 96.2 минуты. Наблюдения телескопа «Хаббл» из средних широт северного полушария практически не представляется возможным из-за малого наклонения его орбиты. Южнее 50 широты во время пролета «Хаббл» едва показывается из-за горизонта ненадолго вблизи своей верхней кульминации. Но из-за слабого блеска (порядка 5m) на практике увидеть его чаще всего возможно толь-

ко при помощи оптики. Автору этих строк за всё время наблюдений всего дважды удалось увидеть космический телескоп «Хаббл» (HTS) при помощи зрительной трубы при наблюдении с  $48^\circ$  северной широты. В этих краях «Хаббл» не поднимается выше  $3^\circ$  над южным горизонтом. Поэтому во время наблюдений в поле зрения трубы «Хаббл» был виден лишь слабой звездочкой с блеском около 4m. Для его нормальных наблюдений нужно ехать южнее 40-й широты, где «Хаббл» пролетает на достаточно приличной высоте на небосводе. В телескоп практически невозможно различить его форму ввиду малых угловых размеров для наблюдателя с Земли. Расписание видимых пролётов «Хаббла» можно найти на сайте [Heavens-Above](http://Heavens-Above).

**Александр Репной,**  
любитель астрономии, Украина

Специально для журнала «Небосвод»



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

Специально для журнала «Небосвод»



### Кратер Аристарх

23.11.2015 / Азов (Ростовская область)

Телескоп SW ВКР2001eq5 / Камера Canon EOS500d / Линза барлоу 2x + 5x цифровой зум  
EOS Movie Recorder/Pipp/Autostakert/Astra Image/Lightroom/PS Сложение 1000 кадров из 5000



Масштаб  
20 km



## Земля и малые тела Солнечной системы

### Ikke-planeternas Värld



Ytarea i miljoner km<sup>2</sup>

Ganymede 87 | Titan 83 | Callisto 73 | Io 41.9 | The Moon 38 | Europa 30.9 | Triton 23 | Pluto 17 | Eris 17 | Titania 7.8 | Rhea 7.3 | Oberon 7.3 | Sedna 7 | Makemake 7 | Haumea 6.8 | Iapetus 6.7 | Quaoar 6 | Charon 4.6 | Umbriel 4.3 | Ariel 4.2 | Dione 4 | Tetys 3.6 | Ceres 2.8 | Vesta 0.9 | Pallas 0.9 | Ereclaus 0.8 | Miranda 0.7 | Minos 0.5

## Опыт тестирования любительской астрономической оптики начального уровня



Завершая наш обзор оптики, подвергнутой испытаниям, позволим себе сделать некоторые общие замечания и дать советы тем, кто решил приобрести свой первый телескоп. Покупка инструмента – дело серьёзное и к нему нужно подготовиться. Очень желательно предварительно почитать литературу и иметь хотя бы общие представления о теории и устройстве телескопа. Одно из лучших руководств такого рода – знаменитая книга М.С. Навашина «Телескоп астронома-любителя», в первых главах которой эти вопросы освещены достаточно подробно и доступно, на этапе ознакомления с ними очень полезную роль может сыграть изготовление простейших астрономических труб с объективом из очкового стекла или насадочной линзы для фотоаппарата. Следует задуматься об основных целях наблюдений и о месте для размещения инструмента. Городское освещение сильно ограничивает, а часто и вовсе сводит на нет возможности наблюдения слабых протяжённых объектов: туманностей, галактик, звёздных скоплений. Уделом городского жителя, по крайней мере, на первых порах являются наблюдения Луны, планет, Солнца, двойных звёзд. Поэтому предпочтительным типом небольшого первого телескопа, с нашей точки зрения, является длиннофокусный рефрактор. Благодаря таким своим качествам как неприхотливость, простота обслуживания, отсутствие необходимости в периодической юстировке, быстрая термостабилизация, высокий контраст изображения и низкие светопотери он обладает преимуществом перед рефлекторами и катадиоптрическими системами небольшой апертуры, позволит любителю приобрести необходимый наблюдательный опыт и определиться с дальнейшими запросами и предпочтениями. Если выбрать рефлектор, то тоже лучше остановиться на

длиннофокусной модели, она проще юстируется и с большей вероятностью будет иметь качественную оптику.

Приобретая телескоп, не следует слепо доверяться рекламным проспектам. Отправляясь в магазин, при любой возможности нужно привлечь к покупке knowledgeable человека, разбирающегося в существе вопроса. Необходимо специально оговорить с продавцом возможность и сроки возврата некачественного товара, что в общем-то закреплено в законодательстве о защите прав потребителя. Не следует пренебрегать и возможностью предварительного испытания оптики прямо в

магазине, это больше относится к рефракторам, которые должны сохранять заводскую юстировку и поэтому не нуждаются в настройке. Для этого нужно запастись двумя вещами: светодиодным фонариком с экраном из фольги с несколькими маленькими дырочками, проделанными иголкой на твёрдой поверхности, и удлинительной трубкой для окуляра длиной около 10 см. Трубка нужна, чтобы не держать окуляр в руках, так как хода фокуса может оказаться недостаточно для фокусировки на конечной дистанции. Её можно склеить из бумаги или картона по диаметру посадочной юбки окуляра, у небольших телескопов это 1,25" или 31,8 мм, такой же внешний диаметр должен быть в той её части, которая вставляется в окулярную трубку телескопа. Если под рукой нет никаких окуляров, для изготовления трубки в качестве лекала можно использовать пластиковую коробочку для 35-мм фотоплёнки. Торговые залы крупных магазинов вполне позволяют расположить фонарик на удалении 20 метров и более, наведя на него телескоп и глядя в самый сильный из прилагаемых окуляров, можно оценить качество объектива на наличие астигматизма и комы. Слегка расфокусированные изображения в идеале должны быть круглыми и представлять собой систему концентрических колец, равномерно стягивающихся в точку при приближении к фокусу. Если изображения в до- и зафокале обнаруживают эллиптичность с взаимно перпендикулярными осями, то это говорит о наличии астигматизма, если центральная точка не лежит в центре внешнего кольца и кольца с одного бока ярче чем с другого, мы имеем дело с комой. Нужно иметь в виду, что при небольших увеличениях, менее 1,0-1,5 D, такая проба не будет показательной, так как к абберациям оптики будут примешиваться недостатки (в частности астигматизм) глаза наблю-



дателя. Все испытания по возможности нужно проводить без диагональных зеркал и призм. Внефокальные изображения позволяют судить и о коррекции сферической аберрации, хотя такая оценка не будет абсолютно точной из-за сравнительно небольшой дистанции до источника света. При хорошем исправлении этой аберрации при увеличении 1,5-2 D кольца во внефокалах при одинаковой величине расфокусировки не должны заметно отличаться по яркости и контрасту. Если кольца более яркие и резкие в дофокале, аберрация недоисправлена, если в зафокале – имеет место переисправление. Хроматизм рефракторов в определённой степени мешает оценке, поэтому рекомендуется рассматривать внефокалы через узкополосный зелёный светофильтр. При его отсутствии в качестве альтернативы можно изготовить искусственную звезду из яркого светодиода с зелёным цветом свечения, однако и в белом свете можно получить вполне определённые результаты, если абстрагироваться от цвета колец и обращать внимание только на яркость и контраст внешнего кольца до- и зафокала при равной величине расфокусировки. Кроме того, при значительной величине сферической аберрации дифракционная картина в фокусе будет видна с яркими, жирными дифракционными кольцами, количество которых больше двух. Конечно, детальное и точное исследование в таких условиях провести невозможно и для этого нужен некоторый опыт, но отсеять явный брак всё же будет вполне по силам.

В крупных городах есть возможность покупать товар в специализированных магазинах, где вероятность получить грамотную консультацию и приобрести качественный инструмент выше, хотя, к сожалению, далеко не все из них располагают демонстрационными залами, позволяющими провести простейшие испытания. В этом случае остаётся только попытаться удостовериться хотя бы в качественной центрировке объектива. Многие линзовые объективы имеют совсем небольшой воздушный промежуток между компонентами, что позволяет видеть в них кольца Ньютона. Можно наблюдать их в свете люминесцентных ламп, но лучше в рассеянном монохроматическом свете, воспользовавшись, например, лазерной указкой, прикрытой листком полупрозрачной бумаги. Освещая объектив спереди, поместив глаз и указку как можно ближе к оси трубы, смотрим, совпадает ли центр системы колец с геометрическим центром объектива. При отклонении более 5-7 мм можно уже ожидать появления заметной комы в изображении, от покупки такого экземпляра лучше воздержаться. Полезно применить чеширский окуляр или лазерный коллиматор, это позволит более детально проверить юстировку, но предварительно необходимо научиться пользоваться ими. К счастью, во многих специализированных магазинах астрономической оптики считается нормой давать возможность возвратить инструмент в течение двух недель, если качество его не устраивает потребителя, при условии сохранения товарного вида.

