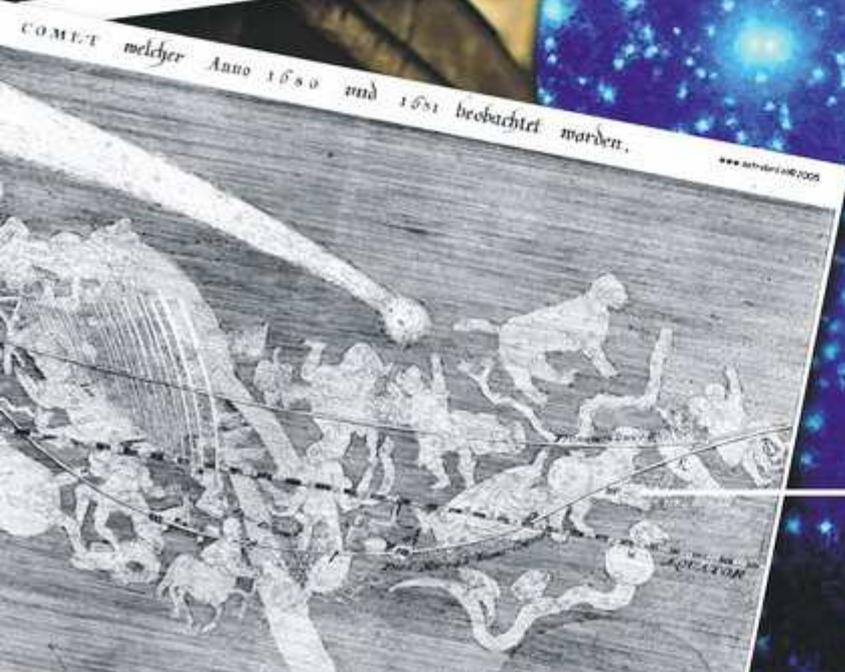


ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

# НЕБОСВОД



**Статья номера:  
ТЕМНАЯ СТОРОНА  
ВСЕЛЕННОЙ**

**Судьба звездных скоплений**

**Открытия малых планет  
любителями**

**Исследование переменных звезд**

**Почему вспыхнула  
комета Холмса?**

**Определение предельной  
видимой звёздной  
величины при Луне**

**Апогей 20-32x88mm  
RA Binocular**

**№12 декабрь 2007**

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



**Астрономический календарь на 2005 год (архив – 1,3 Мб)**  
[http://www.astrogalaxy.ru/download/AstrK\\_2005.zip](http://www.astrogalaxy.ru/download/AstrK_2005.zip)

**Астрономический календарь на 2006 год (архив - 2 Мб)**  
[http://images.astronet.ru/pubd/2006/04/15/0001213097/ak\\_2006.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2006/04/15/0001213097/ak_2006.zip)

**Астрономический календарь на 2007 год (архив - 2 Мб)**  
[http://images.astronet.ru/pubd/2006/10/30/0001217237/ak\\_2007sen.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2006/10/30/0001217237/ak_2007sen.zip)  
**АК 2007 в формате Word (архив 1,7 Мб)**  
[http://images.astronet.ru/pubd/2006/10/30/0001217237/ak\\_2007\\_se.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2006/10/30/0001217237/ak_2007_se.zip)

**Солнечное затмение 29 марта 2006 года и его наблюдение (архив – 2,5 Мб)**  
[http://images.astronet.ru/pubd/2005/11/05/0001209268/se\\_2006.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2005/11/05/0001209268/se_2006.zip)

**Кометы и их методы их наблюдений (архив – 2,3 Мб)**  
[http://astrogalaxy.ru/download/komet\\_observing.zip](http://astrogalaxy.ru/download/komet_observing.zip)

**Астрономические хроники: 2004 год (архив - 10 Мб)**  
<http://images.astronet.ru/pubd/2006/10/09/0001216763/news2004.pdf>

**Астрономические хроники: 2005 год (архив – 10 Мб)**  
<http://images.astronet.ru/pubd/2006/10/09/0001216763/news2005.zip>

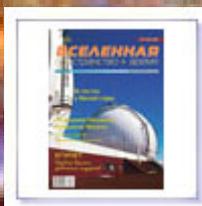
**Астрономические хроники: 2006 год (архив - 9,1 Мб)**  
<http://images.astronet.ru/pubd/2007/01/01/0001219119/astrotimes2006.zip>

**Противостояния Марса (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** <http://images.astronet.ru/pubd/2007/10/02/0001223702/kn122007.zip>  
**КН на январь 2008 года** <http://images.astronet.ru/pubd/2007/12/03/0001224921/kn012008.zip>

**Астрономическая Интернет-рассылка 'Астрономия для всех: небесный курьер'.**  
(периодичность 2-3 раза в неделю: новости астрономии, обзор астрономических явлений недели).  
**Подписка здесь!** [http://content.mail.ru/pages/p\\_19436.html](http://content.mail.ru/pages/p_19436.html)

«Фото и Цифра» -  
все о цифровой  
фототехнике  
[www.supergorod.ru](http://www.supergorod.ru)



**ЗВЕЗДОЧЕТ**  
[www.astronomy.ru](http://www.astronomy.ru)

Вселенная. Пространство.  
Время [www.vselennaya.kiev.ua](http://www.vselennaya.kiev.ua)

### Архивные файлы журнала «Небосвод»:

Номер 1 за 2006 год [http://astrogalaxy.ru/download/Nebosvod\\_1.zip](http://astrogalaxy.ru/download/Nebosvod_1.zip)  
Номер 2 за 2006 год [http://astrogalaxy.ru/download/Nebosvod\\_2.zip](http://astrogalaxy.ru/download/Nebosvod_2.zip)  
Номер 3 за 2006 год [http://images.astronet.ru/pubd/2006/11/29/0001218206/nebosvod\\_n3.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2006/11/29/0001218206/nebosvod_n3.zip)  
Номер 1 за 2007 год [http://images.astronet.ru/pubd/2007/01/07/0001220142/nebosvod\\_0107.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2007/01/07/0001220142/nebosvod_0107.zip)  
Номер 2 за 2007 год [http://images.astronet.ru/pubd/2007/02/01/0001220572/nb\\_0207.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2007/02/01/0001220572/nb_0207.zip)  
Номер 3 за 2007 год [http://images.astronet.ru/pubd/2007/02/15/0001220801/nb\\_0307.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2007/02/15/0001220801/nb_0307.zip)  
Номер 4 за 2007 год [http://images.astronet.ru/pubd/2007/03/28/0001221352/nb\\_0407.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2007/03/28/0001221352/nb_0407.zip)  
Номер 5 за 2007 год <http://images.astronet.ru/pubd/2007/05/07/0001221925/neb0507.zip>  
Номер 6 за 2007 год [http://images.astronet.ru/pubd/2007/05/30/0001222233/neb\\_0607.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2007/05/30/0001222233/neb_0607.zip)  
Номер 7 за 2007 год [http://images.astronet.ru/pubd/2007/06/25/0001222549/nb\\_0707.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2007/06/25/0001222549/nb_0707.zip)  
Номер 8 за 2007 год <http://images.astronet.ru/pubd/2007/07/26/0001222859/neb0807.zip>  
Номер 9 за 2007 год <http://images.astronet.ru/pubd/2007/08/23/0001223219/neb0907.zip>  
Номер 10 за 2007 год <http://images.astronet.ru/pubd/2007/09/25/0001223600/neb1007.zip>  
Номер 11 за 2007 год [http://images.astronet.ru/pubd/2007/10/30/0001224183/neb\\_1107sed.zip](http://images.astronet.ru/pubd/2007/10/30/0001224183/neb_1107sed.zip)

**Популярная  
Механика**

<http://www.popmech.ru>

Журнал «Земля и  
Вселенная» - издание для  
любителей астрономии с  
42-летней историей  
<http://ziv.telescopes.ru>



**В мире науки**  
[www.sciam.ru](http://www.sciam.ru)



# НЕБОСВОД

№ 12 2007, vol. 2

## Уважаемые любители астрономии!

Заканчивается 2007 год... По большому счету, первый год издания журнала «Небосвод». За это время у журнала появилось много подписчиков, в том числе и за пределами России и СНГ. Немецкие любители астрономии изъявили желание переводить скромное любительское астрономическое издание на свой язык. На данное время переводится ноябрьский номер за 2007 год. Это говорит о том, что «Небосвод» на правильном пути и удовлетворяет потребности рядовых любителей астрономии в периодическом издании. Конечно, для маститых корифеев любительской астрономии журнал еще далек от совершенства. Но все-таки это издание для всех любителей астрономии, в том числе, и для тех, кто только-только начинает познавать Вселенную. Поэтому и направленность журнала идет по пути развития: от самых простых любительских статей к серьезным астрономическим материалам. Журнал растет и развивается вместе с Вами, уважаемые любители астрономии! У журнала уже есть своя наблюдательная база на юге. Он рассылается во все планетарии России и во многие астрономические общества и кружки. Достаточно привести один отзыв: «Пишет Вам директор Астрокомплекса педуниверситета г. Челябинска Буйло Жанна Валерьевна. Огромное Вам спасибо за ту огромную работу, что Вы выполняете. Очень Вам благодарна от себя и от лица любителей астрономии Челябинска.» И таких писем множество. В свою очередь, от лица всех любителей астрономии, участвующих в работе над журналом, хочется сказать **Большое Спасибо всем читателям и распространителям журнала** за его поддержку в период становления. **Спасибо, друзья!** Разрешите поздравить вас с наступающим Новым годом! Пусть он принесет новые открытия в астрономии, позволит пронаблюдать замечательные явления и предоставит все возможности для познания тайн Вселенной!

Искренне Ваш

Александр Козловский

## Содержание

- 4 **Небесный курьер** (новости астрономии)
- 10 **Темная сторона Вселенной**  
*Алексей Левин*
- 14 **Судьба звездных скоплений**  
*Владимир Георгиевич Сурдин*
- 18 **Открытия малых планет любителями**  
*Стас Короткий*
- 23 **Исследование переменных звезд**  
*Валерий Григоренко*
- 26 **Почему вспыхнула комета Холмса?**  
*Владимир Буслов*
- 28 **Определение предельной видимой  
звёздной величины при Луне**  
*Андрей Семенюта*
- 30 **Apogee 20-32x88mm RA Binocular**  
*Вячеслав Гордин*
- 32 **Почему небо темное?**  
*В.М. Чаругин*
- 35 **Небо над нами: ЯНВАРЬ - 2008**
- 36 **Полезная страничка (Плехды)**

**Обложка: Огромная комета Холмса** <http://astronet.ru>  
**Пояснение:** Сферическая кома кометы Холмса раздулась так, что ее диаметр теперь равен 1.4 миллионов километров — т.е. это разреженное пылевое облако больше Солнца. Газ и пыль, которые и рассеивают солнечный свет, испарились из активного ядра. Размер последнего, по оценкам, сделанным до произошедшей в конце октября вспышки, составлял всего 3.4 километра. На сегодняшней картинке показан четкий снимок кометы, сделанный 14 ноября на Канадско-Франко-Гавайском телескопе. Звезды просвечивают сквозь внешнюю кому, а ядро кометы утонуло в более плотной яркой части. Яркая часть комы как будто не совпадает с ее центром. Это согласуется с мнением, что от ядра отделился и распался большой фрагмент, который и произвел поразительную вспышку кометы. На последних изображениях кометы Холмса ярко сверкает Мирфак —  $\alpha$  Персея. Сама же комета медленно покидает созвездие Персея.  
**Авторы:** Жан-Шарль Куландр (CFHT), Гавайский звездный свет, Канадско-Франко-Гавайский телескоп (CFHT)  
**Перевод:** А.В. Колпакова

## Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

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

Редактор и издатель: **Козловский А.Н.** В редакции журнала - любители астрономии России и СНГ

Корректор: **Е.А. Чижова**, [chizha@mail.ru](mailto:chizha@mail.ru); дизайнер обложки: **Н. Кушнир**, [offset@list.ru](mailto:offset@list.ru)

Е-mail редакции: [nebosvod\\_journal@mail.ru](mailto:nebosvod_journal@mail.ru) (резервный e-mail: [sev\\_kip2@samaratransgaz.gazprom.ru](mailto:sev_kip2@samaratransgaz.gazprom.ru))

Рассылка журнала: «Астрономия для всех: небесный курьер» - [http://content.mail.ru/pages/p\\_19436.html](http://content.mail.ru/pages/p_19436.html)

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

Сверстано 20.11.2007

© Небосвод, 2007

## Новый рекорд среди черных дыр



Черная дыра – шаг в неизвестность.  
Изображение с сайта <http://www.grani.ru>.

Используя сразу две космические обсерватории NASA и наземные телескопы, американские и европейские астрономы сумели обнаружить очередную рекордсменку среди самых массивных черных дыр, рожденных в результате звездного коллапса. Новое достижение затмевает предыдущий рекорд, о котором было объявлено всего пару недель назад (16 солнечных масс в галактике M33).

Черная дыра из близкой карликовой галактики IC 10 (созвездие Кассиопеи, 1,8 млн световых лет) масса которой в 24-33 раза превышает массу нашего Солнца, теперь считается самой массивной ЧД из всех, известных науке (если только забыть на какое-то время про сверхмассивные черные дыры в центрах галактик (миллионы и миллиарды солнечных масс) и гипотетические черные дыры промежуточной массы (сотни и тысячи солнц)). Очевидно, что этот монстр еще хуже, чем предыдущий рекордсмен, вписывается в современные модели звездной эволюции, которые стремятся описать формирование подобных объектов. Звезда-прародитель IC 10 X-1 (если, конечно, все это подтвердится) должна была бы весить уже свыше 60 звездных масс.

Массу данной черной дыры (как, впрочем, и предыдущей рекордсменки) удалось узнать благодаря тому, что она не только обращается вокруг общего центра масс вместе со своей массивной звездой-компаньонкой (звездой типа Вольфа-Райе), но и получает от нее свою долю звездного ветра (в противном случае черная дыра просто оставалась бы невидимой). Вещество, поступающее от звезды-компаньонки, в процессы поглощения его черной дырой (еще до достижения так называемого горизонта событий, из-под которого уже не может вырваться ни материальное тело, ни свет) нагревается и испускает мощные потоки рентгеновского излучения.

В ноябре 2006 года Андреа Прествич (Andrea Prestwich) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics - CfA) в Кембридже и ее коллеги проводили наблюдения карликовой галактики с помощью рентгеновской обсерватории NASA "Чандра" (Chandra). Группа выяснила, что самый яркий (в рентгеновском диапазоне) переменный источник IC 10 X-1 демонстрирует явные периодические колебания своей яркости. Такое поведение подразумевает наличие звезды, проходящей перед источником и блокирующей рентгеновское излучение (затмевающей черную дыру). В конце ноября еще один спутник NASA - Swift - подтвердил

эти наблюдения и позволил уточнить некоторые параметры двойной системы, которая с Земли видна практически "с ребра". Орбитальный период IC 10 X-1 составил 34,4 часа. Оптические наземные телескопы вроде "Джемини" (Gemini, Гавайские острова) позволили уточнить спектральный состав. Зная параметры видимой звезды в IC 10 X-1, достаточно воспользоваться законами Кеплера - и минимальная масса черной дыры получается равной по крайней мере 24 солнцам.

Большие массы черных дыр создают для теоретиков изрядные проблемы, поскольку массивные звезды (прародительницы) должны в этом случае порождать слишком мощные звездные ветры, которые неизбежно выдувают изрядную порцию газа (десятки солнечных масс) прежде, чем звезда успеет взорваться и превратиться в черную дыру. Вычисления показывают, что массивные звезды в нашей Галактике в современную эпоху не должны порождать черные дыры массой, превышающей приблизительно 15 солнц. За счет дополнительного

поглощения вещества от своей соседки черная дыра из IC 10 X-1 могла бы получить еще какую-то долю - но не свыше 1-2 солнечных масс. Впрочем, возможность значительного увеличения массы исходной звезды может быть связана с изменением ее первоначального состава. Исключительная "стерильность", то есть отсутствие элементов тяжелее водорода и гелия, в принципе, позволяет умерить потери массы на звездный ветер. Ведь тяжелые элементы с дополнительными электронными оболочками (вроде углерода и кислорода) гораздо лучше "чувствуют" давление направленных наружу (из звездных недр) световых потоков, стало быть, и более восприимчивы к выметающему их звездному ветру. У первых поколений звезд в нашей Вселенной было меньше проблем с "загрязнениями", поэтому они могли порождать более тяжелые черные дыры. Да и сами эти звезды были гораздо крупнее нынешних.

## Зонд "Новые горизонты" заснял извержение на Ио



Ио и его вулканы, запечатленные аппаратом «Новые Горизонты».  
Изображение с сайта <http://www.astronet.ru>

Благодаря пролетевшей рядом с системой Юпитера американской межпланетной станции "Новые горизонты" (New Horizons) астрономы сумели изучить захватывающую картину извержения на небольшом спутнике этой гигантской планеты Ио. Фотографии вулканического факела высотой 350 километров (по высоте факел в 40 раз превзошел величайшую вершину нашей планеты - Эверест) были переданы на Землю в феврале и марте этого года, однако обнародованы они только теперь, на ежегодной встрече отделения планетарных наук Американского астрономического общества (American Astronomical Society's Division for Planetary Sciences) во Флориде 9 октября (публикацию соответствующего сообщения можно найти также в выпуске журнала "Наука" (Science) от 12 октября). "Новые горизонты" (запущенные в январе прошлого года) успешно продолжают свой долгий путь к Плутону, ну а Юпитером они воспользовались как своего рода "гравитационной пращей", чтобы "бесплатно" разогнаться и сэкономить дефицитное топливо.

К немалой досаде ученых и менеджеров, управлявших движением "Новых горизонтов", погода на Юпитере в момент пролета была неправдоподобно спокойной. Однако луна Ио (постоянно испытывающая на себе приливно-отливное воздействие гравитации Юпитера) и в этот раз не подкачала. Планетологи за более чем 8 дней получили 39 превосходных снимков вулкана Тваштар (Tvashtar) и сумели проследить, как взвился и опал ярко-оранжевый, богатый серой факел, исторгнутый из этого вулкана со скоростью почти 700 метров в секунду.

## У звезды 55 Cancri открыта рекордная пятая планета



Внесолнечная планетная система в представлении художника. Изображение с сайта <http://www.grani.ru>

Группа американских астрономов объявила во вторник об открытии рекордной пятой планеты, обращаемой вокруг довольно близкой к нам звезды 55 Cancri (расположенной на расстоянии в 41 световой год от Земли в направлении на созвездие Рака). Это единственная звезда (кроме, конечно, нашего Солнца), про которую теперь известно, что она имеет не меньше пяти планет. Система 55 Cancri напоминает нашу Солнечную, однако лишенную планет земной группы (впрочем, таких малышек существующими методами и имеющейся в распоряжении астрономов техникой зарегистрировать пока нельзя).

Открытие было совершено после 19 лет наблюдений и представляет собой отчет группы California and Carnegie Planet Search, которая в этом году празднует 20-ю годовщину своих первых попыток поиска экстрасолнечных планет (1987) путем анализа данных по колебаниям их родительских звезд. В работе использовались данные, полученные с помощью астрономической обсерватории Лика (Lick Observatory), расположенной на горе Маунт-Гамильтон в Калифорнии (она основана в 1888 году бизнесменом Джеймсом Ликом (James Lick) и передана им

Калифорнийскому университету (University of California)), и Обсерватории Кека (W. M. Keck Observatory), построенной на вершине потухшего вулкана Мауна-Кеа (Гавайские острова). Соответствующая статья принята для публикации в "Астрофизическом журнале" (Astrophysical Journal - ApJ).

"Эта система весьма интересна, поскольку там есть гигантская планета с орбитой радиусом 6 астрономических единиц [т.е. расстояний от Земли до Солнца, 1 а.е. = 150 миллионов километров] и четыре планеты поменьше, радиусы орбит которых не превышают 0,8 а.е. В промежутке же может, в принципе, таиться и планета размером с Землю", - поясняет профессор астрономии из Калифорнийского университета в Беркли (University of California - Berkeley, UC Berkeley) Джеффри Марси (Geoffrey Marcy), директор Center for Integrative Planetary Science. Можно посмотреть соответствующий ролик с выступлением Марси.

Первую планету у 55 Cancri (размером с Юпитер и 14,6-дневной орбитой) обнаружили в 1996 году Марси и Батлер. Это была всего лишь четвертая известная землянам звезда с экзопланетой. Вторую и наиболее удаленную планету этой же системы нашли в 2002 году. Размеры ее орбиты оказались сопоставимы с размерами орбиты нашего Юпитера, однако сама эта планета в четыре раза его массивнее. Третья планета, также обнаруженная в 2002 году, оказалась гораздо меньше (приблизительно половина массы Сатурна) и имела при этом 44-дневную орбиту, то есть она расположена несколько дальше от звезды, чем первая планета. Четвертая планета, найденная в 2004 году, расположена столь близко к звезде, что могла бы носить звание "горячего Нептуна", если бы обладала плотной газовой атмосферой; это объект размером с Нептун (14 земных масс) с периодом обращения 2,8 суток, обнаруженный в сотрудничестве с группой, возглавляемой Барбарой Макартур (Barbara McArthur) из Техасского университета (University of Texas). Свеженайденная пятая планета также довольно велика - она весит приблизительно в два раза меньше Сатурна или по крайней мере 45 земных масс и обращается по орбите радиусом 0,785 а.е. за 260,8 суток.

В настоящее время астрономы нашли почти 250 экзопланет, однако всего лишь еще одна звезда (помимо 55 Cancri) -  $\mu$  Arae (Мю Жертвенника, HD 160691) из южного созвездия Жертвенник (или Алтарь, 50 световых лет) известна как владелица по крайней мере четырех планет. Обнаружение кратных планетных систем осложнено тем, что приходится подолгу и очень тщательно разбираться в наборах звездных колебаний (каждая планета при движении по своей орбите гравитационно взаимодействует со звездой и по-своему "дергает" ее, оказываясь с той или иной стороны от светила). Колебания 55 Cancri (как и в большинстве подобных случаев) отслеживались благодаря эффекту Доплера посредством хороших спектрометров. Спектры удаляющихся и приближающихся к нам звезд имеют небольшие сдвиги, позволяющие (в данном случае) измерять радиальную скорость с точностью до метра в секунду. Нужно, впрочем, отметить, что этот способ не лишен важного недостатка: для измерений доступен лишь нижний предел массы той или иной планеты (при отсутствии информации о том, как ориентирована к нам плоскость орбиты планеты, нельзя узнать что-либо, кроме радиальной составляющей скорости).

Первым автором сообщения об открытии новой планеты указана Дебра Фишер (Debra Fischer), доцент астрономии Университета штата Сан-Франциско (San Francisco State University). Она отмечает то, что пятая планета находится в пределах так называемой обитаемой зоны звезды, в которой вода может существовать в жидком состоянии (поскольку звезда 55 Cancri старше и холоднее Солнца, то обитаемая зона расположена ближе к звезде, чем у нашего светила). И хотя сама новооткрытая планета представляет собой гигантский газовый шар, жидкая вода может встречаться на поверхности какой-нибудь из ее лун или же на других, каменных планетах, которые вполне могут разместиться в пределах свободной зоны. "Сейчас мы видим свободное пространство между 260-дневной орбитой новой планеты и 14-летней орбитой еще одного газового гиганта, и если бы кто-то должен был держать пари, мы посоветовали бы ему ставить на то, что там есть еще что-то

[то, что мы пока не в силах обнаружить]", - говорит Фишер. Фишер отмечает, что невидимый объект, занимающий этот промежуток, не может превышать массу Нептуна, в противном случае он дестабилизировал бы орбиты других планет.

Все планеты 55 Cancri ныне находятся на устойчивых, почти круговых орбитах, как и все восемь планет нашей Солнечной системы (напомним, что "неправильный" Плутон уже перестали считать планетой). Юпитер расположен на расстоянии в 5,2 а.е. от Солнца, в то время как Меркурий и Венера находятся к нему ближе, чем на 0,72 а.е. Земля и Марс находятся в промежутке между 1 а.е. и 1,5 а.е. "Мы, конечно, не нашли близнеца нашей Солнечной системы, поскольку там четыре ближайšie к звезде планеты равны или же превышают по своим размерам Нептун", - признает Марси, однако он выдал и оптимистический прогноз: наблюдения уже в следующие пять лет должны будут выявить каменистую планету.

## В Плеядах рождается новая Земля



Звезда в Плеядах, где идет образование планет. Во врезке – представление художника о событии в этой системе. Изображение с сайта <http://www.grani.ru>

Планеты, подобные планетам земной группы в Солнечной системе (таким, как Земля, Марс и Венера), в настоящее время рождаются (или же лишь совсем недавно родились) у одной из звезд известного звездного скопления Плеяды (другое название - Стожары, M45) в созвездии Тельца. Такой вывод сделали американские астрономы, использовавшие для своих наблюдений Обсерваторию "Джемини" (так называемого "Северного Близнеца", Gemini Observatory), расположенную на вершине потухшего вулкана Мауна-Кеа на Гавайских островах, и космические обсерватории, работающие в инфракрасном диапазоне - Infrared Astronomical Satellite (IRAS), Infrared Space Observatory (ISO) и "Спитцер" (Spitzer Space Telescope). Ученые сообщают об этом новом открытии в очередном выпуске "Астрофизического журнала" (Astrophysical Journal - ApJ). Статью ("Warm dust in the terrestrial planet zone of a sun-like Pleiad: collisions between planetary embryos?") можно также найти на сайте электронных препринтов arXiv.org. "Впервые нами получено ясное свидетельство формирования планет в Плеядах, эти результаты, которые мы теперь представляем, могут считаться наблюдательным

свидетельством того, что планеты, подобные планетам земной группы в нашей Солнечной системе, - это вполне заурядное явление", - заявил астроном Джозеф Ри (Joseph Rhee) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (University of California, Los Angeles - UCLA), чье имя значится первым в списке авторов.

Плеяды - это, вероятно, самое известное звездное скопление, оно доступно для наблюдений даже невооруженным глазом (находится в четырех сотнях световых лет от Солнца). Хотя скопление и носит поэтическое название "Семь Сестер" (по именам семи дочерей титана Атласа и океаниды Плейоны - Альционы, Астеропы, Майи, Меропы, Тайгеты, Целено и Электры), звезд там фактически гораздо больше. В бинокль в Плеядах видны десятки звезд, в хороший телескоп можно обнаружить около полутысячи звезд, принадлежащих этому скоплению, а на самом деле их там сейчас насчитывают чуть менее полутора тысяч.

На этот раз астрономов заинтересовала одна из самых что ни на есть рядовых звезд кластера, носящее совершенно непоэтическое наименование - HD 23514. Масса и яркость HD 23514 лишь немногим превосходит соответствующие параметры нашего Солнца. Эта звезда окружена теперь

экстраординарным количеством частиц разогретой пыли - в сотни тысяч раз превосходящей количество пыли во всей нашей Солнечной системе.

Проанализировав излучение от всех этих бесчисленных микроскопических частиц, астрономы вынесли самое вероятное заключение: пыль, скорее всего, представляет собой остатки недавно отгремевшей космической катастрофы - столкновения зарождающихся там планетарных "эмбрионов". Часть этих зародышей со временем "переплавится" в планеты, ну а часть просто разрушится.

HD 23514 - это вторая звезда, у которой обнаружили признаки формирования "силикатных"

скалистых планет земной группы. О предыдущей находке (той же группы ученых) сообщалось в журнале Nature в июле 2005 года, речь там шла о солнцеподобной звезде BD +20 307, расположенной в трех сотнях световых лет от Земли в созвездии Овна. Эта звезда окружена в миллион раз

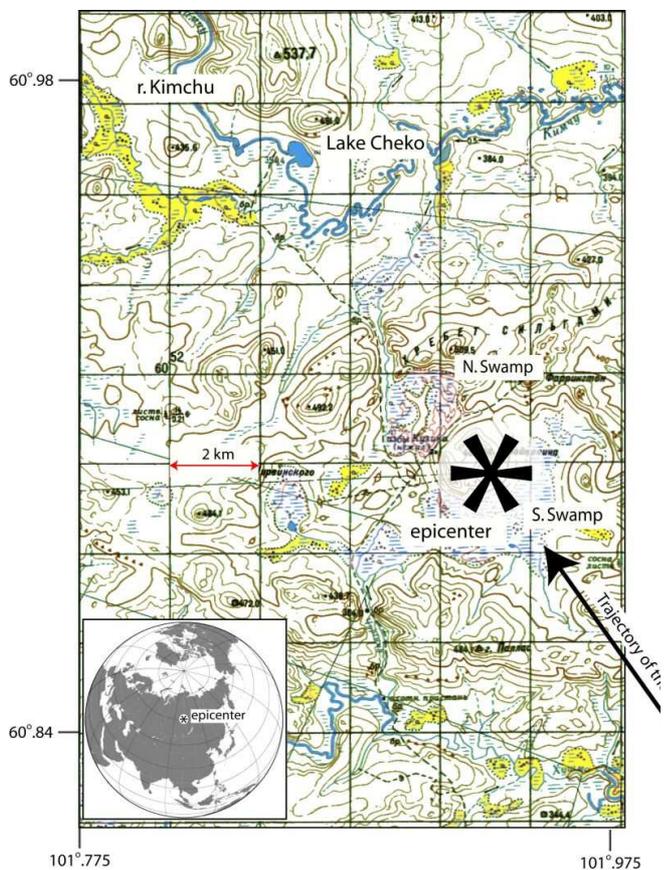
большим количеством пыли, чем наше Солнце (вывод основан на том, что порядка 4% энергии системой испускается в инфракрасном диапазоне). Таким образом, речь идет о двух самых "запыленных" молодых звездах из всех, нам известных.

Нужно отметить, что в то время как нашему Солнцу уже 4,5 миллиарда лет, звезды Плеяд и BD +20 307 имеют пока еще вполне "подростковый" возраст - им приблизительно 100 миллионов и 400 миллионов лет соответственно. Последнее столкновение протопланет в Плеядах случилось около ста тысяч лет назад. Конечно, для еще более молодых звезд - которым менее 10 миллионов лет - большое количество пыли на орбите - вполне рядовое явление (у них еще не завершился процесс звездообразования), но к тому времени, когда звезде исполняется 100 миллионов лет, первоначальная пыль уже должна рассеяться (часть пыли поглотит звезда, часть будет "выдута" ее излучением за пределы системы, а часть "слипнется" в планетезимали). Так что столкновение планетных "эмбрионов" (при котором "рассыпалась" в общей сложности масса нашей Луны) - это практически единственно возможное объяснение "запыленности".

При этом отсутствие чрезвычайно горячих (более тысячи кельвинов) частиц пыли в обеих "пропыленных" звездных системах позволяет предположить наличие "щели", расположенной поблизости от родительской звезды, в

которой уже, вероятно, присутствуют небольшие каменные планеты либо их зародыши.

## Итальянские ученые утверждают, что нашли кратер, оставленный Тунгусским метеоритом



Место падения Тунгусского метеорита. Изображение с сайта <http://www-th.bo.infn.it/tunguska/TN-figure1.htm>

Столетие спустя после того, как в районе реки Подкаменная Тунгуска в Сибири взорвался огромный болид, выкосивший тайгу на территории двух тысяч квадратных километров, ученым, наконец, удалось (как они утверждают) найти кратер, образовавшийся при падении таинственного космического объекта. Причем удача улыбнулась не российским ученым (которые изучали феномен на протяжении всех этих долгих лет, с первой экспедиции 1911 года), а итальянским (притом, что иностранных специалистов до начала перестройки в те места просто не пускали).

Согласно наиболее распространенным оценкам, болид взорвался (это случилось 30 июня 1908 года) на пяти- или десятикилометровой высоте, он передал при этом 10-15 мегатонн энергии - приблизительно в тысячу раз больше, чем при взрыве атомной бомбы над Хиросимой. Множество научных (и околonaучных) групп, исходивших эту малонаселенную местность, так и не смогли найти хотя бы один крупный фрагмент "Тунгусского метеорита" (на днях появилась, правда, информация о том, что обломок метеорита, тайно вывезенный из СССР, продается на интернет-аукционе eBay за 2,4 миллиона долларов, однако эксперты относятся к таким сообщениям скептически). Кратер, относящийся к Тунгусскому метеориту, был обнаружен под озером Чеко, имеющим странную форму. Озеро уже изучалось в 1960-е г. г., но не вызвало тогда особого интереса. В своей новой работе группа итальянских ученых использовала данные обследования озерного дна гидроакустическими методами. Озеро Чеко (диаметром 500 метров и глубиной 50 метров) находится приблизительно в

восемь километрах к северу от предполагаемого эпицентра взрыва в труднодоступном незаселенном районе. До последнего времени было неясно, существовало ли оно до 1908 года (присутствие этого озера не отмечено ни на одной карте, датированной ранее 1928 года). Ранее считалось, что Чеко либо имеет карстовое происхождение, либо является древним вулканическим кратером, либо было создано впадающей в него рекой Кимчу. Такие заключения оставили исследовавшие озеро российские ученые. По их оценкам, отложения в озере, накапливавшиеся со скоростью 1 сантиметра в год, указывают на достаточно древнее (по крайней мере, несколько столетий) происхождение озера. Итальянцы же, исходя из анализа тех же осадочных пород, возраст озера существенно уменьшили - примерно до одного столетия (в августе появилась соответствующая публикация в журнале Terra Nova).

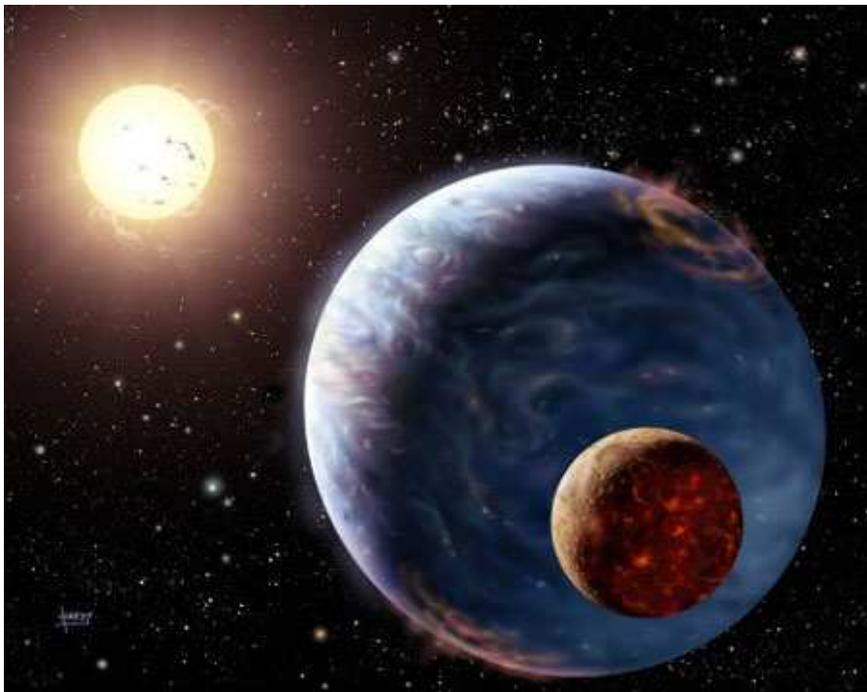


Компьютерная реконструкция строения озера Чеко. Изображение с сайта [blackwell-synergy.com](http://blackwell-synergy.com)

"Когда наша экспедиция была в районе Тунгуски [в 1999 году, Tunguska99], мы не могли еще сказать с уверенностью, заполнило ли озеро Чеко образовавшийся кратер, - пояснил руководитель группы геолог Лука Гасперини (Luca Gasperini) из Института морской геологии (Istituto di Geologia Marina - ISMAR) в Болонье. - На дне озера мы искали микрочастицы внеземного происхождения - не только изучили его очертания, но и получили пробы грунта. В результате изучения образцов осадочных пород и правильная форма озера позволили заключить, что мы имеем дело с кратером импактного происхождения [т.е. возникшим в результате столкновения с небесным телом]". Гасперини утверждает, что несколько необычная форма озера - это результат удара о землю крупного фрагмента, отброшенного в сторону при взрыве Тунгусского метеорита и в результате пропавшего почву. Это позволило обломку создать котлован соответствующей формы. "Мы предполагаем, что 10-метровый фрагмент [массой  $1,5 \times 10^6$  кг] избежал уничтожения во время взрыва и продолжил полет в первоначальном направлении, - говорит Гасперини. - Он двигался относительно медленно, со скоростью приблизительно 1 километра в секунду. Озеро как раз расположено на вероятном пути следования космического тела. Этот фрагмент погрузился в мягкий болотистый грунт и расплавил слой вечной мерзлоты, выпустив при этом определенное количество  $\text{CO}_2$  [двуокиси углерода], водяного пара и метана, которые расширили изначальную щель, придав озеру форму, не совсем характерную для кратера импактного происхождения. Наша гипотеза - это единственное разумное объяснение воронкообразной формы дна озера Чеко". Работа итальянских исследователей уже вызвала большой резонанс в научном сообществе. Одним из самых интересных вопросов считается природа Тунгусского феномена - была ли это комета или небольшой астероид? Гасперини считает, что их гипотеза совместима с обоими вариантами: "Если объект был астероидом, то выживший фрагмент может быть похоронен под озером. А если это была комета, то ее химическая "подпись" должна обнаруживаться в самых глубоких слоях отложений".