Идеальных телескопов, как известно, не существует, но нужно помнить, что при выборе инструмента приоритетным критерием должно быть именно ка-

чество оптики. Хорошую трубу со временем можно доукомплектовать более качественными окулярами, диагональю, оснастить улучшенным фокусёром, более мощным искателем, поменять монтировку, но телескоп с плохим объективом никогда не сможет принести радость своему владельцу. Обращаться с оптикой нужно чрезвычайно бережно и осторожно, как это делать, достаточно подробно описано в литературе. Не стоит чрезмерно увлекаться чисткой и мытьём. Объектив хорошего рефрактора ни в коем случае не надо разбирать, а уж если это по какой-то причине крайне необходимо, обязательно нужно отметить взаимное положение линз V-образной карандашной меткой, проведённой по их боковым поверхностям, обязательно захватив обе линзы. Вынимать линзы нужно путём переворачивания оправы после вывинчивания фиксирующего кольца, придерживая их рукой через чистую, мягкую полотняную или бумажную салфетку. При сборке – наоборот, оправка надевается сверху на сложенные вместе линзы, которые держат рукой через салфетку. Для более крупных и тяжёлых объективов можно предложить другой способ: использовать стакан, покрытый салфеткой, на который осторожно передней линзой вверх опускать объектив со снятым прижимным кольцом. Линзы и оправка обязательно должны монтироваться в том же положении, что и до разборки. Не следует с усилием завинчивать прижимное кольцо, также надо избегать чрезмерного затягивания винтов, фиксирующих пластиковые оправы недорогих телескопов, от этого они могут деформироваться и эти деформации передадутся оптике, что скажется на качестве изображения. Нужно отметить, что пластик обладает весьма заметным коэффициентом температурного расширения и на холоде теряет эластичность, поэтому необходимость ослабления прижимного кольца при зимних наблюдениях может возникать у недорогих рефракторов. Однако выполнение этой операции оправдано лишь в тех случаях, когда наблюдения в хорошо отстоявшийся инструмент при хороших атмосферных условиях доказывают появление на холоде астигматизма или комы. Основная задача по уходу за инструментом – оберегать оптику от пыли и нанесения сетки мелких царапин во время чистки. Поэтому самый щадящий и безопасный метод ухода за объективом или зеркалом – удаление пыли при помощи струи воздуха из специальной резиновой груши, которая, как правило, имеется в ассортименте товаров астромагазинов. Для удаления жирных пятен и других загрязнений необходимо обзавестись запасом чистого ректифицированного медицинского или изопропилового спирта, а также дистиллированной воды.

*Продолжение следует...*

**Евгений Давыдовский, Ольга Сулимова**  
*любители астрономии, г. Брянск*

Сильно сокращённая версия статьи публиковалась в журнале "Земля и Вселенная" №4, 2013г. Полная версия материала любезно предоставлена авторами специально для журнала «Небосвод»

## Об усовершенствовании недорогих любительских телескопов-рефракторов и их юстировке



Итак, Вы приняли решение доработать оправу своего рефрактора и (или) улучшить его юстировку. Как и в какой последовательности с практической точки зрения подойти к выполнению этой задачи? Существуют разные методы юстировки линзовых объективов, в т.ч. с использованием различных коллиматоров (светодиодных, лазерных). Мы опишем метод, являющийся может быть не самым простым и быстрым, но не требующий каких-либо сложных и дефицитных приспособлений. Его достоинством также является возможность непосредственно наблюдать и оценивать качество дифракционной картины светящейся точки, что даст наглядное представление об ожидаемом качестве инструмента в целом.



*Искусственные звёзды, сделанные из светодиодных фонариков.*

Будет рассмотрена юстировка традиционного ахроматического дублета, но многие положения можно применить и для юстировки дублетов с ED стёклами. Для выполнения работы нам потребуются искусственная звезда и так называемый чеширский окуляр.

ляр. В принципе, вполне можно обойтись и без этих приспособлений, не имея вообще ничего, но искусственная звезда и чешир помогут сэкономить время и получить больше уверенности в конечном результате.

Сделать искусственную звезду можно практически из любого светодиодного фонарика, которые продаются сейчас повсюду. Подойдёт фонарик как с фокусирующей линзой, так и без неё, лишь бы источник был ярким светодиодом, желателен белого свечения. Впрочем, если есть сомнения в правильности коррекции сферической аберрации нашего рефрактора, то может понадобиться ещё источник зелёного света, либо зелёный светофильтр.



*Чеширский окуляр и узкополосный зелёный фильтр Baader Solar Continuum.*

Из светофильтров идеально подойдёт узкополосный Baader Solar Continuum с длиной волны 540 нм, что очень близко к длине волны зелёной линии ртути 546 нм, которая часто используется как опорная при расчёте ахроматических объективов. Однако он достаточно дефицитен и дорог. Вместо него можно воспользоваться плотным зелёным фильтром из цветного стекла или, на худой конец, фильтром O-3, если только мы не собираемся тестировать короткофокусный ахромат. Альтернативой фильтру может служить самодельный точечный источник света из яркого светодиода зеленого или жёлто-зелёного цвета свечения, а также зелёный лазер, направленный на полированный шарик, например, от подшипника. Из фонарика сделать искусственную звезду очень просто, нужно лишь изготовить экран с маленькой дырочкой. Для этого подойдёт пищевая алюминиевая фольга, которую следует проткнуть иголкой на твердой поверхности. Если поверхность очень твёрдая (стекло, металл), то лучше под фольгу подложить один лист газетной бумаги. Дырочка в экране должна находиться прямо перед светодиодом как можно ближе к нему. Располагать звезду следует на расстоянии не менее 30-40 фокусных расстояний объектива тестируемого телескопа. Работать лучше

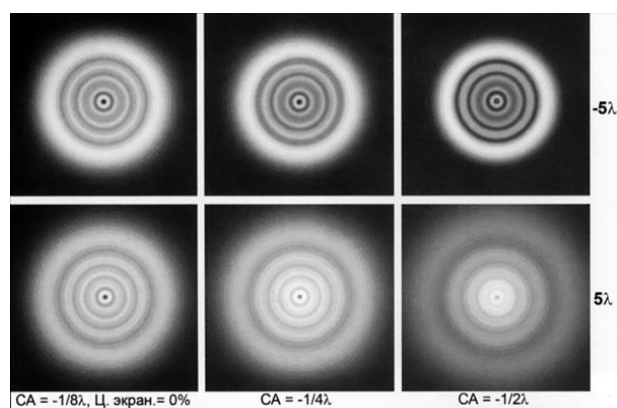
всего в длинном помещении или коридоре, либо на улице в нежаркий пасмурный день, следует избегать ставить звезду над асфальтом, теплотрассой. Для наблюдения картины светящейся точки потребуются сильные окуляры, обеспечивающие увеличения около 2D или выше, в случае необходимости можно применить линзу Барлоу. При отсутствии искусственной звезды следует воспользоваться солнечными бликами на изоляторах или наблюдать одну из настоящих звёзд, из которых наиболее удобна Полярная.

Юстировку рефрактора надо проводить без диагонали. Некоторые любители могут не согласиться с такой рекомендацией, но мы считаем этот подход более правильным. Во-первых, диагональ отнюдь не является необходимым атрибутом телескопа-рефрактора, во многих случаях можно обходиться без неё, что только будет способствовать улучшению качества изображения. Во-вторых, при наблюдениях могут устанавливаться разные диагонали, каждая из которых будет иметь индивидуальную погрешность, наконец, телескоп может использоваться для съёмки в главном фокусе, при которой диагональ уж точно не к чему. Единственное исключение можно сделать для диагонали, сопряжённой с хроматором, но этот случай сейчас не рассматривается. К сожалению, не все телескопы имеют достаточный ход фокусёра для работы без диагонали, тем более если объект не находится в бесконечности, поэтому не исключено, что придётся удлинить окулярную трубку. В качестве удлинителя можно использовать корпус Барлоу со снятой линзой, при её отсутствии придётся изготовить удлинительную трубку, склеенную, например, из бумаги или картона, длина её потребует не больше 5-7 см.

Очень полезным инструментом является уже упоминавшийся выше чеширский окуляр. Некоторые телескопы имеют его в комплекте поставки, например, серия Celestron OMNI, но его можно приобрести отдельно во многих магазинах астрономической оптики. Есть два варианта этого прибора: короткий и длинный. Длинный обычно используется для юстировки рефлекторов, мы имели дело с коротким, но для юстировки рефрактора ничто не мешает применять оба варианта. Чеширский окуляр имеет скошенное под углом  $45^\circ$  окошко с отражающим экраном, в центре которого находится небольшое отверстие для наблюдения. Когда чешир вставлен в окулярную трубку, при направлении на экран достаточно яркого рассеянного света, например, от окна, глядя в отверстие, мы будем наблюдать на объективе один или несколько круглых светлых бликов. По этим бликам можно судить о правильности положения оправы с объективом относительно оси инструмента. Если оправа выставлена правильно, и главная оптическая ось совпадает с осью трубы и окулярной трубки, то при любом положении окулярной трубки мы увидим только один блик.