Гасперини и его коллеги с физического факультета Университета Болоньи (Dipartimento di Fisica dell'Università di Bologna) планируют возвратиться в Сибирь в следующем году, чтобы еще дальше продвинуться в решении столетней загадки... "Мы хотим провести бурение дна озера с тем, чтобы добиться окончательной проверки нашей гипотезы и тем самым попробовать разгадать тайну Тунгуски", - заявил он.

## Может ли "суперземля" приютить жизнь?



Найдем ли мы жизнь на внесолнечных планетах?  
Изображение с сайта <http://www.grani.ru>

За последние годы было открыто сразу несколько гигантских скалистых планет, обращающихся вокруг своих звезд за пределами Солнечной системы (а до этого ученые имели дело только с экстрасолнечными газовыми гигантами и мини-планетами у мертвых звезд - пульсаров). О том, что это именно планеты, обладающие твердой поверхностью (так называемые "суперземли" - super-Earths), говорит их сравнительно небольшая масса и еще ряд косвенных признаков (конечно, рассмотреть такие экзопланеты в телескоп в ближайшее время не удастся). К такому (видимо, весьма распространенному) классу планет решено отнести объекты массой до 10 земных масс (их пока отыскалось пять штук). Некоторые из этих планет оказываются даже в так называемой "обитаемой зоне" (то есть их орбиты расположены не слишком близко и не слишком далеко от хозяйской звезды - именно в том диапазоне, где может существовать вода в жидком виде). В связи со всеми этими открытиями планетологи стали задаваться естественным вопросом: а может ли на таких планетах возникнуть жизнь земного типа? Сразу две исследовательские группы постарались ответить на этот непростой вопрос. Речь в первую очередь идет о возможности или невозможности активной тектоники плит на таких планетах.

Движение тектонических плит-платформ, которые на нашей собственной планете создают величайшие хребты и вершины (такие горы, как, например, Гималаи) и постепенно перемещают даже целые континенты, считается важным фактором, благоприятствующим возникновению и дальнейшей эволюции жизни. Дрейф континентов способствует уменьшению температуры (т.е. смягчению климата) и переработке материалов, которые будут поддерживать жизнь. Однако "суперземли" - то есть планеты с массой, на порядок превышающей массу нашей Земли, - могут иметь принципиально иную "геологию".

Впрочем, Диана Валенсия (Diana Valencia) вместе с группой ученых из американского Гарвардского университета (Harvard University, Кембридж, штат Массачусетс), считает, что тектонические платформы и их дрейф - это практически неизбежная вещь для любой сколько-нибудь крупной планеты (публикация в *Astrophysical Journal Letters*, саму статью - "Inevitability of Plate Tectonics on Super-Earths" ("Неизбежность тектоники плит на суперземлях") можно найти также и на сайте электронных препринтов arXiv.org). Причем чем планета крупнее, тем дольше будет длиться период ее тектонической активности. Ведь увеличение размера планеты однозначно сказывается на количестве теплоты, исходящей от радиоактивного планетного ядра и поступающей в вязкую мантию. Твердая тонкая и ломкая внешняя оболочка легко раскалывается и сдвигается под напором бушующих под ней сил, образует горы-складки, разломы и т.д. Логика Валенсии основывается на вполне очевидной тенденции, доступной для наблюдения в нашей Солнечной системе: так, Марс, Меркурий и скалистые луны явно не проявляют большой тектонической активности. Венера - вторая по величине скалистая планета в Солнечной системе, - возможно, обладала тектонической активностью в не таком уж далеком прошлом (в отличие от Марса, период "бурной молодости" которого продлился весьма непродолжительное время (по космическим масштабам)). Самая крупная из планет с твердой поверхностью - Земля - одновременно является и самой активной в геологическом смысле. "Это не может быть простым совпадением", - уверяет Валенсия.

С Валенсией категорически не согласен Крейг О'Нейл (Craig O'Neill), планетолог из австралийского Университета имени Лэчлена Маккуори (Macquarie University, Сидней). Он считает нашу Землю редкой аномалией, на которую не стоит обращать особого внимания при выявлении тенденций среди крупных скалистых планет.

О'Нейл и его группа пришли к полностью противоположному заключению. Их модель, о которой рассказывается в статье, опубликованной в *Geophysical Research Letters*, позволяет сделать вывод, что на достаточно крупной планете увеличение силы тяжести приведет лишь к дополнительному сжатию горных пород коры, и это не позволит подземным силам расколоть внешнюю оболочку на отдельные платформы.

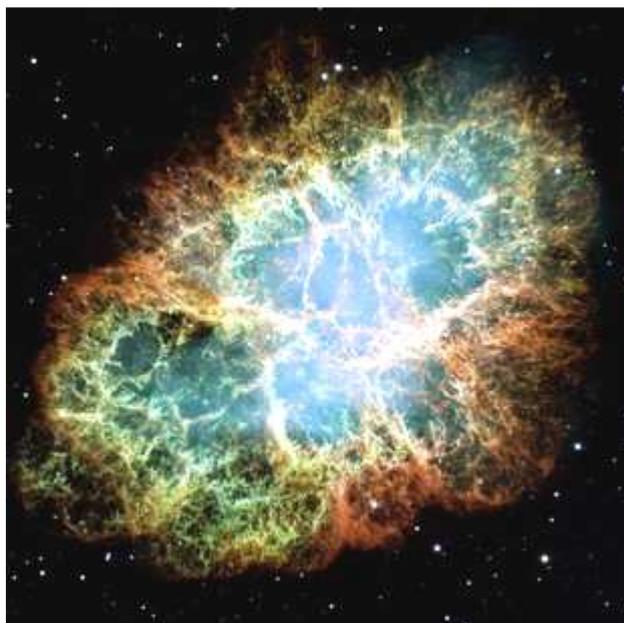
Типичная крупная планета, по мнению О'Нейла, должна напоминать Венеру с ее адской атмосферой и "вышедшим из-под контроля" необратимым парниковым эффектом. Другой вариант подобной планеты - это холодное и мертвое тело вроде земной Луны. Впрочем, пока такая планета еще активно питается внутренней теплотой ее ядра, она все-таки способна на вулканическую активность - т.е. порождаемые в глубинах и вырывающиеся наружу газы будут удаляться посредством мощных вулканов - как на спутнике Юпитера Ио. Все эти процессы не обязательно должны исключать наличие жизни, но они, во всяком случае, отнюдь не благоприятствуют ее появлению.

Впрочем, другие ученые считают, что обе эти теории пока преждевременны. Современная наука еще не смогла справиться со всеми тонкостями тектонических процессов даже на Земле, что уж тут говорить о других планетах... Подобную точку зрения высказал Дэйв Стивенсон (Dave Stevenson), планетолог из американского Калифорнийского технологического института (California Institute of Technology - Caltech) в Пасадене. "Обе статьи носят несколько спекулятивный характер. Пройдет, вероятно, еще немало времени, прежде чем можно будет говорить о наблюдательном подтверждении содержащихся в них выводов", - считает Стивенсон. Представленные модели,

например, пренебрегают критически важным влиянием гидросферы, которая размягчает тектонические платформы и делает их более скользкими. Они также основаны на слишком уж произвольных допущениях - введены, например, довольно сомнительные параметры, характеризующие вязкость мантии или силы, которые действуют на планетную кору, - а ведь разброс этих значений в настоящее время составляет несколько порядков.

Валенсия перспективы проверки своей теории в обозримом будущем оценивает более оптимистично. По ее мнению, с помощью спектрометров таких аппаратов, как "Кеплер" (Kepler), TPF (Terrestrial Planet Finder) NASA и "Дарвин" (Darwin) ESA, можно узнать некоторые атмосферные характеристики "суперземель", которые могли бы помочь в идентификации тектонических процессов на этих объектах.

## Специфический пульсар в Крабовидной туманности



Крабовидная туманность (M1) – остаток взрыва сверхновой в созвездии Тельца. Изображение с сайта <http://www.universetoday.com>.

В 1054 году китайские и арабские астрономы наблюдали новую звезду, сияющую на небе в течение месяца, и видимую даже днем. Это было одно из первых записанных наблюдений сверхновой звезды. От нее остался расширяющийся газовый выброс, который мы теперь называем Крабовидной туманностью. Эта красивая туманность имеет в своем центре пульсар с необычными характеристиками, которые могут изменить наше понимание физики пульсаров. Группа астрономов из Нового Мехико под руководством Dr. Jean Eileck и Tim Hankins исследовала пульсар «Краба» в радиодиапазоне, используя для этого радиотелескоп в Аресибо и «Большой Массив». Результаты сканирования были совершенно неожиданными. Ученые обнаружили, что радиоимпульсы пульсара гораздо более сильны, чем предполагалось ранее. Свои заключения астрономы опубликовали в статье *What makes the Crab pulsar shine?*, входящую в сборник статей аналогичной тематики *Forty Years of Pulsars: Millisecond Pulsars, Magnetars and More*. Пульсар в Крабовидной туманности весьма быстро вращается, в результате чего излучение от полюсов наблюдается в виде вспышек при каждом очередном обороте нейтронной звезды. Но детальное изучение радиовсплесков позволило сделать вывод, что вспышки эти не строго симметричны! Пульсар выдает два импульса: один основной и другой, который дает вспышку после поворота пульсара на 160 градусов, а не на 180, как это должно быть в теории. Пульсары задают новые загадки!

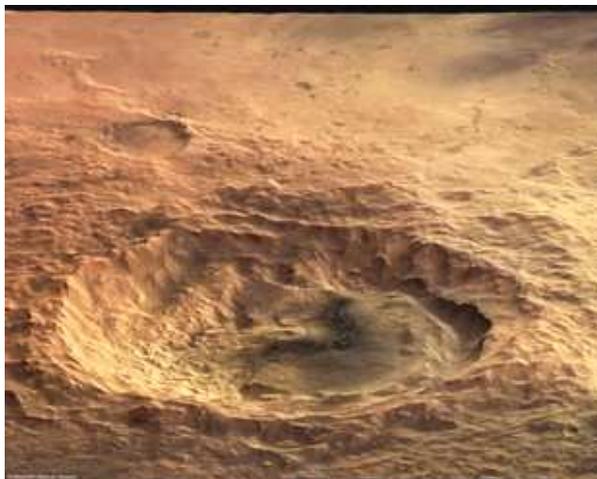
## Еще один шедевр от «Хаббла»



Взаимодействующие галактики NGC 3808 и NGC 3808A. Изображение с сайта <http://www.universetoday.com>.

Еще одна замечательная фотография, полученная космическим телескопом «Хаббл», украсила галерею космических снимков. На этот раз в поле зрения телескопа попали две больших, красивых спиральных галактики, взаимодействующие друг с другом. Галактика, расположенная почти плашмя, имеет обозначение NGC 3808, а меньший партнер этой пары обозначается как NGC 3808A. Обе галактики стараются своей гравитацией разорвать другую, а кто победит в этом катаклизме покажет будущее. Через миллионы лет наши далекие потомки увидят результат космического действия. Пока же мы можем созерцать длинную перемычку из звезд, газа и пыли, которая протянулась между звездными островами.

## Необычный марсианский кратер - Maander



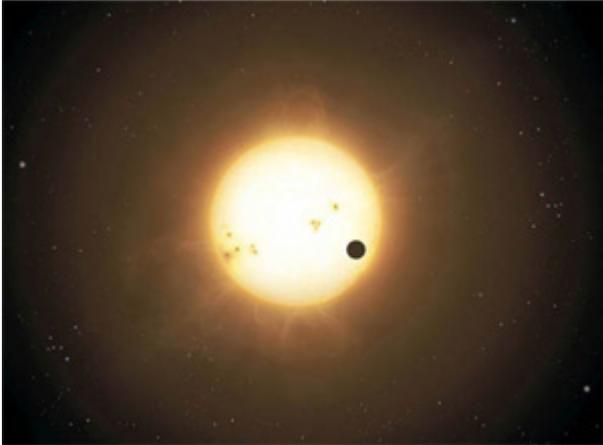
Марсианский пейзаж с орбиты. Изображение с сайта <http://www.universetoday.com>.

Конечно, Вы видели на снимках Марса множество кратеров. Посмотрите еще на один. Это - кратер Maander, фотография которого получена аппаратом ESA «Марс-Экспресс». Хотя это ударное образование достаточно большое - 90 километров в поперечнике, но глубина его весьма небольшая. Вглубь кратера простирается менее чем не километр. Кратеры такого диаметра обычно имеют значительно большую глубину. Сглаженность этого кратера, скорее всего, вызвана неким геологическим процессом, который привел к заполнению кратера грунтовой массой.

Подборка новостей осуществлена по материалам с сайта <http://grani.ru> (с любезного разрешения <http://grani.ru> и автора новостей **Максима Борисова**) и переводам **Козловского Александра** с <http://www.universetoday.com>.

# Темная сторона Вселенной

**Судьбой Вселенной руководит не барионная и даже не темная материя — расширение мироздания подчинено темной энергии.**



В конце XIX века французский астроном Урбен Леверье обнаружил аномалии движения Меркурия по орбите, которые не могли быть объяснены в рамках механики Ньютона. Предполагалось существование еще неизвестных астрономам внутренних планет, делались попытки модифицировать закон тяготения, который, впрочем, не подходил для остальных планет Солнечной системы. И лишь в начале XX века ОТО смогла объяснить этот факт искривлением пространства-времени в окрестностях нашего светила. Изображение: <http://www.popmech.ru>

В 1915 году Эйнштейн завершил работу над общей теорией относительности, объяснил с ее помощью аномалии орбиты Меркурия и определил угол отклонения звездных лучей вблизи Солнца. Затем он подступил к фундаментальной проблеме, над которой думал еще Ньютон. Коль скоро все небесные тела испытывают взаимное притяжение, почему они не падают друг на друга? Во времена Ньютона (впрочем, и гораздо позднее) можно было считать, что Вселенная вращается вокруг единого центра и тяготение уравновешивается центробежными силами (как это происходит в Солнечной системе). Однако Эйнштейн был уверен, что в космосе нет ни «особенных» мест, ни выделенных направлений, что крупномасштабная структура мироздания однородна и изотропна (то есть полностью симметрична по отношению к сдвигам и поворотам).

Чтобы оценить революционность этой идеи, необходимо вспомнить, что в 1915 году практически все астрономы отождествляли космос с нашей собственной Галактикой, структура которой никак не удовлетворяет эйнштейновским постулатам (чтобы убедиться в этом, достаточно ночью посмотреть на небо). Так что Эйнштейн фактически противопоставил свои представления о мироздании астрономической науке того времени.

Наделив Вселенную столь высокими симметриями, он приступил к расчету ее модели. И тут-то математика подсунула ему малоприятный сюрприз. Все решения получались нестационарными, Вселенная либо стягивалась, либо расширялась. Изначально Эйнштейн считал Вселенную неизменной и полагал, что его уравнения это докажут, но ничего не выходило.

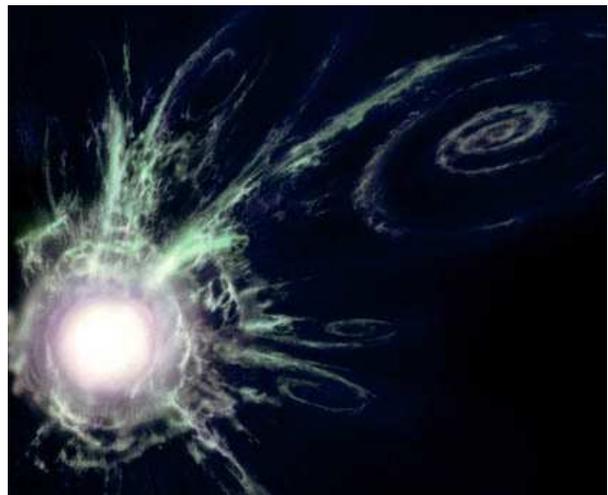
Великий физик обратился за консультацией к своему другу Виллему де Ситтеру, профессору астрономии Лейденского университета. Де Ситтер, который располагал лишь сведениями о звездах нашей Галактики, уверил его, что звездные движения не дают оснований для вывода, что Вселенная как целое расширяется или сжимается. После этого Эйнштейн ввел в основное уравнение ОТО дополнительное слагаемое, которое, казалось бы, математически обеспечивало статичность Вселенной —

метрический тензор, помноженный на положительную константу, которую Эйнштейн обозначил лямбдой (одиннадцатой буквой греческого алфавита). Так была построена первая релятивистская модель мироздания, которую Эйнштейн опубликовал в 1917 году. Пространство в ней замкнуто (следовательно, не меняющий курса космический корабль может вернуться в точку старта) и обладает конечным объемом, хотя и не имеет границ (фактически оно представляет собой трехмерный аналог поверхности шара). Модель и вправду была статичной, но лишь формально. Много позже было доказано, что, если объем такого мира увеличится хотя бы на йоту, он продолжит расти до бесконечности (а при уменьшении объема сожмется в точку). Это означает, что эйнштейновское решение неустойчиво и потому не имеет физического смысла.

## Космологический член

Переделка уравнения далась Эйнштейну нелегко. «Надо признать, — отметил он в той самой статье 1917 года "Космологические аспекты общей теории относительности", — что введенное расширение уравнений гравитационного поля отнюдь не оправдывается тем, что нам достоверно известно о тяготении... Этот член нужен лишь для того, чтобы обеспечить квазистатичное распределение материи, которое вытекает из малости звездных скоростей». Он назвал добавленный член космологическим, имея в виду, что его влияние может сказаться лишь в масштабах всей Вселенной. Это обстоятельство связано с исключительной малостью коэффициента при метрическом тензоре, который называют космологической постоянной.

Нередко говорят, что эту константу можно рассматривать как плотность энергии и давления вакуума. Это верно, но сам Эйнштейн не только не делал подобного вывода, но и не предлагал для  $\lambda$  никакой явной интерпретации. А вот неявная имела место. Поставив космологический член в левую часть своего уравнения, он тем самым модифицировал закон тяготения в космологических масштабах. К современному пониманию лямбды как вакуумной энергии первым пришел бельгийский космолог Жорж-Анри Леметр, который в конце 1920-х годов вслед за Александром Фридманом (но совершенно независимо) построил общепринятую ныне нестационарную модель однородной и изотропной Вселенной, которая спустя два десятка лет превратилась в основу теории Большого взрыва



ОТО — это десять взаимосвязанных дифференциальных уравнений, да к тому же еще и нелинейных, настоящий математический кошмар. Согласно ОТО, гравитация — не самостоятельное поле вроде электромагнитного, а следствие искривления пространственно-временного континуума. Изображение: <http://www.popmech.ru>

Поначалу космологи отнесли к лямбде с уважением. Модифицированное уравнение Эйнштейна использовал де Ситтер, предложивший в 1917 году модель мира без физической материи, но с космологической константой («пустая Вселенная»). Этот космос, как и эйнштейновский, сферичен, но не замкнут в постоянном объеме, а расширяется от некоего минимального радиуса до бесконечности (поэтому такой мир не возникает из бесконечно малого объема, как у Фридмана и Леметра). В дальнейшем радиус растет по экспоненте, показатель которой пропорционален квадратному корню из лямбды (в модели Фридмана он увеличивается не быстрее, чем пропорционально времени).



Ее исходное уравнение связывает это искривление с характеристиками физической материи (обычного вещества и взаимодействующих с ним полей). Слева от знака равенства стоит так называемый тензор Эйнштейна, описывающий деформацию пространства-времени. Справа расположен тензор энергии-импульса, компоненты которого содержат информацию о плотности материи, потоках импульса и энергии и т. п. Именно так Эйнштейн сначала написал свое уравнение, приравняв «геометрическую» часть к «энергетической». Изображение: <http://www.popmech.ru>

Из модели де Ситтера следует, что расширение пространства увеличивает длину волн электромагнитного излучения. Однако сам де Ситтер этого не заметил, скорее всего, потому, что геометрические следствия его модели замаскированы весьма экзотической системой координат. В итоге он решил, что красное смещение обусловлено воздействием гравитации. Подлинная природа этого явления, названного эффектом де Ситтера, выяснилась спустя много лет.

Космологическую постоянную учитывал и Фридман, но, скорее, формально. А в 1929 году Эдвин Хаббл опубликовал свой знаменитый закон, утверждающий, что дальние галактики разбегаются во всех направлениях и что их радиальная скорость пропорциональна расстоянию до нашей планеты. Это непосредственно следует из моделей Фридмана и Леметра с нулевым значением лямбды, на что Леметр обратил внимание за два года до появления первой статьи Хаббла. Таким образом, получалось, что ОТО позволяет реалистично описать эволюцию мироздания без космологического члена, что Эйнштейн и признал в 1931 году.

#### Ошибся ли Эйнштейн?

Георгий Гамов в своей автобиографии «Моя мировая линия» сообщил, что Эйнштейн назвал космологический член «возможно, крупнейшей» из своих ошибок (предположительно, научных). Так ли это, в точности не известно, поскольку сам Эйнштейн ничего подобного не писал, а мемуаристы подчас ошибаются. Во всяком случае, с начала 1930-х годов большинство астрономов забыли о космологическом члене.

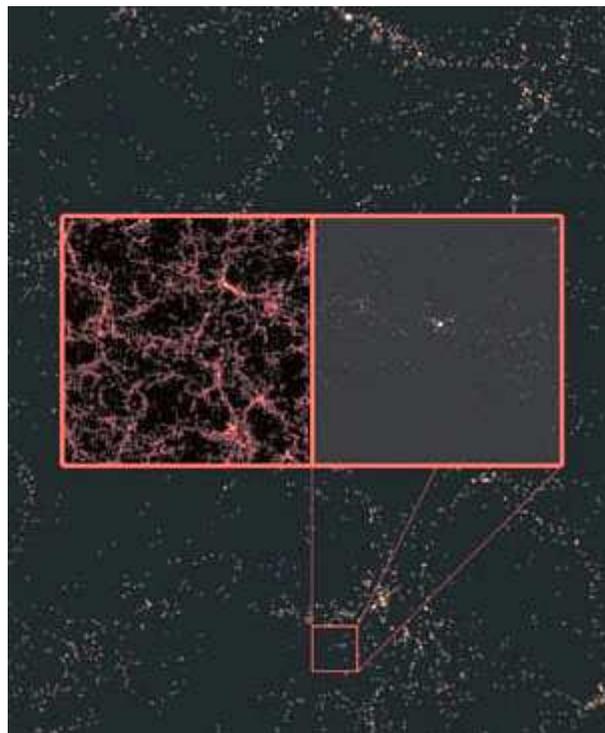
В 1932 году Эйнштейн и де Ситтер опубликовали модель нестационарного мира с нулевой пространственной кривизной (это частный случай модели Фридмана, который тот почему-то не рассмотрел). В этой статье они рекомендовали не пользоваться космологической константой, «пока более точные данные наблюдений

не позволят определить ее знак и численную величину». Таким образом, Эйнштейн и де Ситтер всё же допускали, что лямбда может отличаться от нуля (и даже быть отрицательной). Это предсказание начало подтверждаться лишь через полвека.

Если космологический член с положительным значением лямбды перенести в правую часть уравнения Эйнштейна (как положено, с обратным знаком), он будет вычитаться из материальных источников тяготения. Это означает возникновение вакуумного поля с постоянной плотностью энергии, которое противодействует тяготению, то есть создает антигравитацию. Космологический член с отрицательной лямбдой, напротив, усиливает «материальную» гравитацию. Первым это понял Леметр, который отличался редкой интуицией по части космологии. К сожалению, эта идея сильно опередила свое время.

#### Инфляционная модель

Космологическая постоянная пребывала в забвении вплоть до начала 1980-х годов. Затем интерес к ней возродился, причем по двум независимым причинам. Во-первых, к этому времени в космологии постепенно укрепилась инфляционная модель Большого взрыва, подготовленная и развитая при значительном участии российских исследователей. Эта теория утверждает, что в начале существования Вселенной, когда ее возраст, скорее всего, не превышал  $10^{-36}$ – $10^{-35}$  с, она начала расширяться по экспоненте, как в модели де Ситтера. Причиной этого процесса стал фазовый переход первичной субстанции мироздания, породивший вакуумное скалярное поле с гигантской положительной плотностью энергии. Первоначально оно было сосредоточено внутри сверхмикроскопического пузырька диаметром  $10^{-33}$  см, который и стал зародышем нашей Вселенной. Хотя расширение закончилось, когда Вселенной исполнилось всего  $10^{-33}$  с, она успела приобрести макроскопические размеры.



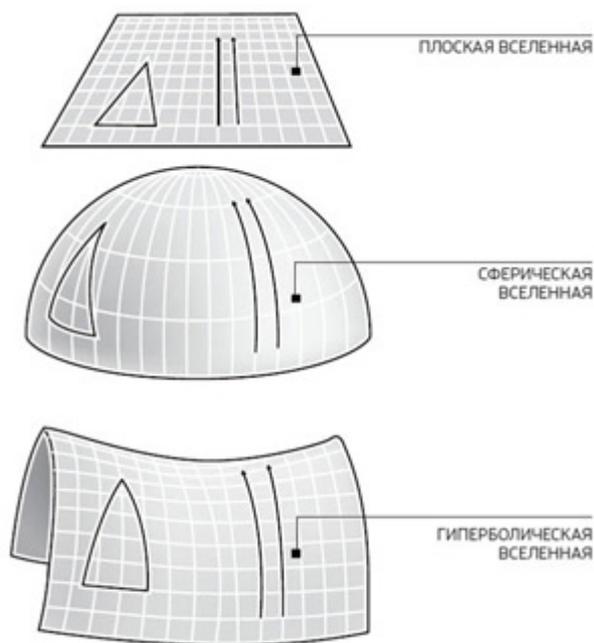
В отдаленном будущем расширение Вселенной, «подгоняемое» темной энергией, приведет к отдалению галактик друг от друга. К примеру, регион размером в миллиарды световых лет, сейчас похожий на паутину и содержащий несколько тысяч галактик размерами с Млечный путь каждая (слева), через пятьдесят миллиардов лет будет казаться почти пустым (справа). Изображение: <http://www.popmech.ru>

Новая модель быстро обрела признание и заставила вспомнить про космологическую постоянную, поскольку формально та выглядела прямым аналогом плотности скалярного поля, запустившего «раздувание» пространства.

Правда, в первых версиях инфляционной модели это поле было весьма нестабильным. По окончании инфляции оно отдало свою энергию на рождение обычных частиц и исчезло, так что затем Вселенная эволюционировала согласно модели Фридмана с нулевым значением лямбды, предписывающей расширение с падающей скоростью. Однако некоторые теоретики допускали, что плотность вакуумного поля могла не упасть до нуля, а стабилизироваться где-то неподалеку. Тогда в уравнении Эйнштейна остается космологический член, пусть и с очень маленькой лямбдой. Сторонники этой идеи были немногочисленны, но авторитетны.

#### Возраст Вселенной

Во-вторых, о космологической постоянной вспомнили астрономы (в связи с проверкой закона Хаббла). Постоянная Хаббла позволяет оценить возраст Вселенной, однако для этого надо знать, по какому сценарию она эволюционирует. В открытой модели без космологического члена Вселенная расширяется вечно, но скорость ее расширения монотонно снижается и стремится к положительному пределу. В закрытой модели расширение сменяется сжатием, которое стягивает Вселенную в единую точку. Какой вариант осуществится, зависит от того, будет ли в начале процесса расширения средняя плотность энергии космической материи больше или меньше некоего критического значения. При строгом равенстве размер Вселенной опять-таки вечно увеличивается, но скорость ее расширения стремится к нулю. В этом, и только в этом, случае равна нулю и кривизна пространства (в открытых моделях она отрицательна, в закрытых — положительна), которое, следовательно, подчиняется геометрии Евклида. Правда, пространственно-временной континуум всё равно остается искривленным, иначе не было бы тяготения.



Если в космосе Согласно ОТО, кривизна пространства зависит от отношения плотности Вселенной к некоему критическому значению. Если это отношение равно единице, Вселенная является плоской (геометрия Евклида), если меньше единицы — имеет отрицательную кривизну (гиперболическая геометрия), если больше единицы — кривизна положительна (сферическая геометрия). Изображение: <http://www.popmech.ru>

Если в космосе очень мало гравитирующей материи, он эволюционирует в соответствии с открытой моделью, но скорость его расширения уменьшается столь медленно, что в первом приближении может считаться константой (она строго постоянна при нулевой плотности вещества). В этом случае время жизни Вселенной равно единице, деленной на постоянную Хаббла. Пару десятков лет назад астрономы уверились, что это значение вряд ли превышает 15 млрд лет.

С другой стороны, результаты многих наблюдений свидетельствовали, что мы, скорее всего, живем в плоском мире. Чтобы вычислить его возраст на основе хаббловской постоянной, надо обратную ей величину умножить на 2/3. Тогда получается, что Большой взрыв случился около 10 млрд лет назад. Однако это меньше установленного возраста древнейших звездных скоплений! Из этого парадокса можно выпутаться, предположив, что эволюция Вселенной отличается от сценария плоской модели с нулевой лямбдой. Но это опять приводит к тому, что космологический член всё же отличен от нуля.

#### Космические маяки

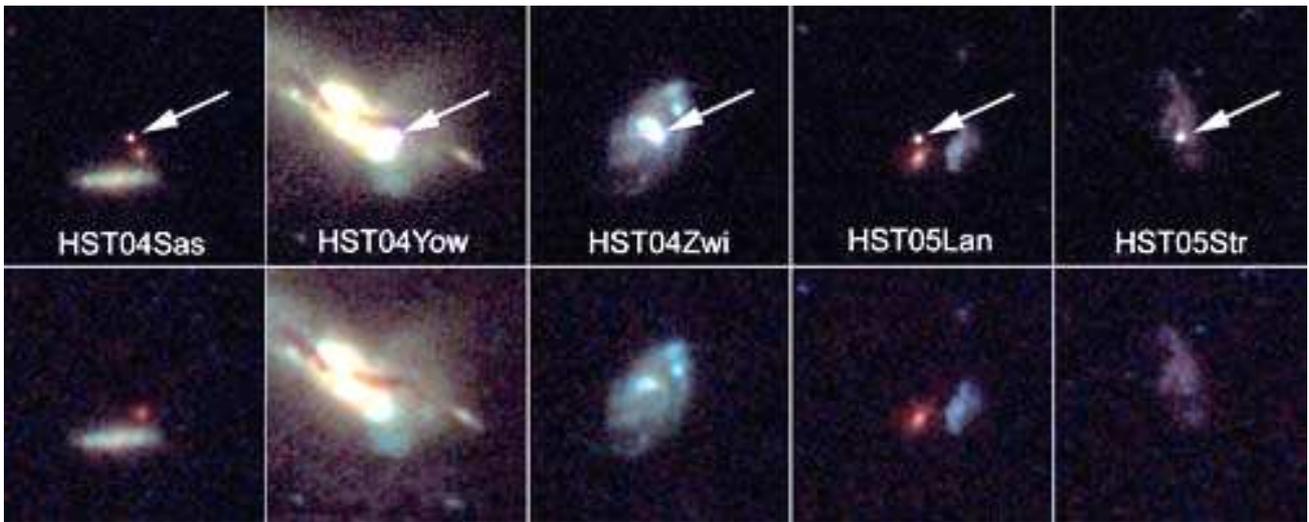
В первой половине 1990-х годов два интернациональных астрономических коллектива — в Национальной лаборатории имени Лоуренса в Беркли под руководством Сола Перлмуттера и в Астрофизическом центре Гарвардского университета и Смитсоновского института, где неформальным лидером был профессор астрономии Роберт Кишнер, — приступили к наблюдениям очень отдаленных сверхновых. Обе группы начали работу в уверенности, что скорость расширения космоса падает в соответствии с фридмановской моделью с нулевой лямбдой, с целью определить характер этого замедления, чтобы наконец-то выяснить геометрию Вселенной (тогда считалось, что отношение плотности светящейся и темной материи к критическому параметру равно примерно 0,3). Ученые хотели промерить темпы снижения скорости расширения Вселенной если не с начала ее существования, то хотя бы на протяжении значительной части ее истории.

Как это сделать? Предположим, что по Вселенной разбросаны объекты, которые светятся с одной и той же интенсивностью. Они расположены на неодинаковых расстояниях от нашего Солнца, и, следовательно, дошедший до нас свет излучен в разное время. Если Вселенная почти пуста и скорость ее расширения постоянна, то по пути к Земле свет пройдет большую дистанцию, чем при ее замедленном расширении, так что его видимая яркость будет меньше. Следовательно, характер эволюции Вселенной можно выяснить, определив интенсивность света, пришедшего от этих тел. Отсюда же следует, что, если Вселенная разбухает с ускорением, они будут выглядеть тусклее, нежели во Вселенной с постоянной или падающей скоростью расширения. Если наблюдать за космическими маяками, расположенными, скажем, в 5 млрд световых лет от нас, то теория предсказывает, что в плоской Вселенной они окажутся на 25% ярче, чем в пустой.

Но где же взять такие звездные маяки? Астрономам повезло — природа подарила им сверхновые типа Ia. У них примерно одинаковая пиковая светимость, в 4 млрд раз превышающая светимость Солнца. Это постоянство не абсолютно, отклонения от среднего уровня достигают 20–30%, но с этим осложнением можно справиться. И хотя на практике подобные наблюдения сопряжены с гигантскими техническими трудностями (необходимо принимать в расчет космическую пыль и много чего еще), дело все-таки стронулось с места. К концу 1997 года астрономы гарвардской группы собрали достаточно данных, чтобы утверждать, что с расстояния в 5 млрд световых лет сверхновые посылают на Землю меньше света, чем предписано моделью пустой Вселенной, не говоря уже о плоской. Первым к этому заключению пришел Адам Рисс, ныне профессор Университета Джона Хопкинса.

#### Бог из машины

«Наша группа приступила к исследованиям в 1994 году. Я тогда был аспирантом у Кишнера, через два года защитился, получил временную должность в Калифорнийском университете и продолжал участвовать в проекте. Об ускорении расширения Вселенной мы и не думали, напротив, хотели выяснить характер его замедления. Лично я тогда не верил ни в какую космологическую константу, — вспоминает профессор Рисс. — Строго говоря, всё началось с подачи "электронного мозга". Я написал программу, которая вычисляла плотность вещества во Вселенной в соответствии с нашими данными о блеске далеких сверхновых. И представьте себе, как же я удивился, когда компьютер заявил, что она меньше нуля! У него не было другого выхода.