При отсутствии чеширского окуляра можно воспользоваться методом креста Максута. Для этого на листе бумаги нарисуем маркёром или фломастером хорошо видимый крест, в месте пересечения линий продеваем небольшую дырочку, в которую будем смотреть на объектив. Вставим в фокусёр какой-нибудь сильный окуляр с небольшим диаметром

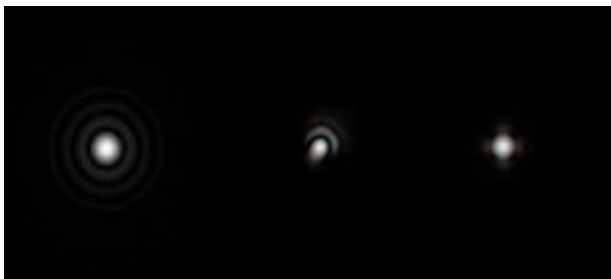
линз, укрепим трубу телескопа на столе или на монтировке. Лист бумаги с крестом поместим перед объективом и будем смотреть на объектив через дырочку в листе. Лист можно несколько наклонить вбок, чтобы падающий свет хорошо освещал его. На объективе увидим несколько отражений креста от поверхностей линз, двигая лист, постараемся совместить эти отражения с точкой, образующейся в центре окулярной трубки от линз окуляра. Если при этом удаётся совместить все отражения креста в одно, то объектив установлен правильно. Однако нам этот метод показался менее удобным, поскольку помимо опоры для трубы требуется какая-то дополнительная опора для листа с крестом, держать его неподвижно в руках довольно затруднительно. Для работы с чеширским окуляром требуется только опора для самого телескопа и источник света.



*Проявления сферической аберрации во внефокалах при расфокусировке в  $5\lambda$  в оптике без центрального экранирования.*

Прежде чем начать что-либо делать с нашим телескопом, мы должны ответить на вопрос: нуждается ли он вообще в какой-либо дополнительной юстировке? Для этого необходимо чётко представлять, что должен показывать хороший рефрактор с идеальной коллимацией. Расположив искусственную звезду метрах в 40-50 или дальше, наведём на неё трубу и поместим изображение звезды в центре поля зрения, наблюдение ведём без диагонали. При увеличении около 2D (D—диаметр объектива в миллиметрах) увидим небольшой круглый светящийся диск, окружённый идеально круглым неярким колечком. Это классическая картина Эйри, которую можно смоделировать в программе Aberrator и которая должна быть хорошо знакома любому наблюдателю. При большом блеске искусственной звезды можем увидеть ещё более слабые второе или даже третье кольцо, при этом изображение, даваемое объективом-ахроматом, будет окружено более или менее протяжённым фиолетовым ореолом. Другой цвет ореола, отличный от фиолетового, например, красноватый, будет говорить об отличии хроматической коррекции объектива от классической. В правильном визуальном ахромате красноватый цвет не должен присутствовать, его в небольшом количестве можно допустить только в короткофокусном рефракторе в самом основании ореола, основная же часть всё равно должна быть фиолетовой. Идеальных объективов не существует, поэтому в реальном хорошем инструменте можно увидеть некоторые

артефакты, например, небольшие разрывы в первом дифракционном кольце, слегка желтоватую или желтовато-зеленоватую окраску дифракционного диска белой звезды вследствие хроматизма. Если дифракционные кольца слишком яркие и их много, это должно насторожить в плане наличия значительной сферической аберрации. При небольшой расфокусировке хорошего ахроматического рефрактора в дофокале увидим несколько концентричных абсолютно круглых колец желтовато-белого цвета, окруженных равномерным красноватым ореолом в виде размытого кольца и гораздо более протяженным фиолетовым ореолом. Все кольца и ореолы должны обладать осевой симметрией относительно центра, сами кольца не должны выделяться своей яркостью относительно друг друга. В зафокале также увидим осесимметричные кольца равномерной яркости, только салатно-зеленого цвета, в центре будет находиться фиолетовое пятно. Если поставим чеширский окуляр, то на объективе мы должны увидеть один единственный круглый светлый блик с небольшим темным пятнышком в центре. Всекие отклонения от описанной картины будут свидетельствовать о том, что инструмент нуждается в юстировке. При этой пробе можно выявить следующие основные недостатки телескопа:



*Фокальные изображения точки при сферической аберрации, коме, астигматизме.*

1) Астигматизм – изображение в фокусе будет иметь крестообразную структуру, внефокалы при небольшой расфокусировке имеют эллиптическую форму, причём направление больших осей в дофокале и зафокале будут перпендикулярны. При небольшой степени астигматизма диск Эйри с дифракционным кольцом в фокусе остаётся видимым, но в кольце можно заметить четыре взаимно перпендикулярных более ярких участка. Причиной астигматизма может являться наклон объектива, а также неправильная, корытообразная форма линз. Иногда можно наблюдать трёхлучевой астигматизм: внефокалы имеют треугольную форму с закруглёнными углами, в фокусе изображение точки тоже напоминает треугольник, могут быть видны три светлых участка дифракционного кольца или три светлых луча. Причиной является пережатие линз юстировочными винтами либо прижимным кольцом при наличии трёх межлинзовых прокладок.

2) Кома – изображение в фокусе несимметрично, первое дифракционное кольцо с одной из сторон ярче, с этой же стороны могут просматриваться участки второго, третьего и последующих колец. При сильной коме картина Эйри вообще плохо видна, изображение звезды напоминает комету с хвостом.

При наблюдении внефокалов также увидим, что кольца с одной из сторон будут ярче, причём расположение более ярких участков в дофокале и зафокале совпадает, но противоположно направлению на яркие сегменты колец в фокусе. Кома может быть обусловлена неравномерной толщиной межлинзовых прокладок либо поперечным сдвигом одной линзы относительно другой. При неравной толщине прокладок со стороны более тонкой изображение окрасится в красноватый цвет. При смещении передней линзы вбок в направлении смещения появится фиолетовая окраска, а с противоположной – красная. Это так называемый «семафор». Не следует путать это явление с атмосферной дисперсией. При ней в случае наблюдения без диагонали красноватая каёмка всегда будет сверху, а голубая – снизу. Проверочным тестом будет наблюдение светил близ зенита, наблюдение искусственной звезды, а также вращение трубы.

3) Сферическая аберрация (3-го порядка) – при небольшой одинаковой расфокусировке внефокалы будут иметь различающуюся яркость и контраст. При недоисправленной аберрации в дофокале кольца резкие и контрастные, внешнее кольцо ярче остальных. В зафокале наоборот, кольца, особенно внешнее, более тусклые и размытые. При переисправленной сферической аберрации картина обратная. Кроме того, можно заметить, что при одинаковом количестве колец расфокусировки тот из внефокалов, что более тусклый и размытый, будет больше по размерам. В обоих случаях в картине Эйри в фокусе яркость дифракционных колец повышена и может наблюдаться большее их количество.

Считается допустимой величина сферической аберрации до  $1/4\lambda$ , но понятно, что чем она будет меньше, тем лучше. Стоит однако отметить, что незначительная переисправленная аберрация в линзовом дублете предпочтительнее недоисправленной. Связано это с тем, что при ночных наблюдениях, когда температура воздуха падает, передняя линза охлаждается сильнее, её форма изменяется в большей степени, причём так, что идеально исправленный объектив до наступления полной термостабилизации покажет некоторую недоисправленную сферическую аберрацию. В слегка переисправленном объективе она окажется частично или полностью компенсированной. Оценивать сферическую аберрацию ахромата рекомендуется в зелёном свете с узкополосным фильтром, длина волны которого находится близ максимума дневной чувствительности глаза, т. е. около 550 нм, наиболее подходящим из числа доступных является упоминавшийся Baader Solar Continuum. Не берёмся судить, насколько это согласуется с теорией, но чисто эмпирически нами было подмечено, что, например, при равной расфокусировке в 5 колец, если разделить диаметр большего внефокала на диаметр меньшего и вычесть единицу ( $D/d-1$ ), то получится число, приблизительно равное величине сферической аберрации, выраженной в долях длины волны искажения волнового фронта, по крайней мере в диапазоне  $0-1/2\lambda$  ([www.shvedun.ru/spherical.htm](http://www.shvedun.ru/spherical.htm)). В случае идеального объектива при самой малой расфокусировке, всего в одно кольцо, со стороны обоих внефокалов в центре

должно наблюдаться маленькое совершенно чёрное пятнышко без признаков наличия светлой точки, при этом оба внефокала должны быть совершенно одинаковы. Такую пробу выдерживает далеко не каждый даже очень хороший объектив. Однако ориентировочную оценку коррекции сферической аберрации можно сделать и без всяких фильтров, нужно лишь внимательно рассмотреть зафокал. Если при небольшой расфокусировке кольца в нём видны отчётливо, то объектив можно считать неплохим. На астрономических форумах описано немало случаев, когда в зафокале вместо колец видно только сплошное мутное пятно, свидетельствующее о значительной недоисправленной аберрации.

С чего следует начать, если объектив ранее уже разбирался или изначально показывает плохую картинку? Мы посоветовали бы первым делом проверить равномерность толщины межлинзовых прокладок. Встречаются объективы, в которых линзы разделены кольцом, но и в них межлинзовый промежуток может оказаться неравномерным из-за попадания какой-нибудь соринки. В большинстве имеющихся на нашем рынке рефракторов линзы разделены тремя прокладками, причём в китайских инструментах они, как правило, делаются минимальной толщины, около 0,15 мм. Существует очень простой метод проверки таких объективов: наблюдение колец Ньютона в отражённом свете. Чтобы их увидеть, можно воспользоваться светом обычной люминесцентной лампы. Направляем свет на объектив и смотрим на него спереди, немного меняя положение головы. При указанной толщине прокладок увидеть кольца не составляет большого труда. Центр системы колец должен совпадать с геометрическим центром объектива. Совпадение неплохо фиксируется на глаз, но для большей точности можно приложить к оправе линейку. Поскольку смотреть приходится под некоторым углом, надо замерить положение центра колец в нескольких направлениях. Можно допустить отклонение в пару – тройку миллиметров, но лучше добиться полного совпадения. При неравной толщине центр смещается в сторону более тонкой прокладки. Если при свете люминесцентной лампы кольца видны плохо, то нужно воспользоваться монохроматическим источником, например, лазерной указкой, только её нужно прикрыть полупрозрачной бумагой для создания рассеянного света.