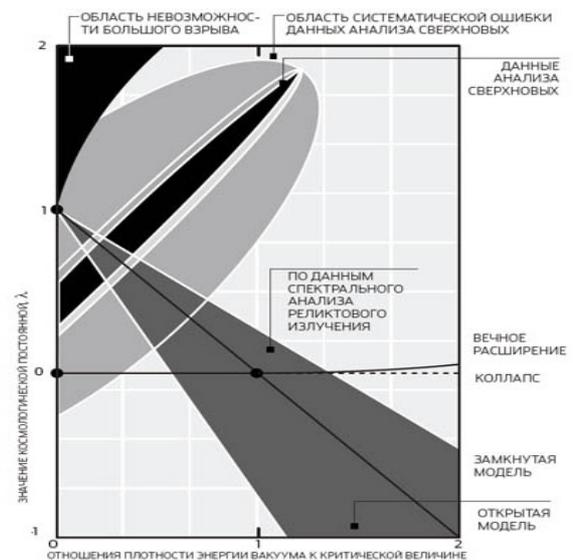
Сами по себе наблюдения каких-либо галактик (нижний ряд) не могут предоставить астрономам данных о том, как именно расширяется мироздание. Однако здесь ученым повезло — природа подарила им сверхновые типа Ia, фактически «эталонные» источники: их пиковая светимость примерно одинакова, что дает возможность определять темпы расширения Вселенной с помощью измерений интенсивности доходящего до нас света. Интенсивность эта очень мала, поэтому наблюдения и измерения проводились с помощью орбитального телескопа *Hubble*. Последние данные, основанные на анализе нескольких десятков наиболее удаленных сверхновых типа Ia (верхний ряд, показаны стрелками), подтверждают выводы о том, что наша Вселенная ускоренно расширяется. Это одно из доказательств существования темной энергии. Изображение: <http://www.popmech.ru>

Фотометрические данные свидетельствовали, что Вселенная расширяется с ускорением, а в стандартной модели Фридмана, которая была заложена в программу, такое возможно лишь при отрицательной плотности космической материи. Тогда я решил на пробу ввести в программу космологический член. Машина сочла, что результаты наблюдений почти стопроцентно требуют такой модификации. После целого ряда контрольных вычислений я ознакомил коллег со своими выводами. Мы еще не раз всё проверили и обсудили — и решили опубликоваться». Эта вошедшая в историю астрономии статья «Данные об ускоряющейся Вселенной и космологической константе, полученные из наблюдений сверхновых» была опубликована в сентябрьском выпуске *The Astronomical Journal* 1998 года. Группа Перлмуттера в том же месяце представила статью с аналогичными выводами в конкурирующее издание, *The Astrophysical Journal*, на страницах которого она и появилась в июне 1999 года. Астрономы и астрофизики согласились с этими выводами (и с возрождением космологической константы!) с редким единодушием. Астрофизик из Чикагского университета Майкл Тернер предложил назвать источник космической антигравитации темной энергией. В последующие годы результаты стратосферных и космических измерений реликтового микроволнового излучения позволили очень точно определить ее плотность. По новейшим данным, она составляет около 4 кэВ (в единицах массы примерно  $10^{-29}$  г) на кубический сантиметр (плотность барионной материи почти в 20 раз меньше). Эти же данные свидетельствуют, что на протяжении первых 7 млрд лет после Большого взрыва гравитирующая материя (включая и темную) превалировала над темной энергией и Вселенная расширялась с замедлением скорости. Однако по мере ее разбухания плотность материи уменьшалась, а плотность темной энергии не изменялась (конечно, если коэффициент при космологическом члене — действительно константа), так что в конце концов антигравитация победила. Результаты наблюдений за сверхновыми позволяют утверждать, что произошло это около 6,5 млрд лет назад.

#### Загадка темной энергии

Что думают физики о природе темной энергии? «К сожалению, всё это сплошные загадки. Нельзя даже с

уверенностью сказать, что плотность темной энергии не изменяется со временем, хотя данные наблюдений вроде бы свидетельствуют о ее постоянстве, — рассказал "ПМ" Дэн Хупер, сотрудник Группы теоретической астрофизики Национальной лаборатории ускорителей имени Ферми и автор недавно вышедшей книги *Dark Cosmos*. — Возможно, что с темной энергией связаны очень легкие частицы, которые являются квантами какого-то скалярного поля. Не исключено, что это поле как-то связано с полем, запустившим первичную инфляцию, но и здесь на самом деле ничего не известно. Честно говоря, пока ни единая гипотеза о природе темной энергии не вызывает у меня энтузиазма».



Экспериментальные данные, полученные из анализа реликтового излучения и изучения сверхновых, ограничивают возможные модели Вселенной, отношение плотности энергии вакуума к критической величине (по горизонтальной оси) и значение космологической постоянной (по вертикальной оси). Изображение: <http://www.popmech.ru>

Для получения более детальных сведений о темной энергии необходимо провести прецизионное фотометрическое и спектроскопическое наблюдение тысяч сверхновых. В США обсуждаются проекты трех космических телескопов с такими возможностями — SNAP (*SuperNova/Acceleration Probe*), Destiny и ADEPT (*Advanced Dark Energy Physics Telescope*). Профессор Рисс, который входит в команду разработчиков обсерватории ADEPT, лелеет надежду, что в течение десяти лет один из этих аппаратов приступит к работе.

**Алексей Левин, «Популярная механика»**

Статья адаптирована с сайта <http://www.popmech.ru>

# СУДЬБА ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ



Рис. 1. Шаровое звездное скопление Мессье 13, наблюдаемое в созвездии Геркулеса, одно из крупнейших в Галактике: оно содержит более миллиона звезд и имеет диаметр около 100 пк. Изображение: <http://www.rfbr.ru>

## 1. Симметрия формы и симметрия эволюции

Симметрия в природе - признак красоты: биолог восхищается радиолария, химик любит фуллерен, физик с детским любопытством изучает мыльные пузыри, астроном с изумлением взирает на звездные скопления (рис. 1). Их идеальная форма сулит легкую разгадку их природы. Но это не так. Хотя звездные скопления - объект пристального внимания астрономов (многие посвящают их изучению всю свою научную жизнь), в происхождении и эволюции этих "звездных городов" еще много неясного. Особенно это касается шаровых звездных скоплений - наиболее старых, наиболее массивных и наиболее симметричных среди всех звездных скоплений. По мере изучения этих элегантно "небесных созданий" в нашей и соседних галактиках, по мере все более точного моделирования их жизни с помощью компьютера, наше восхищение перед их пространственной симметрией уступает место более глубокому чувству, вызванному симметрией их эволюционного цикла.

Дело в том, что процесс формирования звезд и, особенно, звездных скоплений скрыт в недрах гигантских газопылевых облаков. Когда эти области стали доступны для наблюдения при помощи инфракрасных и радиотелескопов, когда астрономы действительно обнаружили там формирующиеся звездные скопления (рис. 2), то стало казаться, что главная проблема их эволюции решена. Но, как выясняется, понять свойства звездных скоплений невозможно, не решив проблему их смерти. Эта мысль, очевидная для биолога, пока еще непривычна для астронома, ибо звездные системы эволюционируют медленно, а возраст Вселенной не так уж велик. Поэтому, намереваясь рассказать о динамической эволюции звездных скоплений, мы особенно подробно рассмотрим механизмы их разрушения, позволяющие понять некоторые "темные" стороны их жизни

## 2. Многообразие звездных систем

Все звезды являются членами тех или иных систем; до сих пор астрономы не обнаруживали светил, свободно и в одиночку блуждающих по Вселенной. Системы звезд

поражают нас диапазоном масштабов и разнообразием морфологии: от двойных звезд до гигантских галактик, состоящих из сотен миллиардов светил и имеющих самые замысловатые формы. В ряду этих систем немалый диапазон занимают звездные скопления и ассоциации, содержащие от  $10^2$  до  $10^6$  звезд. Звездные скопления, как более концентрированные и ярко выраженные на небе агрегаты, начали обнаруживать и описывать еще в XVII-XVIII веках. Но их роль в круговороте звездной эволюции оставалась неясной, пока в XX веке не были выделены значительно более разреженные и малозаметные группировки молодых звезд - ассоциации, а затем и комплексы. Ныне номенклатура внутригалактических звездных агрегатов такова:

- двойные и кратные (т.е. тройные и т.д.) звездные системы;
- рассеянные звездные скопления;
- шаровые звездные скопления;
- звездные ассоциации;
- звездно-газовые комплексы.

В динамическом смысле двойная звезда - система из двух светил, обращающихся вокруг общего центра масс - чрезвычайно стабильна. Она была бы практически вечной, если бы не влияние соседей и физическая эволюция ее собственных компонентов. Близкие пролеты соседних звезд, массивных звездных скоплений и облаков межзвездного газа постепенно меняют характер движения компонентов двойной звезды: они либо катастрофически сближаются друг с другом, либо удаляются друг от друга и навсегда теряют связь. При этом выполняется любопытная закономерность: под действием гравитационных возмущений от пролетающих мимо звезд двойных систем расходятся еще дальше, а изначально близкие - сближаются и в конце концов сливаются. Однако процесс этот длительный; внутренняя механическая устойчивость гарантирует двойным звездам долгую жизнь. Поэтому около половины всех звезд в Галактике объединены в двойные системы, размеры которых лежат в диапазоне от нескольких диаметров типичной звезды ( $\sim 10^9$  м) до характерного межзвездного расстояния ( $\sim 10^{16}$  м).



Рис. 2. Группа чрезвычайно молодых звезд в созвездии Ориона. Четыре ярких звезды - Трапеция Ориона - уже расчистила пространство вокруг себя от остатков протозвездного газа. Но большинство членов этого новорожденного коллектива еще скрыты в недрах темного облака, лежащего за Трапецией. Изображение: <http://www.rfbr.ru>

Звездные системы высокой кратности - тройные и более сложные - представлены в Галактике не так широко.

Причина очевидна: в отличие от устойчивого периодического движения двойной звезды система из трех и более тел имеет хаотическую внутреннюю динамику, чреватую взаимными сближениями компонентов и обменом между ними энергией. В результате кратная система быстро распадается на серию одиночных и двойных звезд. Впрочем, системы высокой кратности, имеющие иерархическую структуру, могут жить долго. Их члены упакованы по принципу матрешки: например, широкая система из двух тесных двойных звезд весьма устойчива. Такую двухуровневую систему представляет звезда (Лиры). Известны и примеры более высокой иерархичности: одна из самых сложных систем - звезда Кастор (( Близнецов) - имеет 6 компонентов, распределенных на трех уровнях иерархии. Но поскольку каждый более высокий уровень требует существенного увеличения размера системы, в нашей Галактике населенность таких агрегатов ограничена несколькими десятками звезд (Сурдин 1997а). Все более населенные скопления звезд имеют хаотическую структуру и динамику.



Рис. 3. Знаменитое рассеянное скопление Плеяды, легко доступное для наблюдения невооруженным глазом в созвездии Тельца. Его возраст около 100 млн. лет, и оно еще не успело сильно проэволюционировать. Облака межзвездного газа, которые рассеивают свет ярких звезд скопления, не имеют к нему отношения: они лежат между Землей и Плеядами. Изображение: <http://www.rfbr.ru>

Пример рассеянного скопления звезд известен многим - это симпатичная группа Плеяды (Стожары) на зимнем небе в созвездии Тельца (рис. 3). Хотя наш глаз замечает в ней в лучшем случае 5-6 слабеньких звездочек, в телескоп их можно насчитать несколько сотен; это типичное рассеянное скопление. Термин "рассеянное" связан с их рыхлым внешним видом и в основном обязан малому числу звезд, среди которых всего несколько ярких, определяющих "лицо" скопления. В диске Галактики порядка 100 тыс. таких скоплений, но из них детально изучены лишь около 500. Возрасты этих скоплений заключены в интервале  $10^6$ - $10^{10}$  лет, но преобладают молодые: среди изученных скоплений всего около 50 имеют возраст более 1 млрд. лет (рис. 4). Типичный размер рассеянного скопления - несколько парсеков (1 пк = 3,26 световых лет). Их массы измеряются пока не очень точно: они лежат в интервале  $10^2$ - $10^4$  масс Солнца ( $M_{\odot} = 2 \times 10^{30}$  кг), а средняя масса рассеянного скопления близка к  $10^3 M_{\odot}$  (Данилов, Селезнев 1994). Самые молодые рассеянные скопления возрастом 1-10 млн. лет еще погружены в родительское газовое облако. В основном они сосредоточены в спиральных рукавах Галактики. Скопления возрастом более 30 млн. лет практически уже не связаны с газом. А наиболее старые рассеянные скопления возрастом 8-12 млрд. лет по массе и химическому составу звезд приближаются к шаровым скоплениям и населяют внешнюю часть диска Галактики, практически лишённую межзвездного газа. Шаровые звездные скопления населяют не только диск Галактики, но и весь окружающий его объем гало. Их

диаметры заключены в пределах от 10 до 500 пк. Массы большинства шаровых скоплений лежат в диапазоне от  $10^4$  до  $2 \times 10^6 M_{\odot}$ . Именно большому количеству звезд эти скопления обязаны своей правильной формой. По этой же причине, а также в силу своего положения вдаль от непрозрачного галактического диска, шаровые скопления видны в самых дальних уголках Галактики. Сейчас в каталоги занесено около 150 шаровых скоплений; всего их в Галактике, как показывают расчеты, не более 180 (Сурдин 1994). Таким образом, система шаровых скоплений изучена с уникальной полнотой - практически полностью.

Возраст шаровых скоплений близок к хаббловскому возрасту Вселенной (15-18 млрд. лет). На это указывают несколько независимых фактов. Например, "химические часы", т.е. накопление в межзвездном веществе Галактики химических элементов тяжелее гелия, выбрасываемых умирающими звездами; чем позже сформировалась из этого вещества звезда, тем больше в ее составе тяжелых элементов (кислорода, углерода, азота и др.). Звезды шаровых скоплений наиболее бедны такими элементами, а значит они очень старые. Другое указание на преклонный возраст шаровых скоплений - это их сильно вытянутые галактические орбиты; это говорит о том, что они родились или вошли в состав Галактики ранее той эпохи, когда она пришла в стационарное состояние. Эти и другие факты указывают, что эпоха формирования шаровых скоплений предшествовала эпохе формирования Галактики или совпадала с ней (Meylan, Heggie 1997).

От шаровых и рассеянных звездных скоплений, члены которых прочно связаны между собой взаимным притяжением, принципиально отличаются звездные ассоциации и комплексы, имеющие большую протяженность и очень низкую плотность, но демонстрирующие при этом несомненную генетическую связь своих членов. Наиболее известны группировки молодых массивных звезд спектральных классов O и B, открытые в первой половине XX века и названные OB-ассоциациями. В отличие от звездных скоплений они не демонстрируют заметной концентрации звезд к центру системы и не выделяются в звездном поле "на глаз", однако совместное формирование их членов не вызывает сомнения. Эти разреженные звездные коллективы содержат от нескольких десятков до нескольких сотен голубых звезд и, наверняка, тысячи менее массивных звезд, которых не так легко заметить; их диаметры составляют от 15 до 300 пк, что значительно превышает размеры рассеянных скоплений с такой же характерной массой. Наконец, еще более рыхлыми являются обширные группировки молодых звезд, населяющие звездно-газовые комплексы (Ефремов 1989); их размеры близки к 1000 пк; по существу, это фрагменты спиральных рукавов Галактики.



Рис. 4. Рассеянное скопление Мессье 7 наблюдается в созвездии Скорпиона, на фоне более далеких звезд центральной области Галактики. Возраст этого скопления около 300 млн лет, весьма преклонный для рассеянного скопления. Изображение: <http://www.rfbr.ru>

### 3. Рождение и молодость звездных коллективов

Какова связь между описанными выше группировками звезд и какова их роль в жизни Галактики? Именно эти вопросы интересуют сейчас астрономов, изучающих звездные скопления. Дело в том, что научившись при помощи инфракрасных телескопов заглядывать в недра космических облаков, туда, где рождаются звезды, мы увидели, что рождаются они большими группами. Но что происходит с этими группами дальше? В период формирования они выглядят очень плотными и стабильными, но почему же тогда они не сохраняются надолго? Почему доля звезд Галактики, объединенных в составе звездных скоплений, чрезвычайно мала ( $\sim 10^{-3}$ )? В поиске ответов на эти вопросы астрономы обнаружили в последние годы много интересного.

Оказалось, что в период формирования и ранней молодости звездного скопления существует несколько явлений, весьма быстро приводящих к его частичному или даже полному разрушению. Наиболее важное из них - выброс из формирующегося скопления остатков межзвездного газа. Это происходит сразу после рождения наиболее массивных звезд, обладающих очень мощным излучением, способным разогреть и даже ионизовать протозвездный газ. Образовавшийся горячий плазменный шар своим высоким давлением разрушает родительское облако, и новорожденная группа звезд оказывается "изъятой" из той "гравитационной ловушки", которой служило массивное облако (рис. 5).



Рис. 5. Туманность Розетка (NGC 2244) - очень красивый объект диаметром около 100 световых лет (30 пк), хорошо известный любителям астрономии. В центре "розетки" располагается молодое звездное скопление, которое разогрело окружающий газ и уже изгнало его из центральной части облака. Изображение: <http://www.rfbr.ru>

Предоставленную самой себе группу новорожденных звезд ожидает три возможных исхода: а) скорости хаотического движения звезд так велики, что они преодолевают взаимное притяжение и разлетаются от места рождения навсегда - образуется расширяющееся "облако" молодых светил - ассоциация; б) взаимного притяжения звезд достаточно, чтобы удержать их вместе - образуется звездное скопление; в) медленно движущиеся звезды остаются на месте и формируют гравитационно связанное скопление, а более "шустрые" светила разлетаются в виде ассоциации. Очевидно, в зависимости от конкретных условий, в различных областях звездообразования реализуются все три варианта. Наблюдения показывают, что нередко звездное скопление находится в центре ассоциации, а она

сама представляет как бы корону скопления, звезды в которой слабо связаны гравитацией как со скоплением, так и друг с другом. У некоторых ОВ-ассоциаций по измеренным движениям звезд обнаружены признаки расширения со скоростью 7-10 км/с. При этом характерное время расширения составляет 2-5 млн. лет. Поэтому через несколько миллионов лет после рождения такая ассоциация полностью растворяется в окружающем поле звезд. Наши расчеты показывают, что именно таким путем - через расширяющиеся ассоциации - большинство звезд попадают в галактический диск; в составе скоплений остается их меньшая часть (Сурдин 1995, Moskal, Surdin 1998). Но история "разрушительной молодости" скопления на этом не заканчивается.

Медленные звезды, не способные преодолеть взаимное притяжение, начинают приближаться друг к другу и взаимодействовать все сильнее. Происходящий при этом процесс обмена энергией между звездами впервые был описан на современном математическом языке английским астрономом Д. Линден-Беллом в 1967 г. и назван "бурной релаксацией" (violent relaxation). Но первая мысль об этом процессе родилась у "классика всех времен и народов"...

Стоит ли напоминать, что Исаак Ньютон обладал поразительным физическим чутьем. В известных письмах Ричарду Бентли он высказал несколько замечательных идей, в частности, идею о гравитационной неустойчивости однородного вещества. Там же он нарисовал умозрительную картину, фактически предвосхитившую теорию звездной релаксации. В первом, наиболее

известном письме Бентли от 10 декабря 1692 г., формулируя идею о гравитационной неустойчивости, Ньютон описал идеальную картину коллапса:

"Мне представляется, что если бы вещество нашего Солнца и планет, да и все вещество Вселенной было бы равномерно рассеяно по всему небу, и каждая частица обладала бы внутренне присущим ей тяготением ко всем остальным, а все пространство, по которому было бы рассеяно это вещество, было бы конечным, то вне этого пространства вещества под действием своего тяготения стремилось бы ко всему веществу внутри него и, следовательно, падало бы к центру пространства и образовало бы там одну гигантскую сферическую массу".

Но уже в четвертом письме от 25 февраля 1693 г. великий физик развивает картину коллапса протозвездного вещества до более реалистического уровня:

"Однако материя при падении могла бы собираться в множество круглых масс, наподобие тел планет, а те, притягивая друг друга, могли бы обрести наклонность спуска и в результате падать не на большое центральное тело, а в стороне от него, и, описав вокруг него полукруг, снова начать подниматься теми же шагами и ступенями движения и скорости, какими до того они опускались, на манер комет, обращающихся вокруг Солнца". (Цит. по: Ю.А.Данилов "Ньютон и Бентли". Вопросы истории естествознания и техники. 1993. № 1. С.30)

Как известно, пролетающие через внутренние области Солнечной системы кометы при случайном взаимодействии с планетами часто изменяют свою траекторию так, что навсегда уходят за пределы планетной системы. Такая же судьба ждет многие звезды, проходящие близ центра скопления в период его первоначального сжатия: ведь при движении в нестационарном гравитационном поле энергия частиц не сохраняется. Численные модели показывают, что от 5 до 30% всех звезд после этого навсегда покидают скопление с весьма большими скоростями. Вслед за этим происходят события иного рода, но имеющие те же последствия. Значительная доля массивных

новорожденных звезд входит в состав тесных двойных систем, компоненты которых обращаются вокруг центра масс со скоростью в десятки километров в секунду. Спустя несколько миллионов лет после рождения одна из звезд в каждой паре заканчивает свою эволюцию, взрывается как сверхновая и теряет при этом большую часть своей массы; а ее соседка, имея большую орбитальную скорость и неожиданно лишившись притяжения, вылетает, как камень из пращи, и покидает скопление навсегда. В связи с этим можно вспомнить, что в областях звездообразования кроме медленно расширяющихся звездных ассоциаций наблюдаются также "убегающие звезды" (runaway stars), находящиеся за пределом ассоциации, но имеющие к ней прямое отношение: их движение указывает, что они покинули область формирования несколько миллионов лет назад и удаляются от нее значительно быстрее, чем расширяется ассоциация. Например, звезды AE Aur и ( Col разлетаются из области Трапеции Ориона со скоростью 130 км/с, а двойная система Vela X-1 с рентгеновским пульсаром 2,5 млн. лет назад вылетела из звездной ассоциации Vela OB1 и удаляется от нее со скоростью 90 км/с. Трудно сказать, какой именно из описанных выше эффектов сыграл роль в каждом конкретном случае, но оба они эффективно разрушают скопления. Итак, по прошествии нескольких миллионов лет после рождения группы звезд в недрах космического облака оно разрушается новорожденными звездами, а сами они в большинстве своем покидают место рождения. Лишь меньшая их часть (~10%) остаются связанными в звездных скоплениях, время жизни которых измеряется уже сотнями миллионов и даже миллиардами лет.

#### 4. Механизмы эволюции взрослых скоплений

После того как молодое звездное скопление рассталось с остатками родительского газа и быстрыми звездами, оно приходит в стационарное состояние, но все равно продолжает медленно терять звезды под действием процессов внутренней релаксации и под влиянием внешних гравитационных возмущений.

Двигаясь в стационарном гравитационном поле скопления, звезды время от времени сблизятся друг с другом и под действием взаимного притяжения изменят свои траектории и энергию движения. Звездная система, как и любая другая система взаимодействующих частиц, стремится со временем к термодинамическому равновесию и максвелловскому распределению энергии между частицами. Однако звездное скопление - не колба с газом: у скопления нет стенок. Поэтому звезды, получившие в ходе обмена энергией большую скорость, вылетают из скопления навсегда, подобно тому, как испаряются молекулы из открытого стакана с водой. Астрономы называют это "диссипацией звездных скоплений". Особенно активно происходит диссипация относительно маломассивных рассеянных скоплений: скопление из тысячи звезд полностью "испаряется" за несколько сотен миллионов лет. Продолжая аналогию со стаканом воды, легко понять, что любое внешнее гравитационное воздействие влияет на скопление звезд подобно нагревателю, опущенному в воду, усиливая "испарение" молекул-звезд. Для рассеянных скоплений, движущихся в пределах галактического диска по почти круговым орбитам, главным источником гравитационных возмущений служат близкие пролеты гигантских молекулярных облаков с массами  $10^5$ - $10^6$   $M_{\odot}$  (Сурдин 1990). При этом среднее время жизни рассеянного скопления в диске Галактики оказывается всего  $3 \times 10^8$  лет. Именно поэтому все известные рассеянные скопления так молоды - старые давно разрушились. Для шаровых скоплений, большую часть жизни проводящих за пределом галактического диска, встречи с межзвездными облаками существенного значения не имеют, ибо происходят крайне редко (Сурдин 1997). Зато эти скопления регулярно пересекают плотный диск Галактики, попадая в его весьма неоднородное поле и испытывая при этом резкий "гравитационный удар". Такие удары ощутимо "нагревают" шаровое скопление, ускоряя его диссипацию и заставляя оставшиеся в скоплении звезды удаляться от центра (по аналогии с лабораторной физикой можно назвать это "тепловым расширением" скопления). В условиях Галактики расширение звездного скопления чревато его распадом, поскольку неоднородное гравитационное поле Галактики

вызывает приливный эффект и стремится растянуть скопление вдоль направления на галактический центр. Поэтому распухшее скопление теряет звезды со своей периферии, которые некоторое время сопровождают его по галактической орбите (как метеорный рой сопровождает ядро кометы), а затем "растворяются" среди прочих звезд Галактики.

Еще один чрезвычайно любопытный эффект, влияющий на жизнь самых массивных шаровых скоплений, - это динамическое трение, тормозящее движение массивного тела, летящего сквозь рой легких частиц. Этот эффект хорошо известен физикам в случае кулоновского взаимодействия; он с успехом используется в ускорительной технике для электронного охлаждения пучков быстрых протонов. В Галактике роль протона играет шаровое скопление, роль электронов - окружающие его звезды, а кулоновскую силу заменяет гравитация. Возмущая движение звезд и отдавая им свою энергию, скопление по спирали падает к центру Галактики. Чем ближе оно оказывается к плотному галактическому ядру, тем сильнее ощущает его приливное влияние и теряет от этого свои наружные слои. Так что до самого центра Галактики добирается, в лучшем случае, "огрызок" шарового скопления - его ядро, вносящее свой вклад в строительство галактического ядра (Сурдин, Архипова 1998).

Изучение описанных выше и многих других механизмов эволюции звездных скоплений привело к важным выводам об их судьбе и об эволюции Галактики в целом. Во-первых, яснее стало происхождение ядер галактик и звезд галактического гало: важную роль в этом сыграла уже несуществующая, разрушившаяся часть популяции шаровых скоплений. Во-вторых, теперь мы лучше понимаем, какие свойства шаровых скоплений являются "врожденными", а какие - приобретенными в ходе длительной динамической эволюции; именно врожденные свойства этих древних звездных скоплений помогают восстанавливать историю формирования нашей Галактики. Наконец, одной из важнейших особенностей современного рождения звезд оказалось их взаимодействие с окружающим газом, приводящее к формированию различных звездных систем - скоплений, ассоциаций, комплексов.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, гранты 98-02-30048, 00-15-96627, 00-02-17804.

#### Литература

- Сурдин В. Г. Гигантские молекулярные облака // М.: Знание, 1990.
- Сурдин В. Г. Сколько шаровых скоплений в Галактике? // Письма в "Астрон. журн.". 1994. Т. 20. № 6. С.467-472.
- Сурдин В. Г. Звездные скопления как источник звезд поля галактического гало. // Письма в "Астрон. журн.". 1995. Т.21. № 8. С.574-579.
- Сурдин В.Г. Шаровые скопления и молекулярные облака: приливные удары. // Письма в "Астрон. журн.". 1997. Т.23. № 3-4. С.268-276.
- Сурдин В.Г. Иерархические звездные скопления максимальной населенности. // Вестник МГУ. Сер. физика, астрономия. 1997 а. Т.52. № 1. С.63-66.
- Сурдин В.Г., Архипова Н.А. Влияние диссипации и динамического трения на количество шаровых скоплений в галактике. // Письма в "Астрон. журн.". 1998. Т. 24. № 5-6. С. 407-414.
- Moskal E.V., Surdin V.G. Dynamical models of stellar associations // Astron. and Astrophys. Transactions, 1998. V.15. P.37-43.
- Данилов В.М., Селезнев А.Ф. // Astron. and Astrophys. Transactions, 1994. V.6. P.85-155.
- Meylan G., Heggie D.C. // The Astron. and Astrophys. Rev. 1997. V.8. P.1-143.
- Ефремов Ю.Н. Очаги звездообразования в галактиках. Звездные комплексы и спиральные рукава. М.: Наука. 1989.

**Канд. физ.-мат. наук В. Г. Сурдин**

**ГАИШ МГУ**

Статья адаптирована с сайта <http://www.rfbr.ru>

## Открытия малых планет любителями астрономии.

Что сейчас открывают любители астрономии? Переменные звезды, новые, сверхновые, астероиды, кометы и даже оптические послесвечения гамма-вспышек. Идет постоянная гонка, в которой профессионалы, используя последние достижения физики и высоких технологий, пытаются наращивать площади и проникание на небесной сфере, что успевают исследовать за единицу времени. А любители астрономии оказываются в ролях догоняющих. Зато именно любители могут себе позволить посвящать десятки лет исследованиям только одного объекта, кропотливо и тщательно записывая все свои результаты наблюдений. Если открывать и исследовать переменные звезды сейчас стало легче для любителей астрономии, то конкуренция на ниве открытия новых малых тел в Солнечной системе очень высока. Созданные роботы-телескопы (LINEAR, NEAT, Catalina, Spacewatch и др.) оперативно вычищают полностью околозепитическую часть и прилегающие области небесной сферы от неизвестных движущихся светил до 18 – 20 зв. вел. Слабее объекты конечно находят, но не все проекты имеют хорошее проникание. Таким образом, у любителей остается небольшие и слабые надежды:

А) обнаружить околоземный астероид в непосредственной близости от Земли, когда он яркий и находится вдалеке от эклиптики

Б) попытаться провести поиски с большим прониканием, и надеяться, что до него там 2-3 недели ни кто не производил таких поисков.



Обсерватория АЗТ-22 (Майданак, Узбекистан)

Мне повезло оказаться в дни осеннего равноденствия 2007г в одной из лучших обсерваторий Евразии – Майданак. И при этом была предоставлена возможность провести свою наблюдательную программу на АЗТ-22. Основной целью трехнедельной экспедиции было покрытие звезды 9-й зв. вел. системой Плутона, что могло ответить на вопрос о существовании предполагаемого кольца из обломков на орбите вокруг ледяной карликовой планеты. Данное явление должно было произойти во второй вечер моего пребывания и остается еще как минимум полмесяца свободного времени. Быстро разобрался с 40-см Харьковским телескопом (выставляя его на долгие осенние

часы для фотометрирования переменных звезд) на который установил 16Мп камеру FLI, таким образом, я смог отлучаться на АЗТ-22 в рабочее время. Первое на что я обратил внимание это большое число мониторинговых целей, которые снимаются уже не первый месяц и при этом отсутствие практики обязательной проверки свежего снимка на новые объекты. По приезду на гору познакомился с Алексеем Сергеевым (Харьков) который приехал сюда для проведения фотометрического мониторинга гравитационных линз. Он до этого уже открыл пару астероидов на снимках по своей программе мониторинга, но у него не один год практики и профессиональное образование. А вот все остальные снимки, которые получает технический персонал обсерватории, оказываются не обследованными. Алексей плохо представлял весь алгоритм регистрации открытия малой планеты. Тут мой опыт и знания оказались как ни как кстати.

### Статистика открытий по наблюдениям АЗТ-22

Самый крупный инструмент в обсерватории Майданак АЗТ-22 (D=1500mm, F=11575mm) оснащенный 16Мп камерой с 15 микронным пикселем, в результате чего поле зрения составляет 18 x 18 угл. мин. и масштабом изображения 0.2673 угл. сек. на пиксель. Среднее значение FWHM=1 угл. сек.



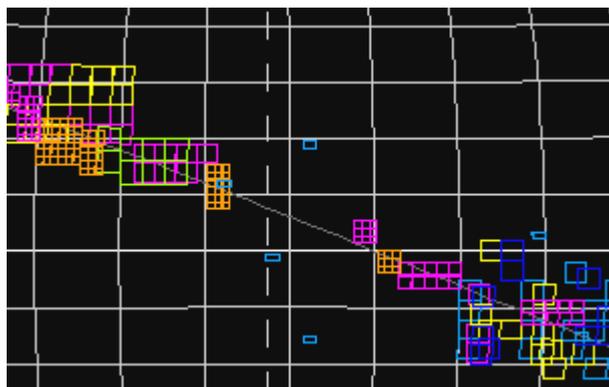
Открыватели астероидов Короткий Станислав (Москва) и Сергеев Алексей (Харьков) у АЗТ-22 (Майданак, Узбекистан)

Все эти параметры говорят о отличных условиях для поисковых задач с большим прониканием. Но перед началом реализации каких либо наблюдательных программ всегда проводят предварительную оценку ожидаемых результатов подобных работ. Для этого мы с Алексеем использовали снимки уже идущих наблюдательных программ. Просмотрев кадры с М31 за месяц (была разработана специальная методика поиска) мы обнаружили пять транзитных источников, но не высокой яркости (19.5 – 22.0m). Трудно говорить о их природе: это могут быть цефеиды, карликовые новые или новые, чьи вспышки сильно поглощены в пыли и газе. Обследовав несколько площадок на предмет движущихся объектов, так же выявили факты присутствия неизвестных на данный момент малых планет. И это не на самой эклиптике! Данный факт был сигналом к началу проведения поисковой программы.

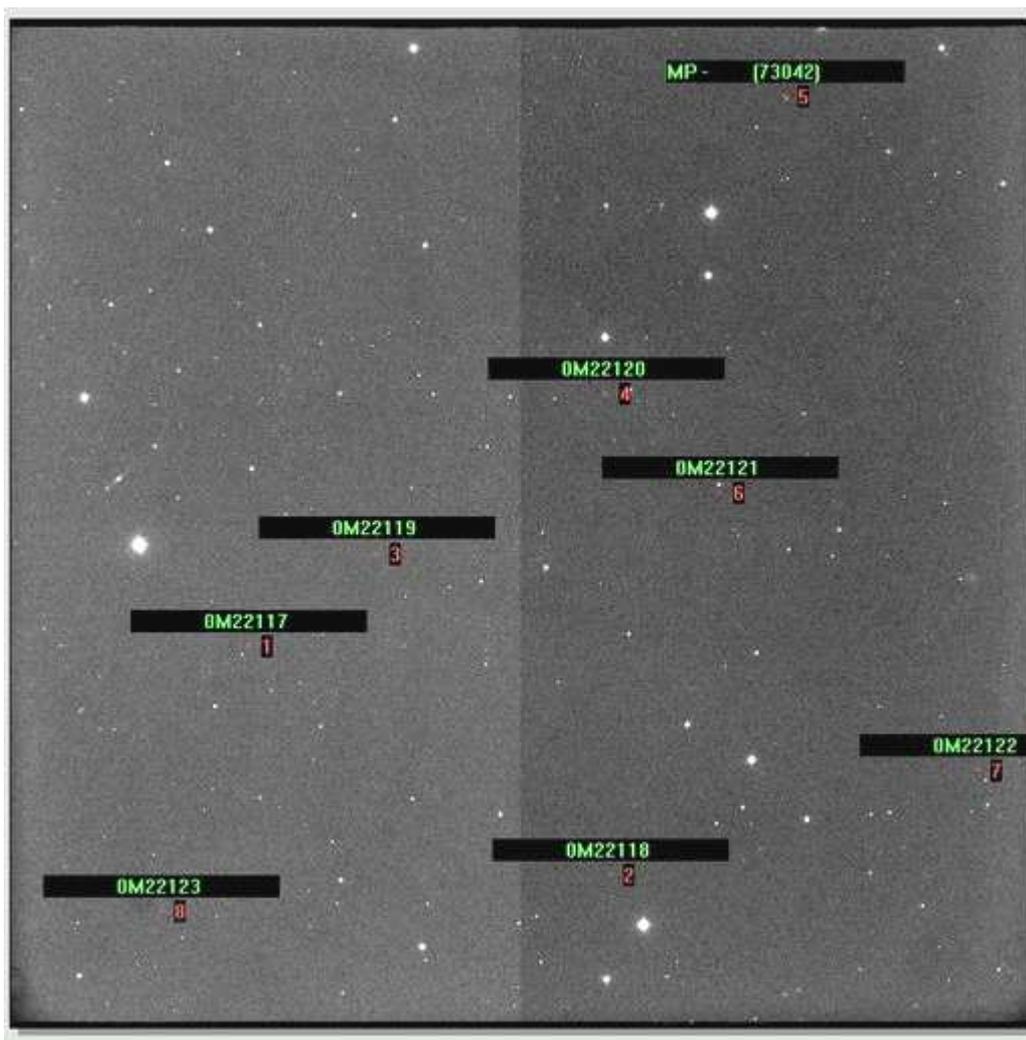
Методика работы: блинкование 3-х кадров по 300 сек, что были разнесены между собой на полтора часа в MaxImDL,

астрометрирование в IzmCCD, аналитическая обработка в Excel.

Было решено первую сессию провести в направлении на антисолнечную точку. Тому было несколько причин. Первая наблюдательная сессия была проведена в ночь 2/3 октября. Тогда мы разделили антисолнечную область неба на 5 кадров вдоль эклиптики с небольшим перекрытием. В результате было обнаружено 6 известных и 30 ранее не известных объектов! Т.е. в среднем по 6 новых астероидов на кадр! В дальнейшем выяснилось, что 6 объектов из 30 до нас успели открыть за последние две недели (мы тут опоздали), но остальные 24 были абсолютно новыми! Из этих данных мы получили потрясающий результат: в среднем на кадре 2.5 известных и 5 новых астероидов, т.е. в два раза больше! В фильтре R предельную звездную величину мы оценили в 22.5m. Уже через неделю выяснилось, что один из предварительно обозначенных объектов был отождествлен с ранее наблюдаемым.