Мощность лазера должна быть небольшой, подойдёт обычная указка, продаваемая в киосках, при поиске колец надо держать её на расстоянии 0,4–0,6 м от объектива поблизости от луча зрения. К сожалению, с увеличением межлинзового промежутка точность и надёжность этого метода резко снижается, а увидеть сами кольца становится всё труднее. При толстых прокладках придется контролировать толщину измерительным прибором. Ошибка не должна превышать 0,02 мм, существуют штангенциркули, позволяющие измерять такие величины, но будет гораздо надёжнее воспользоваться промышленным микрометром, обеспечивающим точность на порядок выше. Что делать, если одна из прокладок толще других? Если смещение центра колец относительно невелико, порядка 5–7 мм, то не стоит торопиться скоблить или подрезать штатную бумажную про-

кладку лезвием, скальпелем или иным режущим инструментом, это довольно опасно, т.к. легко можно срезать слишком много. Гораздо лучше прокладку проглаживать с некоторым нажимом каким-либо предметом с гладкой слегка выпуклой поверхностью, например, колпачком от ручки. Линзу нужно поставит на торец и, удерживая её за края одной рукой, другой держать гладкий предмет и осторожно водить им, как бы полируя прокладку. За несколько минут работы удаётся загнать кольца в центр объектива, нужно только периодически складывать линзы и делать пробы, чтобы не переусердствовать. Если же одна из прокладок немного тоньше, то тут два варианта: чуть увеличить толщину, например, намазав её тонким слоем быстро высыхающего лака, либо слегка подшабрить две оставшиеся. Авторы обычно отдавали предпочтение второму варианту. После того как прокладки выровнены, надо аккуратно собрать объектив и отъюстировать его по чеширскому окуляру. Предварительно необходимо максимально выбрать люфт фокусёра и убедиться, что окулярная трубка смотрит в центр объектива, а не куда-то вбок. На стандартных фокусёрах труб Sky Watcher и Celestron для выборки люфта служат два маленьких винтика под шестигранник, расположенные сверху рядом с ручным зажимным винтом. По-немногу подкручивая их, удаётся добиться люфта в вертикальной плоскости не превышающего 0,5 мм, в горизонтальной он может быть немного больше. На чеширском окуляре, в том числе на коротком, имеются крестообразные насечки для натягивания нитей. Их можно натянуть и закрепить, например, капелькой лака, вставить окуляр на полагающееся ему место и, глядя в центральное отверстие, посмотреть, совпадают ли центр объектива и ось окулярной трубки с чеширом. Для лучшей визуализации центра объектива надо сделать картонную крышку с маленьким отверстием в центре. В принципе, можно поступить проще, заглянуть из центра объектива внутрь трубы и проверить концентричность обоих срезов окулярной трубки на глаз, этого бывает достаточно.



*Оправа объектива рефрактора SW15075 с шестью юстировочными винтами (три на каждую линзу), разнесёнными на 60°.*

В оправе типа пуш-пулл наклон объектива регулируется тремя парам винтов, расположенных между фланцами оправы и трубы. При большом отклонении осей с помощью чеширского окуляра мы будем видеть несколько отдельных бликов, обычно два

больших и маленький, при малом – два больших частично накладывающихся друг на друга блика. Нужно добиться, чтобы остался виден только один совершенно круглый блик с небольшой тёмной точкой в центре. В трубах, где наклон оправы не предусмотрен, для этого возможно придется манипулировать с фокусёром. Однако справедливости ради стоит отметить, что на всех трубах, с какими нам пришлось иметь дело, фокусёр был выставлен вполне удовлетворительно, и делать с ним ничего не пришлось. Лишь в одном из трёх проверенных рефракторов SW15075, приобретённом на вторичном рынке, было выявлено заметное расхождение бликов, при этом, судя по расположению надписи на боку трубы было очевидно, что фокусёр переставляли на  $120^\circ$ . Как только он был поставлен в исходное положение, блики практически совпали. В случае необходимости небольшую коррекцию можно попытаться выполнять путём вращения 2-х дюймового окулярного гнезда и контргайки на конце окулярной трубки, из-за небольших погрешностей в нарезании резьбы центр окулярного отверстия при этом может немного смещаться. Кроме того, если мы пользуемся преимущественно 1,25-дюймовыми аксессуарами, то надо иметь в виду, что и адаптер на 1,25 дюйма вместе с двумя зажимными винтами тоже могут давать некоторую эксцентричность, что в совокупности может давать смещение центра окуляра в пределах 1-2 мм. В результате таких регулировок окулярного конца во всех протестированных трубах Sky Watcher удалось добиться хорошего совмещения бликов, не прибегая к ослаблению крепёжных винтов самого фокусёра и смещению его деталей.



*Типовой штатный фокусёр рефракторов Sky Watcher и Celestron OMNI.*

Следующим шагом будет оценка имеющихся aberrаций: комы, сферической, астигматизма. О сферической aberrации мы уже писали, если её коррекция нас не устраивает, объектив подлежит повторной разборке. Для переисправленной aberrации придётся изготавливать дополнительные прокладки, которые следует поместить поверх штатных, либо изготовить новые, большей толщины взамен имеющихся. Возможно придётся сделать несколько проб. Наиболее надёжны прокладки, изготовленные из металла, их часто рекомендуют вырезать из алюминиевых пивных банок, толщина стенок у них несколько меняется в зависимости от места, откуда вырезана прокладка, можно таким образом подгонять их по толщине. Мы этим способом не пользо-

вались, делали прокладки из самоклеющейся бумаги, картона, листового металла, контролируя толщину микрометром и по кольцам Ньютона. Отдельно следует сказать несколько слов об изолене ПВХ. Это не лучший материал для прокладок, но при толщине в один слой, а это от 0,12 до 0,17 мм в зависимости от типа мотка, что как раз соответствует стандартным китайским прокладкам, они способны давать удовлетворительные результаты. Поначалу были опасения, что из-за некоторой эластичности данного материала может нарушиться равномерность межлинзового промежутка, но на практике даже с довольно тяжёлыми линзами рефрактора SW15075 этого в течение нескольких месяцев эксплуатации не произошло. Изолента обладает адгезией к стеклу не только со стороны клеящего слоя, но и с обратной, что проявляется через некоторое время. Линзовый блок с такими прокладками, побывший под давлением прижимного кольца, практически становится склеенным, чтобы разъединить линзы, приходится прикладывать немалое усилие. С одной стороны, это может мешать юстировке, но с другой будет способствовать повышенной стойкости объектива к толчкам и тряске. Лёгкие бумажные прокладки можно вообще не приклеивать к линзе, но нужно быть готовым к тому, что при сборке объектива возможно придётся сделать несколько попыток. Металлические прокладки мы приклеивали микроскопической каплей цапон-лака с последующим прижатием к линзе. В короткофокусных рефракторах зависимость сферической aberrации от величины межлинзового промежутка выражена сильнее, чем в длиннофокусных. Так в одной из испытанных авторами труб SW15075 с относительным отверстием  $F/5$  для заметного уменьшения переисправленной aberrации оказалось достаточно увеличить толщину прокладок всего на 0,1 мм, в то время как для длиннофокусной AstroMaster 90 с  $F/11$  и aberrацией порядка  $1/6-1/5\lambda$  увеличения толщины с 0,15 до 0,74 мм не хватило для полной компенсации, хотя различие внефокалов уменьшилось. При недоисправленной сферической aberrации дела могут обстоять гораздо серьёзнее. Как уже отмечалось, во многих китайских трубах почти нет возможности для её уменьшения, поскольку прокладки изначально стоят очень тонкие. Кроме того, выяснилось, что у некоторых (если не у большинства) объективов кривизна задней поверхности первой линзы больше, чем передней поверхности второй, в результате чем при уменьшении величины промежутка линзы начинают соприкасаться в центре. С этим пришлось столкнуться в объективах рефракторов Celestron OMNI 120, SW15075. В селестроновской трубе удалось безопасно уменьшить толщину только с 0,24 до 0,15 мм, в SW15075 толщина прокладок 0,15 мм уже является почти минимально возможной. Вот в отечественном рефракторе ТАЛ-125R, в котором тоже была выявлена недоисправленная сферическая aberrация, оценённая нами величиной примерно  $1/6\lambda$ , удалось практически устранить её путём уменьшения толщины прокладок с 0,74 до 0,25 мм, при этом соприкосновения линз в центре не было.

Если коррекция сферической aberrации нас устраивает, то надо обратить внимание на остаточный астигматизм и кому. При качественной юстировке

чеширским окуляром наличие астигматизма будет свидетельствовать об отклонении формы одной или обеих линз от идеальной сферической. В этом случае имеется потенциальная возможность уменьшить его путём вращения передней линзы, поскольку можно найти такое положение, при котором астигматизм одной линзы будет частично или полностью компенсироваться астигматизмом другой. Надо заметить, что это больше относится к дешёвым малым трубам с пластиковой оправой. В более серьёзных инструментах данная операция продлевается в процессе изготовления объектива и на торцах линз уже стоят метки, показывающие их оптимальной положение. Мы видели такие метки на всех 150-мм рефракторах Sky Watcher, как длиннофокусных, так и короткофокусных. На объективе OMNI 120 тоже присутствовали какие-то метки, но не совсем понятные. Вращать переднюю линзу можно в собранном объективе рукой, отвернув прижимное кольцо и надев резиновую перчатку, чтобы не пачкать стекло. Мы правда таким методом не пользовались, предпочитали серию аккуратных разборок с небольшим поворотом линзы, хотя конечно это занимает гораздо больше времени. Вероятно, можно было бы использовать какую-нибудь небольшую полиуретановую или резиновую присоску, осторожно прилепив её в центре линзы. Коррекция астигматизма при этом контролируется по внефокалам при небольшой величине расфокусировки, надо добиваться, чтобы они стали максимально круглыми.

Если астигматизма нет или величина его незначительна, следующим этапом будет выведение комы децентрировки. Для этого потребуются радиальные юстировочные винты на торцах линз. При выполнении данной операции следует руководствоваться следующими правилами:

1) ставим увеличение около 2D или выше (в случае необходимости можно воспользоваться линзой Барлоу), внимательно рассматриваем дофокал при расфокусировке в 4-6 колец. Вокруг них будет наблюдаться размытый кольцеобразный ореол красного цвета, находящийся внутри ещё более протяжённого и размытого сине-фиолетового. При наличии более или менее значительной комы яркость красного ореола будет неравномерна, несимметрична относительно центра. С помощью винтов двигаем переднюю линзу в сторону избытка красного цвета. Например, если избыток красного справа и внизу на 4 часа по циферблату, то туда же перемещаем и линзу (если смотреть со стороны окуляра). Перед каждой подвижкой ослабляем прижимное кольцо, а перед пробой подтягиваем, если этого не делать, то при горизонтальном положении трубы может появляться кома от наклона линзы под своей тяжестью, что исказит результаты. Винты второй линзы не трогаем, они должны фиксировать её, будучи закручены до упора.

2) продолжаем рассматривать дофокал, если кома невелика, неравномерность красного ореола можно не заметить, но зато обнаружится неравномерность яркости самих колец, особенно внешнего: с какой-то одной из сторон оно будет несколько ярче. Двигаем переднюю линзу в сторону более яркого сегмента.

Делая такие подвижки, по мере уменьшения комы желательнее постепенно уменьшать степень расфокусировки, это позволит выполнить данную операцию с большей точностью. Для данной пробы можно использовать также и зафокал, правило перемещения линзы будет идентичным. Но кольца в зафокале окрашенные, зелёные, а в дофокале почти белые, такая окраска показалась более удобной для визуальной оценки. Но это кому как нравится, следует ещё учитывать остаточную сферическую aberrацию, если она имеется, то выбирать надо тот из внефокалов, в котором кольца более чёткие.

3) рассматриваем изображение точки в фокусе, т.е. картину Эйри. При наличии комы первое дифракционное кольцо с одной из сторон будет ярче, с этой же стороны можно видеть сегменты второго и последующих колец. Двигаем переднюю линзу в противоположном направлении (в отличие от внефокалов!).

Все эти приёмы дополняют друг друга и должны использоваться в комплексе, сам по себе процесс несложный, его можно выполнить порой буквально за несколько минут. Однако спешить никогда не следует, надо постараться вывести кому по максимуму, помня о том, что телескоп будет эксплуатироваться при самых разных температурах окружающей среды. При температурах, сильно отличающихся от той, при которой проводилась коллимация, нельзя исключить появления небольшой комы вследствие неконтролируемых деформаций деталей оправы и линз. Поэтому, если юстировка делается на улице, надо, во-первых, дать телескопу отстояться не менее 2-3 часов, во-вторых, стараться выбирать для работы некую среднюю температуру воздуха вблизи 0°C. При некотором опыте, который быстро приобретается, не составляет большого труда вывести кому децентрировки с точностью до  $1/10\lambda$  и даже выше. Есть ещё один проверочный тест, который можно использовать для окончательного контроля. Поставим изображение светящейся точки точно в центре поля зрения сильного окуляра, лучше для этого выбрать окуляр несложной конструкции, например, Плёссль или ортоскопический. Если в сфокусированном ахромате начать понемногу отодвигать окуляр за фокус, то изображение начнёт превращаться в кольцо, в центре которого в какой-то момент мы увидим красную точку, которую называют точкой Тейлора. Это фокусируется далёкий красный участок спектра, если продолжать выводить окуляр ещё дальше, то увидим синюю точку. Можно найти такое промежуточное положение окуляра, при котором будут одновременно видны и красная и синяя точка. В идеале они должны совпадать и давать голубовато-белёсое пятнышко в самом центре, которое может быть окружено небольшим концентричным красноватым ореолом. Если совпадения нет и обе точки видны по отдельности, то юстировка не идеальная. Такая проверка особенно важна, если планируется применение хроматора. После окончания юстировки затягиваем прижимное кольцо и немного отворачиваем радиальные юстировочные винты, если только мы не делали специальных вставок из оплавленной лески. Не лишним будет ещё раз проверить совпадение бликов с помощью чеширского

окуляра. Можно было бы ожидать, что после поперечного смещения линз в процессе выведения комы совпадение несколько нарушится, но на практике в большинстве протестированных нами труб этого не наблюдалось. Даже если небольшое расхождение бликов и обнаружится, не стоит этого бояться. Рассмотренный метод коллимации по существу является компенсационным и наиболее значимым критерием будет достигнутое качество дифракционного изображения, которое мы видим и оцениваем в процессе работы. При желании можно попробовать вновь совместить блики с помощью чеширского окуляра и повторить процесс выведения комы, рассматривая весь предыдущий этап как первый в методе последовательных приближений.

Если юстировочные винты для поперечного смещения линз отсутствуют, то можно попытаться убрать кому децентрировки простым ослаблением прижимного кольца с лёгким постукиванием по оправе. Труба должна находиться в горизонтальном положении, под действием силы тяжести линзы центрируются, и кома устраняется, при условии, конечно, совпадения их оптических и геометрических центров. Если полученный результат не вполне устраивает, можно попробовать совместить данную операцию с поворотом трубы вокруг её продольной оси, наблюдая всякий раз дифракционную картину, ища положение, при котором линзы совместятся наиболее оптимально. У небольших рефракторов с относительным фокусом 10 и более такой процедуры выведения комы зачастую вполне достаточно.



*Оправа объектива рефрактора SW15075 с двенадцатью винтами (по шесть на каждую линзу), винты расположены друг над другом.*

В процессе работы с двухлинзовыми объективами было также замечено, что небольшая кома может быть компенсирована и другим способом, не прибегая к поперечному смещению. Для этого необходимо, чтобы имелись три пары винтов для наклона оправы. Объективы большинства рефракторов не являются строгими апланатами, кома в этом случае устраняется за счёт некоторого ухудшения коррекции полевого астигматизма. При помощи винтов нужно удалять от окуляра или приближать к нему край объектива, противоположный положению хвоста комы, в зависимости от типа ахроматического дублета (дублет Фраунгофера, Литрова и др.). Например, в рефракторе AstroMaster 90 край объектива, противоположный хвосту комы, требовалось

удалять от окуляра. Однако этот способ не обеспечивает полного совмещения цветов в фокусе, чем больше наклоняем объектив, тем больше расходятся красная и синяя точки, лежащие позади фокуса жёлто-зелёных лучей. Такой способ если и можно применять, то лишь в неответственных случаях для длиннофокусных труб небольшой апертуры.

Последним этапом работы будет юстировка диагонали. Необходимо добиться, чтобы изображение точки, находящейся в центре поля зрения без диагонали, также находилось бы в центре при её установке. В противном случае в центре поля с диагональю будет находиться не главная оптическая ось инструмента, а одна из боковых со всеми вытекающими последствиями. К счастью, в длиннофокусных рефракторах изображение не так уж быстро портится с удалением от главной оптической оси. Наиболее адекватно можно настроить только юстируемую диагональ, т.е. такую, в которой предусмотрена регулировка наклона зеркала в небольших пределах. Таковой является, например, диагональ производства НПЗ для рефракторов ТАЛ. Штатные диагонали от труб Sky Watcher, Celestron OMNI, не говоря уже о призмах прямого зрения дешёвых труб, к сожалению, не обеспечивают этой возможности. Внутренний диаметр окулярного гнезда немного больше диаметра стандартной юбки окуляров и диагонали, вследствие чего неизбежен некоторый люфт. Уменьшить его можно применением более совершенного фокусёра и адаптера с кольцевой металлической вставкой, предназначенной для зажима аксессуаров без нанесения царапин от зажимных винтов. Надо, следовательно, стремиться приобретать такие адаптеры. В штатных дешёвых адаптерах убрать люфт очень проблематично. Его приходится компенсировать какими-то выдумками наподобие наклеек на корпусе адаптера или диагонали, либо что-то подкладывать под крепление зеркала в корпусе, подбирая толщину методом проб. Гораздо проще решить проблему с трубами, снабжёнными оправой пуш-пулл. В них нужно отъюстированный уже объектив немного наклонить так, чтобы звезда, находившаяся в центре поля зрения трубы без диагонали, вновь оказалась в центре поля, но уже с диагональю, либо снова воспользоваться чеширским окуляром. Но это имеет смысл делать только в тех случаях, когда планируется использовать телескоп всегда именно с этой диагональю. Честно говоря, мы не были очень озабочены данной проблемой ввиду того, что предпочитаем вести наблюдения вообще без диагонали и прибегаем к её использованию лишь в крайних случаях. Несмотря на относительную устойчивость юстировки рефрактора к ударным воздействиям и другим неблагоприятным факторам, нужно не забывать, что как любой оптический прибор, он нуждается в бережном обращении, поэтому не следует пренебрегать крышками, чехлами, кейсами с прослойками ударо- и виброзащитных материалов и другими мерами, способствующими защите инструмента от вредных влияний внешней среды.