Карты покрытия обзорными поисковыми программами небесной сферы рядом с антисолнечной точкой на 7 октября 2007г



Пример одного из снимков, на котором мы видим 7 новых и только один ранее известный астероид! (программа IzmCCD)

Настала очередь второй ночи, после которой мы могли отсылать астрометрию новых объектов с надеждой застолбить их открытие за нами. Так как астероиды вследствие разных угловых скоростей постепенно разбредаются по небесной сфере, то в ночь 3/4 октября нам уже потребовалось снимать 6 избранных площадок с наибольшими плотностями ранее найденных объектов. В планировании выбора центров площадок нам очень помог Excel и отличное владение им Алексея. Так же мы постоянно следили за работой наших коллег-конкурентов, что могли раньше нас вычистить эту область неба. Но нам повезло, т.к. ни кто из крупных телескопов не наблюдал вблизи антисолнечной точки.

Получив во вторую ночь 18 снимков мы обнаружили: 25 из 30 новичков от прошлой ночи + 16 новых объектов, что ранее не наблюдались нами и отсутствовали в каталоге. Таким образом мы могли рассчитывать на открытие сразу 25 новых объектов за 2 ночи потратив на съемку в сумме одиннадцати площадок:

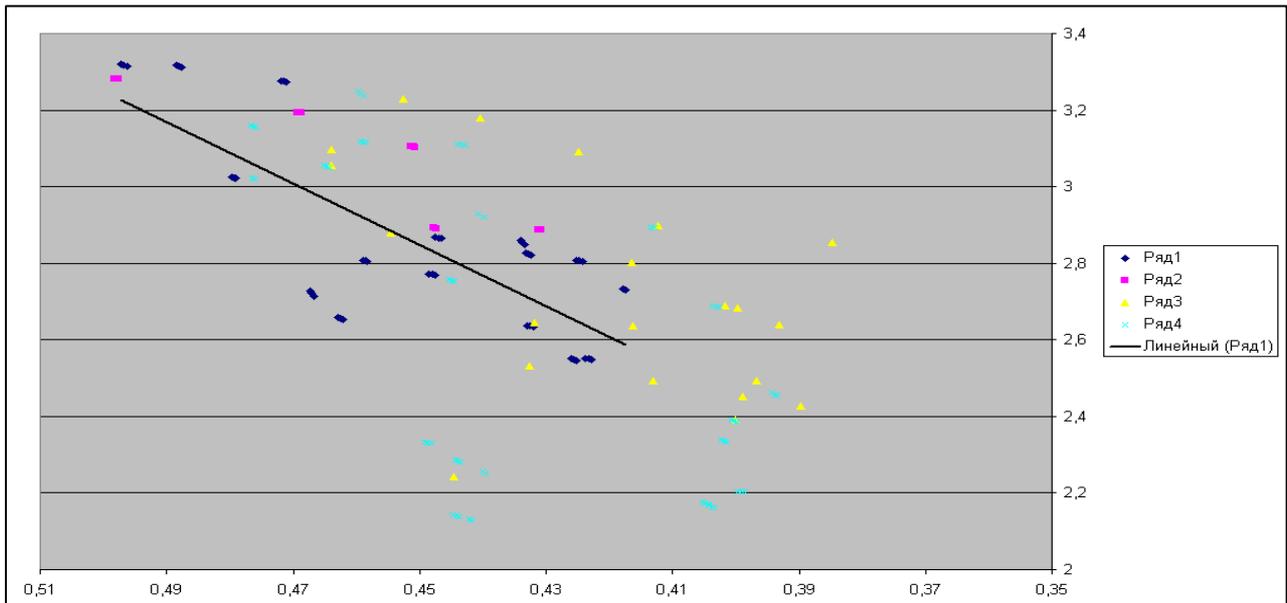
11 x 3 x 5 мин = 165 мин экспозиции  
33 x 20 сек = 11 мин скачивания кадров  
33 x 1 мин = 33 мин перенаведений

Итого: 3 часа 30 мин

\*Время на отождествление не тратили (только в самом начале немного мучались).

Трудности с Интернетом на горе, отсутствие вразумительной формы-примера оформления сообщения об открытии астероидов и отсутствие опыта

регистрации новых объектов не дали возможности все 25 объектов с ходу занести в каталог. Первое и долгожданное (вымученное) письмо с предварительными обозначениями мы получили только 5-го октября 2007. В нем был список всего из семи предварительных обозначений. Но неразбериха, что творилась в обозначении астероида, открытого за неделю до этого ввела нас в тупик и мы не знали как принимать это: все семь известны или это наши открытия? И с каждым днем, постепенно разбираясь во всех тонкостях этого дела, мы плавно осознавали, что сделали ЭТО! Мы первооткрыватели! Но нас совершенно не удовлетворил результат 7 из 24 и мы продолжили программу наблюдений. Остро не хватало функции просчета предварительных эфемерид в IzmCCD. Все приходилось делать в ручную в Excel с применением полиномов первой степени – и они отлично справлялись с поставленной задачей.



Пример работы по планированию и отождествлению новых объектов с помощью Excel. Синие ромбики - это наблюдения в первую сессию, розовые - во вторую ночь наблюдений, желтые треугольники - расчетное положение в третьей наблюдательную сессию, а голубые крестики - обнаруженные объекты в третью наблюдательную сессию. По оси X отложены доли часов Прямого Восхождения, а по оси Y градусы склонения

Третья сессия наблюдений по программе поиска новых астероидов прошла в ночь 5/6 октября и была самой большой: 7 площадок, на которых мы выявили 17 ранее нами наблюдаемых и 18 абсолютно новых объекта! По сложившейся уже практике, днем после наблюдений отправляем астрометрию всех новых объектов, что пронаблюдали две и более ночи. Но и тут мы не смогли дать предварительные обозначения всем новым объектам. Таким образом, нам требовалась еще как минимум одна наблюдательная сессия. Но ее могло и не быть. Приехали южные корейцы на 4 ночи и их плотная программа наблюдений поглотила все ночное время АЗТ-22. При этом они уезжали в одно утро со мной с горы – 11 октября. Тогда уже не оставалось шанса на успешное окончание программы наблюдений «AntiSolar». После совещаний с персоналом обсерватории и корейскими наблюдателями мы получили в свое распоряжение полтора часа ночи 9/10 октября. Их мы потратили на съемку 4-х избранных площадок на которых рассчитывали обнаружить 6 ранее наблюдаемых наших новых объекта, что не получили предварительные обозначения по различным причинам. Но мы пошли на новшество: сняли один из не используемых в эту ночь фильтров и снимали без фильтров в интегральном потоке света. Да, конечно качество изображения на краях кадра резко ухудшилось, но зато мы выиграли в проницании как минимум 1 зв. вел.! Все шесть объектов были обнаружены, а так же еще 22 новых, что ранее ни кто до нас не наблюдал более чем 1 ночь!



Примеры астероидов, что находили в ходе реализации программы. На первом снимке показан астероид 19.5<sup>m</sup> (73042), а на втором показан новый объект, что был открыт на этих изображениях. 3 кадра по 300сек в фильтре R.

### Итоги всей программы наблюдений «AntiSolar»:

Потрачено времени экспозиции: 22 площадки по три кадра с пятиминутной экспозицией = **5 часов 30 мин**  
Обнаружено ранее не известных объектов: **79**  
Обнаружено ранее известных объектов: **29**  
Занесено новых объектов в каталоги: **23** (но один был отождествлен с ранее наблюдаемым)  
Новые объекты, что не были занесены в каталоги (утраченные): **56**

Распределение по яркости 58 астероидов (три первые сессии), что были найдены неизвестными (фильтр R):

- 19.0-19.50<sup>m</sup> - 1 астероид
- 19.5-19.99<sup>m</sup> - 3 астероида
- 20.0-20.50<sup>m</sup> - 4 астероида
- 20.51-21.0<sup>m</sup> - 9 астероидов
- 21.01-21.5<sup>m</sup> - 22 астероида
- 21.51-22.0<sup>m</sup> - 17 астероидов
- 22.01-22.5<sup>m</sup> - 2 астероида

Из этих данных мы можем получить оценки плотности неизвестных астероидов около антисолнечной точки в зависимости от яркости:

19.0-19.50<sup>m</sup> - 0.62 астероида/кв.градус  
19.5-19.99<sup>m</sup> - 1.85 астероида/кв.градус  
20.0-20.50<sup>m</sup> - 2.47 астероида/кв.градус  
20.51-21.0<sup>m</sup> - 5.55 астероида/кв.градус  
21.01-21.5<sup>m</sup> - 13.58 астероида/кв.градус

Но это немного заниженные оценки, так как мы не наблюдали во всех трех сессиях абсолютно новые площадки (были повторы для уточнения орбиты уже найденных объектов). Для более слабых малых планет данная зависимость распространяется, но в связи с конечным проницанием инструмента она не прослеживается.

Из первой наблюдательной сессии мы потеряли всего 4 объекта, при этом один из них наблюдался 2 ночи подряд, но автомат не дал ему предварительное обозначение. Таким образом, можно считать, что мы отработали объекты на 90% (только 3 объекта из 30 открытых в первую ночь не стали доводить до публикации). Из 23 астероидов, что получили предварительные обозначения для 8 не были опубликованы элементы орбиты, что скорее всего связано с малостью дуги и малым числом наблюдений. Из всего выше сказанного я смею делать вывод о успешной реализации программы «AntiSolar» по поиску новых астероидов в направлении на точку противостояния.

Общее число потерянных астероидов растет лавинообразно с увеличением новых площадок в области эклиптики. Успеть угнаться за всеми при ограниченном времени наблюдений не представляется возможным, поэтому была выбрана политика наблюдения только тех объектов, что обнаружили в первую ночь.



*A3T-22 во время одной из наблюдательной сессии*

К сожалению, сейчас АЗТ-22 простаивает, т.к. у ПЗС-камеры отказала система охлаждения. Это может привести к потере астероидов, т.к. ранее мы рассчитывали пронаблюдать их еще раз в конце октября.

## Как правильно пронаблюдать, оформить и куда отправить, что бы все было хорошо?

Самое ценное мы получили в ходе реализации этой наблюдательной программы? Опыт! Опыт бесценнее всего! Именно им сейчас я и поделюсь с Вами.

Вы обнаружили новый движущийся объект: проверили с помощью **IzmCCD** <http://www.izmccd.puldb.ru/> или **MPCChecker** <http://scully.cfa.harvard.edu/~cgi/CheckMP> со свежим файлом **astorb.dat** <http://ftp://ftp.lowell.edu/pub/elgb/astorb.dat.gz> (30Мб!). Как надо наблюдать, что бы за Вами был приоритет в открытии астероида? Как минимум 2 ночи подряд - желательно, но не обязательно, можно хоть на неделю разнести, но тогда возрастает риск как просто потерять, так и оказаться обогнанным более прозорливыми наблюдателями. В течение одной ночи вы должны получить минимум 2, желательно не меньше 3-х точек, что разнесены более чем на полчаса. Для закрепления успеха открытия желательно в сумме иметь не менее 10 точек, так же пронаблюдать еще раз астероид через месяц после открытия – это не позволит его потерять до следующего противостояния с Землей. Так же необходимо обращать внимание на выбросы в измерениях: если амплитуда изменения блеска астероида превышает 1.5 зв. вел., то автомат наверняка отбросит ваши наблюдения, то же самое произойдет, если есть хоть одна точка выпадает более чем на 1 угл. сек. из строящейся дуги предварительной орбиты. Есть странное отношение к эл. ящикам, что расположены на mail.ru, а может это так настроен спам-уничтожитель, но в любом случае на mail.ru не отправлялись ответы в этот раз от автомата обрабатывающего астрометрию, а вот на [astron.kharkov.ua](mailto:astron.kharkov.ua) все сразу приходило.

## Как правильно оформлять сообщение с открытием?

Единственный официальный документ, что есть по этому вопросу, это Guide to Minor Body Astrometry <http://www.cfa.harvard.edu/iau/info/Astrometry.html>, но его качество оставляет желать лучшего. Есть определенные особенности в сообщении которое возвещает миру о Вашем открытии:

- Вам самим предстоит придумать временное обозначение объекта. Обозначение 6-тизначное, можно использовать латинские буквы (как прописные, так и заглавные) и все цифры. Чаще всего первые 2-3 знака описывают обсерваторию или наблюдателя, который открыл объект. Мы выбрали обозначение «M22», что обозначает «Майданак, АЗТ-22». Далее следовал номер объекта, где первая цифра обозначает номер наблюдательной сессии, а далее порядковый номер обозначения всех объектов на снимках, что ранее не были занесены в каталог. Таким образом если мы наблюдали один и тот же объект в три разные ночи, то по нашему обозначению ему присваивались разные обозначения, например: M22122=M22215= M22315, а по каталогу ему дали предварительное обозначение K07T02Q. Если мы сразу видим, что во всех трех случаях это один и тот же объект, то отсылали все его измерения под самым ранним обозначением, т.е. M22122. Это временное обозначение астероида в астрометрии ставится с 6-го по 11-й знак в строчке, а в 13-м поле первой астрометрии для нового объекта ставится звездочка «\*» - это обозначение робот читает, как сообщение от Вас «Это открыл Я!». Таким образом, между Вашим временным обозначением и «\*» стоит одно пустое поле. Так же, если Вы пользуетесь IzmCCD, то отключите «доп.знак», так как пока Ваша сверхвысокая точность ни кому не нужна. Но лучше сохраняйте для себя файлы MPCReportiz – в них со всей точностью записаны измерения. Пока IzmCCD не умеет проставлять фильтры, так что вручную осторожно проставьте свой фильтр через один знак после зв. вел.

Ниже - пример письма с сообщением об открытии астероидов:

```

COD 188
COM AZT-22 Maidanak
CON A. Sergeyev, 61024, Sumskaya-26, Kharkov, Ukraine
COM [(xxx@astron.kharkovs.ua)]
OBS A. Sergeyev, S. Korotkiy
MEA A. Sergeyev, S. Korotkiy
TEL 1.5-m f/8.0 reflector + CCD
NET UCAC-2
COM Reduction by izmccd software (http://izmccd.puldb.ru/)
NUM 24
ACK Batch 004
AC2 (xxx@astron.kharkovs.ua)
M22209 * C2007 10 03.75515 00 29 18.08 +03 19 06.7 21.5 R 188
M22209 C2007 10 03.78309 00 29 16.88 +03 18 54.0 188
M22209 C2007 10 03.81140 00 29 15.66 +03 18 40.5 22.3 R 188
M22209 C2007 10 05.84381 00 27 51.63 +03 02 56.7 22.1 R 188
M22209 C2007 10 05.78514 00 27 54.16 +03 03 23.9 21.5 R 188
M22209 C2007 10 05.81396 00 27 52.93 +03 03 10.6 21.6 R 188
M22112 * C2007 10 02.79122 00 27 04.75 +03 06 22.0 22.5 R 188
M22112 C2007 10 02.81475 00 27 03.66 +03 06 16.1 22.1 R 188
M22112 C2007 10 02.83675 00 27 02.62 +03 06 10.6 21.4 R 188
M22112 C2007 10 05.79727 00 24 48.74 +02 53 46.6 21.4 R 188
M22112 C2007 10 05.82615 00 24 47.37 +02 53 39.3 21.2 R 188
M22112 C2007 10 05.85795 00 24 45.91 +02 53 32.1 21.1 R 188
M22229 * C2007 10 03.77352 00 25 59.61 +02 49 31.8 20.0 R 188
M22229 C2007 10 03.80534 00 25 58.01 +02 49 25.1 20.0 R 188
M22229 C2007 10 03.82882 00 25 56.49 +02 49 18.4 20.4 R 188
M22229 C2007 10 05.80131 00 24 12.86 +02 41 20.4 20.2 R 188
M22229 C2007 10 05.83075 00 24 11.24 +02 41 13.3 20.4 R 188
M22229 C2007 10 05.86193 00 24 09.53 +02 41 05.8 20.4 R 188
M22232 * C2007 10 03.77352 00 25 33.40 +02 32 59.8 21.0 R 188
M22232 C2007 10 03.80534 00 25 32.11 +02 32 51.8 21.1 R 188
M22232 C2007 10 03.82882 00 25 30.84 +02 32 44.1 21.5 R 188
M22232 C2007 10 05.80549 00 24 02.58 +02 23 26.4 21.3 R 188
M22232 C2007 10 05.83528 00 24 01.22 +02 23 18.1 21.4 R 188
M22232 C2007 10 05.86597 00 23 59.80 +02 23 09.6 21.4 R 188

```

Если Вы смогли зарегистрировать свою обсерваторию <http://www.ka-dar.ru/forum/index.php?topic=87.0;all> в MPC <http://cfa-www.harvard.edu/iau/info/ObsDetails.html> (без кода на <http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/ObsCodes.html> Ваши измерения не будут приняты), то объяснять значения строчек нет необходимости. А вот для читателя далекого от практики астрометрирования поясню, что:

- COD - это код обсерватории
- COM - это название инструмента и обсерватории
- CON - тут указывают почтовый адрес и имя представителя обсерватории
- CON - здесь оставляют контактный эл. адрес
- OBS - имена наблюдателей
- MEA - имена обрабатывающих снимки
- TEL - параметры телескопа
- NET - каталог по которому производилась астрометрическая редукция
- SOM - тут можно указать программу, что использовались для получения астрометрии
- NUM - число измерений (число строчек)
- ACK - порядковый номер сообщения с астрометрией
- AC2 - запасной эл. ящик

Отправив измерения, Вам только остается ждать. Самым первым вам должен ответить автомат, сказав насколько правильно Вы все оформили. А затем уже ответ про то какие из найденных астероидов уже известны и какие измерения астероидов он не принимает в следствии плохой фотометрии или плохой астрометрии. И самым последним придет письмо о том какие обозначения присваиваются вашим новым астероидам, что вы открыли. Все эти письма даже при высокой загруженности сервера MPC приходят обычно в течении суток с момента отсылки астрометрии. Вот пример ответа:

```

M22126 K07T19D M22128 K07T19B M22113
(K07T00K M22129 K07T19C M22229 K07T19E
M22232 K07T19F

```

Из него видно, что 5 объектов открыты нами (без "(" ) и получили предварительное обозначение, а один объект был открыт уже кем-то другим до нас (со скобкой).



Обсерватория AZT-22 на фоне Млечного Пути и Туманности Андромеды.