**Е.В. Давыдовский, О.Л. Тарасенкова,**  
*любители астрономии, г. Брянск*

Специально для журнала «Небосвод»



## Таблица применимости узкополосных фильтров

Номер	Название	Координаты		Созвездие	Тип	Блеск	Фильтры			Размер
		RA	Dekl				УФС	ОШ	Н-В	
NGC7822		00:03,6	68,62	CEP	Диффузная туманность		+	o	o	60x30'
NGC40		00:13,0	72,53	CEP	Планетарная туманность	11	+	o	o	60x40"
NGC246		00:47,1	11,88	CET	Планетарная туманность	10,9	+	++	-	4x3'
NGC281		00:52,8	56,62	CAS	Диффузная туманность	7	+	+	o	20x15'
NGC604	Часть М33 (НП)	01:34,5	30,80	TRI	НП-регион		+	++	o	
M76	Маленькая гантель	01:42,4	51,57	PER	Планетарная туманность	10,1	++	++	-	1'
NGC896		02:24,8	61,90	CAS	Диффузная туманность	9,4	++	++	-	6x4,5'
IC1848		02:51,2	60,43	CAS	Диффузная туманность		++	++	-	60x30'
NGC1360		03:33,3	25,85	FOR	Планетарная туманность	9,4	++	++	-	6,5'
NGC1499	Туманность Калифорния	04:00,7	36,62	PER	Диффузная туманность	6	o	-	++	2,5x0,8°
NGC1514	Хрустальный шар	04:09,0	30,77	TAU	Планетарная туманность	11	++	++	-	2x1,5'
NGC1535		04:14,2	12,73	ERI	Планетарная туманность	9,6	+	++	-	20"
K 3-67		04:39,8	36,46	PER	Планетарная туманность	13,7	++	++	-	<5"
MaC 2-1		05:03,7	-6,10	ERI	Планетарная туманность	14,9	+	+	-	<5"
IC405	Пылающая звезда	05:16,2	34,27	AUR	Диффузная/отражающая	10	o	-	o	12'
IC410		05:22,0	33,52	AUR	Диффузная туманность		++	++	-	40'
M1	Крабовидная туманность	05:34,5	22,02	TAU	Остаток сверхновой	8,4	+	+	-	5x4'
M42	Туманность Ориона	05:35,4	-5,45	ORI	Диффузная туманность	3,5	++	+	o	25x30'
M43		05:35,6	-5,27	ORI	Диффузная туманность	8	+	o	++	6x3'
NGC1999		05:36,5	-6,72	ORI	Отражающая туманность		-	-	-	2'
IC434	Туманность Конская голова	05:41,0	2,40	ORI	Диффузная туманность		+	-	++	6x4'
Sh 2-235		05:41,1	35,87	AUR	Диффузная туманность		+	o	++	10'
NGC2024	Туманность Пламя	05:42,0	-1,83	ORI	Диффузная/отражающая	7,5	+	o	-	20x15'
NGC2022		05:42,1	9,09	ORI	Планетарная туманность	12	+	++	-	28"
M 1-5		05:46,8	24,22	TAU	Планетарная туманность	14,6	+	+	-	5"
Sh 2-276	Петля Барнарда	05:48,0	1,00	ORI	Диффузная туманность		o	-	+	10x0,5°
Sh 2-261		06:08,9	15,82	ORI	Диффузная туманность		+	+	o	30x15'
NGC2174		06:09,7	20,50	GEM	Диффузная туманность		+	++	-	40x30'
NGC2237-9	Туманность Розетка	06:32,3	5,05	MON	Диффузная туманность	6	++	++	-	80x60'
NGC2264	Туманность Конус	06:42,1	9,88	MON	Диффузная туманность		+	o	-	25x15'
NGC2327		07:06,0	11,00	CMA	Диффузная туманность		+	o	++	150x50'

NGC2346	Туманность Крылья бабочки	07:09,4	-0,80	MON	Планетарная туманность	11,8	+	+	-	0,9'
NGC2359	Шлем Тора	07:18,6	13,20	CMA	Диффузная туманность	9	+	++	-	9x6'
NGC2371-2		07:25,6	29,48	GEM	Планетарная туманность	12	++	++	-	74x54"
PK205+14.1	Туманность Медуза	07:29,0	13,25	GEM	Планетарная туманность	10,3	+	++	-	10'
NGC2392	Туманность Эскимо	07:29,2	20,92	GEM	Планетарная туманность	9,2	++	+	-	0,8'
NGC2438		07:41,8	14,73	PUP	Планетарная туманность	10,8	+	++	-	1,1'
NGC2467		07:52,6	36,39	PUP	Диффузная туманность		+	++	-	8x7'
PK164+31.1		07:57,9	53,42	LYN	Планетарная туманность	14	+	+	-	6,3'
Y-C 2-5		08:10,7	20,32	PUP	Планетарная туманность	14,4	+	+	-	8"
NGC3242	Призрак Юпитера	10:24,8	18,63	HYD	Планетарная туманность	7,7	++	+	-	0,6'
M97	Туманность Сова	11:14,8	55,00	UMA	Планетарная туманность	9,9	+	++	-	3,3'
NGC4361		12:24,5	18,80	CRV	Планетарная туманность	10,9	++	++	-	45"
NGC6210		16:44,5	23,80	HER	Планетарная туманность	8,8	++	++	-	0,3'
IC4628	Туманность Креветка	16:56,9	40,30	SCO	Диффузная туманность		++	o	+	25x40'
M 4-3		17:10,7	27,09	OPH	Планетарная туманность	14,2	+	+	-	<5"
NGC6302		17:13,7	37,10	SCO	Планетарная туманность	9,6	+	+	-	0,9'
NGC6334	Кошачья лапа	17:24,6	34,17	SCO	Диффузная туманность		++	+	+	57x44'
Sh 2-13		17:29,1	31,55	SCO	Диффузная туманность		++	o	o	40'
Lo 16		17:35,7	40,12	SCO	Планетарная туманность	13,4	+	o	-	83"
NGC6445		17:49,2	20,02	SGR	Планетарная туманность	11,2	++	+	-	34"
M 1-31		17:52,7	22,22	SGR	Планетарная туманность	13,7	+	+	-	<5"
H 1-41		17:57,3	34,10	SCO	Планетарная туманность	13	o	o	-	13x7"
NGC6543	Кошачий глаз	17:58,5	66,63	DRA	Планетарная туманность	8,1	++	++	-	0,3'
M20	Туманность Тройная	18:02,6	23,03	SGR	Диффузная/отражающая	8,5	+	+/o	+/-	15x10'
M8	Туманность Лагуна	18:03,8	24,38	SGR	Диффузная туманность	5,8	++	++	o	20x10'
NGC6537		18:05,2	19,85	SCO	Планетарная туманность	12,5	+	++	-	4"
NGC6559/IC4685		18:10,0	23,90	SGR	Диффузная туманность		++	o	o	
NGC6572		18:12,1	6,85	OPH	Планетарная туманность	8,1		++		15"
NGC6604		18:17,9	12,23	SER	Диффузная туманность		++	o	+	
M16/IC4703	Туманность Орёл	18:18,8	13,78	SER	Диффузная туманность	7	++	++	o	35'
M17	Туманность Омега	18:20,8	16,18	SGR	Диффузная туманность	7	+	++	-	20x15'
Abell 46		18:31,3	26,56	LYR	Планетарная туманность	13,8	+	+	-	63x60"
M57	Туманность Кольцо	18:53,6	33,03	LYR	Планетарная туманность	8,8	+	+	-	1,2'
Y-C 2-32		18:55,5	21,50	SGR	Планетарная туманность	13,3	++	++	o	15"
Abell 55		19:10,5	-2,21	AQL	Планетарная туманность	13,2	+	+	-	47x32"
NGC6781		19:18,4	6,55	AQL	Планетарная туманность	11,5	++	++	-	1,8x1,9'
NGC6804		19:31,6	9,21	AQL	Планетарная туманность	12	+	++	-	1,1'
He 2-436		19:32,1	34,13	SGR	Планетарная туманность	14,2	++	+	-	10"

Campbell's Star		19:34,8	30,31	CYG	Планетарная туманность	11,4	-	-	o	13x10"
NGC6818		19:44,0	14,15	SGR	Планетарная туманность	9,3				25"
NGC6826	Мерцающая туманность	19:44,8	50,52	CYG	Планетарная туманность	8,8	+	++	o	25"
Sh 2-84		19:49,0	18,40	SGR	Диффузная туманность		+	-	o	15x3'
Abell 67		19:58,5	3,02	AQL	Планетарная туманность	13,6	+	o	-	69x61"
M27	Туманность Гантель	19:59,6	22,73	VUL	Планетарная туманность	7,3	++	+	-	8x4'
Sh 2-101		20:00,0	35,28	CYG	Диффузная туманность		+	o	+	16x9'
NGC6888	Туманность Полумесяц	20:12,0	38,35	CYG	Диффузная туманность		++	++	-	18x13'
IC1318		20:25,0	40,33	CYG	Диффузная туманность		+	-	+	240'
Sh 2-112		20:33,9	45,65	CYG	Диффузная туманность		++	++	-	9x7'
NGC6960-95	Туманность Вуаль	20:45,0	30,80	CYG	Остаток сверхновой	8	+	++	-	55x5'
IC5067-70	Туманность Пеликан	20:50,8	44,35	CYG	Диффузная туманность	7	++	++	o	40x30'
NGC7000	Северная Америка	20:58,8	44,33	CYG	Диффузная туманность	5	++	+	o	1,3°
NGC7023	Туманность Ирис	21:00,1	68,17	CEP	Отражающая туманность	7,1	o	o	-	5'
NGC7009	Туманность Сатурн	21:04,2	11,37	AQR	Планетарная туманность	8	+	+	-	0,4'
NGC7027		21:07,1	42,23	CYG	Планетарная туманность	8,5	++	++	-	0,3'
Abell 77		21:32,2	55,53	CEP	Планетарная туманность	14	+	+	-	67x50"
Abell 78		21:35,5	31,42	CYG	Планетарная туманность	13,4	+	o	-	113x88"
IC1396		21:36,0	57,50	CEP	Диффузная туманность		+	-	-	30x25'
NGC7129		21:42,8	66,10	CEP	Отражающая туманность	13	+	+	-	7'
IC5146	Туманность Кокон	21:53,5	47,27	CYG	Диффузная туманность	10	+	-	+	12'
Sh 2-132		22:18,7	56,13	CEP	Диффузная туманность		+	++	o	30x20'
NGC7293	Туманность Улитка	22:29,6	20,80	AQR	Планетарная туманность	7,3	+	++	-	12'
Sh 2-155		22:56,8	62,62	CEP	Диффузная туманность		-	-	-	50x30'
NGC7538		23:13,5	61,52	CEP	Диффузная туманность	10	+	+	-	10x5'
Sh 2-157		23:16,1	60,03	CAS	Диффузная туманность		+	+	o	60x50'
NGC7635	Туманность Пузырь	23:20,7	61,20	CAS	Диффузная туманность		+	++	-	15x8'
NGC7662	Голубой снежок	23:25,9	42,53	AND	Планетарная туманность	8,3	+	+	-	0,5'

### Условные обозначения:

**+** - Фильтр кардинально улучшает изображение, видимое в окуляр. Контраст туманностей очень сильно повышается, проявляются новые детали, недоступные для наблюдения без интерференционного дипскай – фильтра.

**+** - Фильтр ощутимо улучшает качество картинки, заметно повышая контраст по сравнению с тем, что видно в окуляр без него. Иногда можно заметить улучшение детализации.

**o** – Фильтр оказывает на видимость туманности незначительное воздействие. В принципе, можно обойтись без него.

**-** - Использование фильтра в данном случае представляется нецелесообразным. Изображение существенно теряет в яркости и (или) детализации.

*Источник (перевод на русский язык выполнен редакцией журнала)*



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

1 декабря - комета Catalina (C/2013 US10) близ Венеры и Спика,

2 декабря - покрытие на 6 секунд звезды HIP 19171 (5,1m) из созвездия Тельца астероидом (678) Fredegundis при видимости в Приморье и на Чукотке,

2 декабря - покрытие на 8 секунд звезды HIP 37521 (5,6m) из созвездия Близнецов астероидом (2868) Урира при видимости в Казахстане и в южных районах Европейской части России,

6 декабря - начало двойной видимости Паллады (вечером и утром),

6 декабря - покрытие на 1 секунду звезды HIP 26382 (5,5m) из созвездия Тельца астероидом (16200) 2000 VT28 при видимости в Средней Азии и в южных районах Европейской части России,

6 декабря - покрытие Луной ( $\Phi = 0,25$ ) планеты Марс при видимости в Африке и Австралии,

7 декабря - начало утренней видимости Сатурна,

7 декабря - покрытие Луной ( $\Phi = 0,13$ ) планеты Венера при видимости на Чукотке и в Северной Америке,

14 декабря - максимум действия метеорного потока Геминиды (120 метеоров в час до 6m в зените),

15 декабря - начало вечерней видимости Меркурия,

18 декабря - Венера проходит в 2 градусах севернее звезды альфа Весов (2,7m),

18 декабря - Меркурий проходит в градусе севернее звезды сигма Стрельца (2,0m),

20 декабря - покрытие Луной ( $\Phi = 0,66$ ) планеты Уран при видимости в Южной Америке и Антарктиде,

21 декабря - Сатурн проходит в 6 градусах севернее Антареса (+1m),

22 декабря - зимнее солнцестояние,

23 декабря - покрытие Луной ( $\Phi = 0,96$ ) звезды Альдебаран (+0,9m) при видимости на всей территории России и СНГ (кроме самых восточных районов),

24 декабря - Марс проходит в 3,5 градусах севернее Спика (+1m),

26 декабря - покрытие на 3 секунды звезды HIP 28647 (8,1m) из созвездия Ориона астероидом (1017) Jacqueline при видимости от Байкала до С.-Петербурга,

26 декабря - Уран в стоянии с переходом к прямому движению,

29 декабря - Меркурий достигает вечерней (восточной) элонгации.

**Обзорное путешествие по звездному небу декабря** в журнале «Небосвод» за декабрь 2008 года (<http://www.astronet.ru/db/msg/1232207>).

Солнце до 18 декабря движется по созвездию Змееносца, а затем переходит в созвездие Стрельца. Склонение центрального светила к 22 декабря в 02 часа 00 минут по московскому времени достигает минимума (23,5 градуса к югу от небесного экватора), поэтому продолжительность дня в северном полушарии Земли минимальна. В начале месяца она составляет 7 часов 23 минуты, 22 декабря составляет 6 часов 56 минут, а к концу описываемого периода увеличивается до 7 часов 02 минут. Приведенные выше данные по продолжительности дня справедливы для городов на широты Москвы, где полуденная высота Солнца почти весь месяц придерживается значения 10 градусов. Наблюдать

центральное светило можно весь день, но **нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно обязательно (!) проводить с применением солнечного фильтра.**

**Луна начнет движение** по декабрьскому небу в созвездии Рака около звезды альфа Спс (4,2m) при фазе 0,73. В первый день зимы ночное светило перейдет в созвездие Льва, наблюдаясь в утренние часы достаточно высоко над южным горизонтом. Пройдя южнее Регула, лунный овал традиционно посетит созвездие Секстанта, а затем снова перейдет в созвездие Льва (уже в фазе последней четверти, которую примет 3 декабря). 4 декабря, пройдя южнее Юпитера при фазе 0,41, лунный серп вступит в созвездие Девы, в котором задержится до конца дня 7 декабря. За этот период Луна сблизится с Марсом при фазе 0,35 (покрытие, видимое в Африке и Австралии), а так же с Венерой и Спикой при фазе 0,13 (покрытие, видимое в Северной Америке). Пересекая границу с созвездием Весов (около полуночи 8 декабря), тонкий серп ( $\Phi=0,11$ ) пройдет южнее кометы Catalina (C/2013 US10), ничуть не мешая ее наблюдению на фоне утренних сумерек. В созвездии Весов Луна пробудет до 10 декабря, и в этот же день посетит созвездие Скорпиона, выйдя на просторы созвездия Змееносца при фазе 0,05. Здесь наступит фаза новолуния, и молодой месяц выйдет на вечернее небо. Около полуночи 12 декабря тонкий серп пересечет границу созвездия Стрельца, и пробудет в нем до 14 декабря, увеличив фазу до 0,1. В эти дни Луна наблюдается на фоне вечерней зари невысоко над юго-западным горизонтом. Из созвездия Козерога молодой месяц при фазе 0,26 перейдет 16 декабря в созвездие Водолея, где сблизится ( $\Phi=0,36$ ) с Нептуном. 18 декабря Луна вступит во владения созвездия Рыб и примет фазу первой четверти. Здесь ночное светило 20 декабря в очередной раз покроет ( $\Phi=0,66$ ) Уран при видимости на юге Южной Америки. Продолжая увеличивать фазу, Луна 21 и 22 декабря пройдет по созвездию Овна, и вступит ( $\Phi=0,89$ ) в созвездие Тельца. В эти дни яркий лунный диск наблюдается в течение всей ночи, поднимаясь к полуночи высоко над южным горизонтом. 23 декабря при фазе 0,96 произойдет очередное покрытие звезды Альдебаран, видимость которого распространится почти на всю страну. 25 декабря у границы созвездий Ориона и Близнецов наступит полнолуние, а затем Луна начнет уменьшать фазу (перемещаясь по созвездию Близнецов до 27 декабря). В созвездии Рака яркий лунный диск пробудет до 28 декабря, уменьшив фазу до 0,86, и второй раз за месяц посетит созвездие Льва (с 28 по 31 декабря). К 31 декабря фаза Луны уменьшится до 0,7, и в этот же день лунный овал перейдет в созвездие Девы, где и закончит свой путь по небу 2015 года около Юпитера и звезды бета Vir (3,6m) при фазе 0,61.

#### Большие планеты Солнечной системы.

**Меркурий** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Змееносца до 7 декабря, а затем переходит в созвездие Стрельца (до конца

года). 4 декабря быстрая планета пройдет в 11 угловых секундах (!) южнее звезды тета Змееносца (3,2m), а 14 декабря - в 7 угловых минутах южнее звезды лямбда Стрельца (2,8m). В первую половину месяца Меркурий не виден, а во второй половине декабря наступает вечерняя видимость планеты. Найти Меркурий можно на фоне зари у юго-западного горизонта в виде достаточно яркой звезды с блеском -0,7m. Продолжительность видимости до конца года возрастает почти до часа. Увеличиваются и видимые размеры быстрой планеты (от 5" до 7,3"), а фаза и блеск уменьшаются. В период видимости фаза снизится с 0,88 до 0,49, а блеск от -0,7m до -0,3m. В телескоп можно наблюдать крохотный овал без деталей, превращающийся к концу года в полудиск.

**Венера** движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Девы (близ Спикой), 11 декабря переходя в созвездие Весов. 7 декабря Утренняя Звезда сблизится до 3,5 градусов с кометой Catalina (C/2013 US10). Планета наблюдается (в виде самой яркой звезды) по утрам в восточной части неба в течение трех - четырех часов! Угловое удаление к западу от Солнца за месяц уменьшится от 43 до 39 градусов. Видимый диаметр Венеры уменьшается от 17,4" до 14,3", а фаза увеличивается от 0,70 до 0,77 при блеске около -4,0m. Такой блеск позволяет увидеть Венеру невооруженным глазом даже днем. В телескоп можно наблюдать белый овал без деталей. Образования на поверхности Венеры (в облачном покрове) можно запечатлеть, применяя различные светофильтры.

**Марс** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Девы (близ звезды гамма Vir с блеском 3,4m). Планета наблюдается от 5 до 6 часов на ночном и утреннем небе над юго-восточным и южным горизонтом. Блеск планеты возрастает до +1,3m, а видимый диаметр увеличивается от 4,7" до 5,6". В телескоп виден крошечный диск, детали на котором визуальным образом можно обнаружить лишь в телескоп с диаметром объектива от 100 мм, и, кроме этого, фотографическим способом с последующей обработкой на компьютере.

**Юпитер** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Льва (близ границы с созвездием Девы). Газовый гигант наблюдается на ночном и утреннем небе (в восточной и южной части неба), а видимость его увеличивается за месяц от 7 до 9 часов. Идет очередной благоприятный период видимости Юпитера. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы постепенно увеличивается от 35,6" до 39,0" при блеске около -2m. Диск планеты различим даже в бинокль, а в небольшой телескоп на поверхности хорошо видны полосы и другие детали. Четыре больших спутника видны уже в бинокль, а в телескоп можно наблюдать тени от спутников на диске планеты. Сведения о конфигурациях спутников – в КН на декабрь <http://www.astronet.ru/db/msg/1339706>.

**Сатурн** движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Змееносца. Наблюдать кольцеванную планету можно на фоне утренней зари со вто-

рой декады декабря у юго-восточного горизонта, а видимость ее к концу года увеличится до полутора часов. Блеск планеты придерживается значения +0,6m при видимом диаметре около 15". В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также некоторые другие наиболее яркие спутники. Видимые размеры кольца планеты составляют в среднем 40x16".

**Уран** (5,9m, 3,4") перемещается попятно по созвездию Рыб (близ звезды эпсилон Psc с блеском 4.2m), 26 декабря меняя движение на прямое. Планета наблюдается вечером и ночью уменьшая продолжительность видимости от 11 до 9 часов (в средних широтах). Уран, вращающийся «на боку», легко обнаруживается при помощи бинокля и поисковых карт, а разглядеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планету можно увидеть в периоды новолуний на темном чистом небе, и такая возможность представится в первой половине месяца. Спутники Урана имеют блеск слабее 13m.

**Нептун** (7,9m, 2,3") движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Водолея между звездами лямбда Aqr (3,7m) и сигма Aqr (4,8m). Планету можно наблюдать по вечерам (около 6 часов в средних широтах) в южной и юго-западной части неба невысоко над горизонтом. Для его поисков понадобится бинокль и звездные карты в [КН на январь](#) или [Астрономическом](#), а диск различим в телескоп от 100 мм в диаметре с увеличением более 100 крат (при прозрачном небе). Фотографическим путем Нептун можно запечатлеть самым простым фотоаппаратом (даже неподвижным) с выдержкой снимка 10 секунд и более. Спутники Нептуна имеют блеск слабее 13m.

**Из комет**, видимых в декабре с территории нашей страны, расчетный блеск около 10m и ярче будут иметь, по крайней мере, три кометы. Самая яркая комета месяца Catalina (C/2013 US10) поднимается к северу по созвездиям Девы и Волопаса с максимальным блеском 4,7m (доступна невооруженному глазу). Хвостатая странница наблюдается на ночном и утреннем небе, а лучшие условия ее видимости наступят в конце месяца, когда она сблизится до 1 градуса со звездой Арктур (+0,1m). Небесная гостья P/Korff (22P) проделает на небе путь по созвездиям Стрельца и Козерога, а блеск кометы уменьшается за месяц от 10m до 11m. Еще одна периодическая комета P/Tempel (10P) перемещается к востоку близ P/Korff (22P) по созвездиям Стрельца и Козерога, а блеск ее уменьшается от 10m до 11m. Обе хвостатые странницы наблюдаются на вечернем небе низко над юго-западным горизонтом. Подробные сведения о других кометах месяца (с картами и прогнозами блеска) имеются на <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://cometbase.net/>.

**Среди астероидов** самыми яркими в декабре будут Веста (7,5m) и Эвтерпа (8,5m). Веста движется по созвездию Кита, а Эвтерпа - по созвездию Близнецов. Оба астероида видны на ночном и вечернем

небе. Максимальный блеск астероида Церера составит 9,2m (в созвездии Козерога), а астероида Евномия - 8,9m (в созвездии Пергаса). Карты путей этих и других астероидов (комет) даны в приложении к КН (файл [mapkn122015.pdf](#)). Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

**Из относительно ярких (до 8m фот.) долгопериодических переменных звезд** (наблюдаемых с территории России и СНГ) максимума блеска в этом месяце по данным AAVSO достигнут: RU LIB (8,1m) 1 декабря, RZ SCO (8,8m) 3 декабря, R NYA (4,5m) 4 декабря, X CET (8,8m) 4 декабря, V CNC (7,9m) 4 декабря, R ARI (8,2m) 6 декабря, R DRA (7,6m) 6 декабря, V CVN (6,8m) 6 декабря, U CAS (8,4m) 6 декабря, S MIC (9,0m) 8 декабря, RR OPH (8,9m) 9 декабря, RY OPH (8,2m) 10 декабря, V VIR (8,9m) 11 декабря, RY HER (9,0m) 13 декабря, Z CET (8,9m) 19 декабря, R VIR (6,9m) 21 декабря, S AQL (8,9m) 23 декабря, R OPH (7,6m) 24 декабря, T COL (7,5m) 24 декабря, S LIB (8,4m) 26 декабря, S SCL (6,7m) 28 декабря, S PYX (9,0m) 29 декабря, U ARI (8,1m) 31 декабря, S PEG (8,0m) 31 декабря. Больше сведений на <http://www.aavso.org/>.

**Среди основных метеорных потоков** 9 декабря в максимуме действия окажутся Моноцеротиды (ZHR= 2) из созвездия Единорога. Луна в период максимума этого потока близка к новолунию и не будет помехой для наблюдений. 14 декабря максимума действия в 18 часов по всемирному времени достигнут Геминиды (ZHR= 120) из созвездия Тельца. Луна, в фазе близкой к новолунию, не мешает подсчету метеоров. 23 декабря в 02 часа 30 минут по всемирному времени максимума достигнут Урсиды (ZHR= 10) из созвездия Малой Медведицы. Но на этот раз Луна в фазе близкой к полнолунию будет сильной помехой в наблюдениях. Из других основных потоков активны Южные Тауриды из созвездия Тельца и Моноцеротиды из созвездия Единорога. Подробнее на <http://www.imo.net>

Другие сведения о явлениях в АК\_2015 <http://www.astronet.ru/db/msg/1310876>

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

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

Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты видимых путей по небесной сфере имеются в Календаре наблюдателя № 12 за 2015 год <http://www.astronet.ru/db/news/>

**Александр Козловский,**  
редактор и издатель журнала «Небосвод»  
Ресурс журнала <http://astronet.ru/db/author/11506>

# Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

# К Д А Р

ОБСЕРВАТОРИЯ

Сделайте шаг к науке  
вместе с нами!

# АСТРОФЕСТ

Два стрельца



Наедине  
с  
Космосом

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

astro.websib.ru

REALSKY  
Астрономический online-журнал

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

ТЕЛЕСКОПЫ - НАША ПРОФЕССИЯ

# Звездочет

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

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

[О НАС](#) [КОНТАКТЫ](#) [КАК КУПИТЬ И ОПЛАТИТЬ](#) [ДОСТАВКА](#) [ГАРАНТИЯ](#)

бв

# большая вселенная

# AstroКОТ

Планетарий  
Кабинет

Новости \_\_\_\_\_  
Софт \_\_\_\_\_  
Приложения \_\_\_\_\_  
Форум \_\_\_\_\_  
Контакты \_\_\_\_\_

## Как оформить подписку на бесплатный астрономический журнал «Небосвод»

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

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

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

Все номера можно скачать по ссылкам на 2 стр. обложки





Небосвод 12 - 2015