Хочу выразить благодарности:

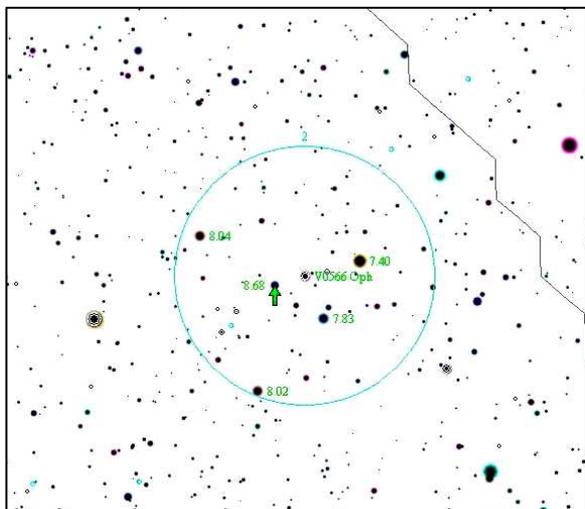
Алексею Сергееву за поддержку инициативы, активное участие и интерес к проблеме поиска новых объектов! Валере Корнееву за то, что открыл для меня такое замечательное место, как Майданак; Мансуру за то, что дал возможность поработать на профессиональных инструментах в коллективе профессионалов и за развитие обсерватории; Аббасу за всеильную помощь и Игорю Измайлову за потрясающую программу **IzmCCD**, без которой мы не решились бы на такие подвиги.

Отдельное Спасибо НЦ "Ка-Дар"!

**Стас Короткий**, любитель астрономии со стажем  
<http://www.ka-dar.ru/observ>

## Исследование затменно- переменных звёзд V566 Змееносца, RT Андромеды, SW Ящерицы (Итоги наблюдений автора)

### V566 Змееносца



Поисковая карта окрестностей для переменной V566 Oph

**V566 Oph** с координатами  $Ra=17^h 57^m Dec=4^{\circ} 59'$  относится к затменным (EW/KW).

Это контактные системы типа W Uma с эллипсоидальными компонентами спектральных классов F0-K, основные из которых являются членами Главной последовательности, а спутники располагаются левее и ниже её на диаграмме. Согласно данным ОКПЗ  $Me=2441835,8617+0,40964569$  блеск составляет  $7^m,46-7^m,96$

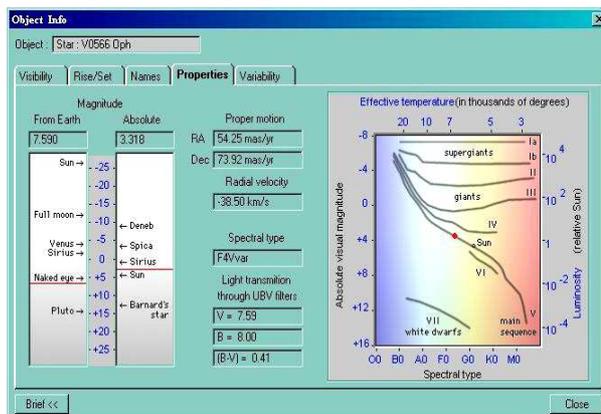
Положительным моментом в изучении звёзд с короткими периодами является то, что наблюдатель может построить полный график блеска за несколько дней наблюдений нежели при изучении звёзд типа Миры Кита или полуправильных, на постройку полного графика блеска, которых порою затрачиваются, годы наблюдений. Хотя неудобным моментом в изучении звёзд типа W Uma является малая амплитуда блеска от  $0^m,2$  до  $0^m,5$ . Период у переменной V 566 Oph составляет 9450м изменение блеска идёт постоянно. От максимума блеска до минимума 1 проходит всего 2,5 часа, блеск меняется за один час на  $0^m,3$ .

На диаграмме Герцшпрунга-Рессела положение переменной показано красной точкой. Солнце расположено на главной последовательности чуть правее и ниже нашей переменной показано чёрной точкой на диаграмме. Судя по расположению на диаграмме «Г-Р» можно с уверенностью сказать об отсутствии физической переменности главного компонента затменно-переменной системы V566 Oph.

Эту переменную я выбрал для наблюдений ещё по причине близкого расположения к ней звёзд сравнения, это даёт возможность значительно сократить погрешности в оценках блеска. Круг на карте соответствует полю 2 градуса.

Переменная звезда V566 Oph оценивалась как визуально при помощи телескопа «Мицар», так и при помощи двоянного визуального фотометра основанного на совмещении полей от двух зрительных труб в одно. При этом достигалось максимальное приближение звёзд сравнения к переменной. В результате этого точность

оценок возрастала на порядок по сравнению с классическим визуальным способом оценок. Об этом



Данные по звезде V566 Oph

приспособлении, есть заметка, на нашем сайте в разделе «Наши статьи». Фотометр состоит из двух зрительных труб от малого школьного рефрактора диаметры объективов составляют 60мм а фокусное расстояние 600мм. Этим фотометром приходилось оценивать только яркие переменные звезды, несмотря на диаметры объективов 60мм проникающая его способность оказалась ниже теоретической до  $8^m,5$ .

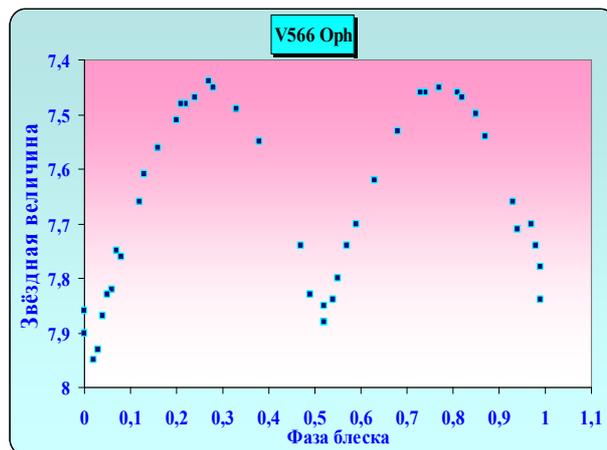


График блеска переменной звезды V566 Oph

Занимаясь причиной нестабильности периодов переменных звёзд, прежде всего необходимо знать её место на диаграмме Герцшпрунга – Рессела (Г-Р). Эволюционные треки звёзд зависят, прежде всего от первоначальной их массы. Диаграмму Г-Р для звёзд можно сравнить с таблицей химических элементов Менделеева.

Астрономы нашли зависимость спектрального класса от абсолютной звёздной величины и построили эту зависимость. Абсолютной звёздной величиной является видимая звёздная величины звезды помещённая на расстояние в 10 парсек, то есть приблизительно в 30 световых лет от Земли. Солнце на этом расстоянии будет светить как звезда 4-й звёздной величины.

Теперь переходим к главному вопросу, что же такое Главная последовательность. В самом начале своего пути как мы знаем, звезда формируется из газо-пылевой материи. Вначале её светимость поддерживается гравитационным сжатием. На этой стадии звезда испытывает хаотические всплески блеска.

Молодая звезда относится к типу INs, то есть к быстрым неправильным. Далее в недрах звезд при достижении температуры в несколько миллионов градусов начинают действовать ядерные реакции. В этот момент звезда вступает на главную последовательность своего развития,

которая, характеризуется стабильностью блеска, этот процесс длится довольно долго.

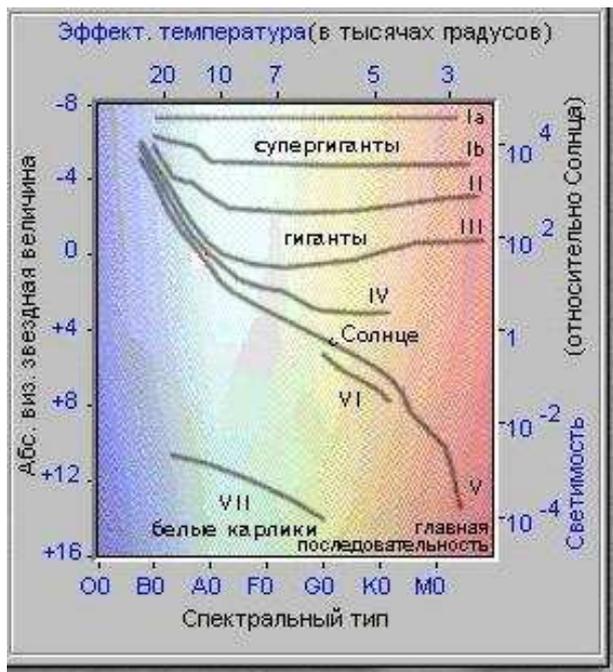


Диаграмма Герцшпрунга – Рассела

В процессе эволюции вокруг водородного ядра звезды образуется зона горения гелия. Эта зона несколько нагревает атмосферу звезды, что делает её неустойчивой. В результате чего звезда начинает пульсировать. До сих пор точно неизвестно по какому пути идёт эволюция звезд: от неправильных к правильному типу или наоборот.

Находясь на Главной последовательности, всё же некоторые звезды могут испытывать колебания блеска, но эти колебания не столь значительны. Причины колебаний лежат в том, что за счёт необычного химического состава на поверхности звезды образуются тёмные пятна на подобии солнечных. Существуют так же звезды типа UV Кита, вспышки блеска которых в большей степени похожи на выбросы протуберанцев на поверхности нашего Солнца.

У некоторых звезд находящихся на Г-Р изменения блеска проходят циклически по синусоиде. Объяснение этому может послужить то обстоятельство, что звезда входит в состав кратной системы, обращаясь в пространстве вокруг центра масс, она периодически меняет своё расстояние от наблюдателя. А скорость света, как мы знаем, имеет конечную величину.

Поэтому, когда мы решаем вопрос о стабильности периода, необходимо знать, где расположена звезда на диаграмме Герцшпрунга – Рассела, помня о том, что при её построении учёные вначале определили расстояние до звезд сопоставили видимую звёздную величину спектральный класс, а потом уже построили зависимость. В ней легко разобраться. Благо, что всё идёт в сравнении с нашим Солнцем.

### RT Андромеды

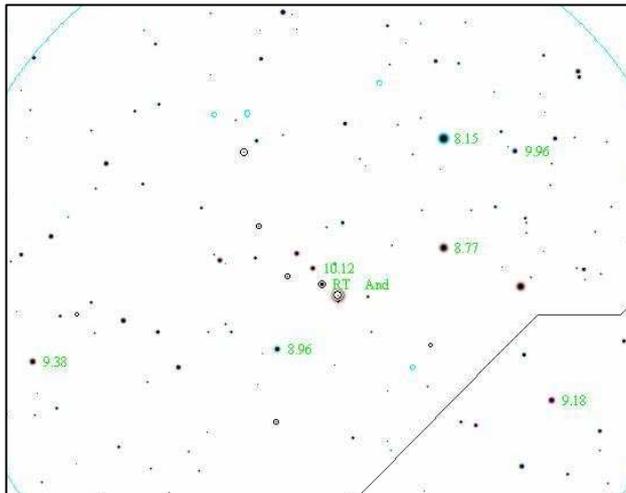
Первоначально об этой переменной узнал по книге П.Г. Куликовского «Справочник астронома-любителя». Ещё раннее ее в издании публиковалась карта окрестностей к RT Андромеды и ко многим звездам, которые я в последствии изучал. По «Общему каталогу переменных звезд» ОКПЗ RT And относится к типу <EA/DW/RS> блеск  $9^m34 - 10^m24$ .

Такая система сходна по своим физическим характеристикам с контактными типа W Uma, но не является контактной.

**Ra=23ч09м**  
**Dec=+52°45м**  
**Me=2441141,88902+0,628929**

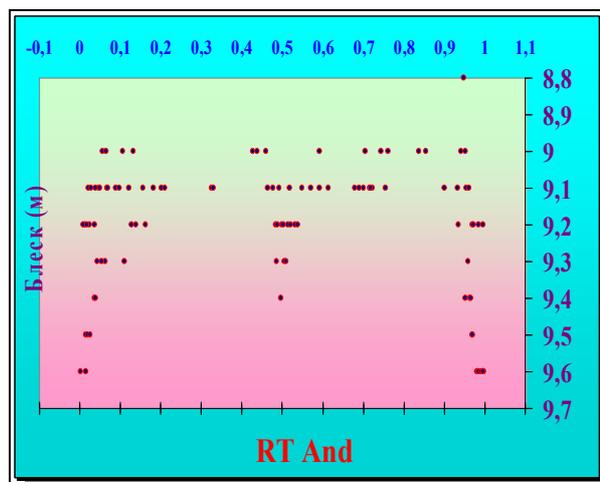
В примечании ОКПЗ к этой переменной написано "Наблюдается физическая переменность блеска, от ночи к ночи от года к году меняется асимметрия минимума 2. Возможно изменение периода или положения минимума - 1" На диаграмме Г-Р переменная помечена красной точкой. Видно, что переменная находится немного в стороне от Главной последовательности. Интересно или она скатилась с Главной последовательности или наоборот, собирается только её занять.

Как нам известно, переменная звезда, если она не лежит на полосе Главной последовательности значит испытывает некоторую нестабильность. Целью моей работы было изучение нестабильности и проверка периода переменности.



Карта окрестностей RT And со звездами сравнения

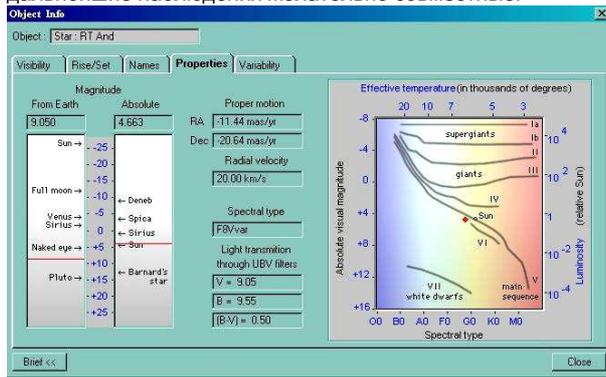
Как видно на карте все звезды сравнения входят в круг, с полем зрения 2 градуса (увеличено). Это поле соответствует окуляру с фокусным расстоянием 42мм, которые входят в комплект к телескопам «Мицар». Правда, звезды сравнения несколько окрашены. Так в максимуме она немного слабее звезды -  $8^m96$ , имеющей оранжевую окраску. В минимуме можно оценивать со звездой блеска  $10^m12$  которая имеет голубоватый оттенок блеска. Поэтому надо вносит поправку на окраску звезд при оценках блеска этой переменной.



RT And на диаграмме Герцшпрунга – Рассела

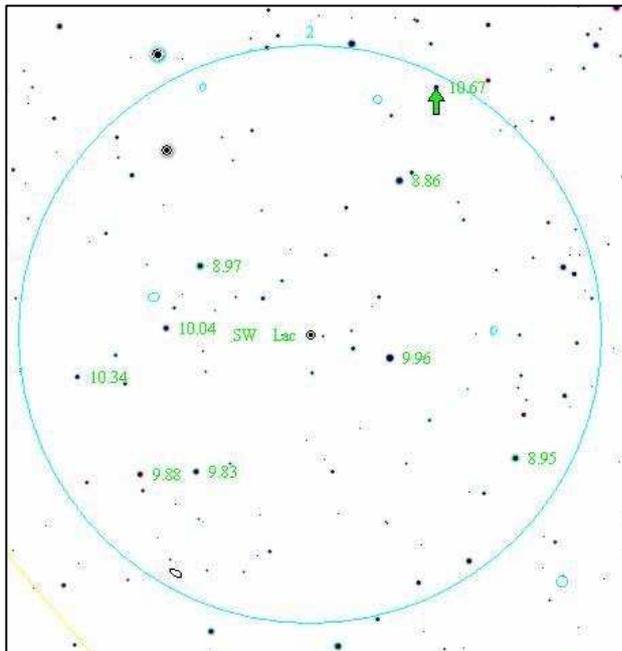
По графику видно, что минимум-1 и минимум-2 не всегда наблюдаются. С чем это связано можно только догадываться. Возможно, неверно определён период переменности или это обусловлено какими-то физическими

особенностями, происходящими в недрах звезды. Нужны дальнейшие наблюдения желательны совместные.



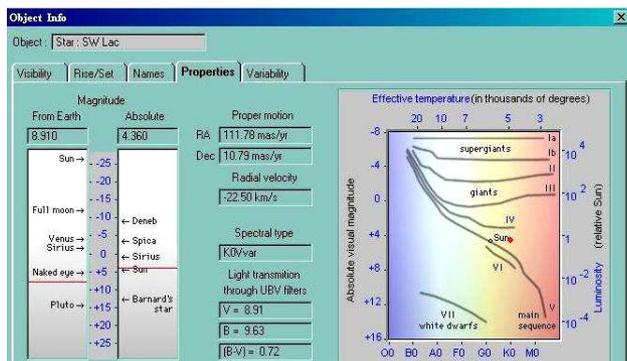
RT And на диаграмме Герцшпрунга – Рассела

### SW Ящерицы



Карта окрестностей для SW Lac со звездами сравнения. Окружность соответствует полю-2°

Переменная наблюдалась мною в 2000 году, было получено порядка 75 оценок блеска. Первоначально картой окрестностей пользовался из книги П.Г. Куликовского «Справочник астронома-любителя». Приведу краткое описание этой переменной из «Общего каталога переменных звезд». Блеск - 9<sup>m</sup>53 - 10<sup>m</sup>08 тип <EW/KW> означает контактные системы типа W Uma с эллипсоидальными компонентами классов F0-K. Основные из них являются членами Главной последовательности, а спутники располагаются левее и ниже её на диаграмме MV.



RT And на диаграмме Герцшпрунга – Рассела

**Ra = 22ч51 Дек = +37°40м; Спектр G8V5P+G8VP**

Min 2=9<sup>m</sup>31. Форма кривой блеска глубины минимумов и высоты максимумов меняются.

**Me=2445275,3477+0,32072**

На диаграмме Г-Р переменная отстоит немного в стороне выше и правее от Главной последовательности, что не согласуется с классификацией <EW/KW>. Когда я начал наблюдать эту переменную, ещё в 2000 году в то время у меня не было хороших карт окрестностей, как сейчас пользовался только картами из книги П.Г. Куликовского «Справочник любителя-астронома», которые к сожалению не лишены недостатков. Звёзды сравнения, почему-то подбирались на значительном расстоянии от самой переменной, а ближайшие игнорировались, хотя по яркости они подходили для оценок. Поэтому пришлось оценивать переменную по степенной шкале звёзд сравнения. После нескольких дней наблюдений бросается в глаза различия моментов минимумов от вычисленных. В дальнейшем приходилось не обращать внимания на эфемериду и делать индивидуальную кривую блеска.

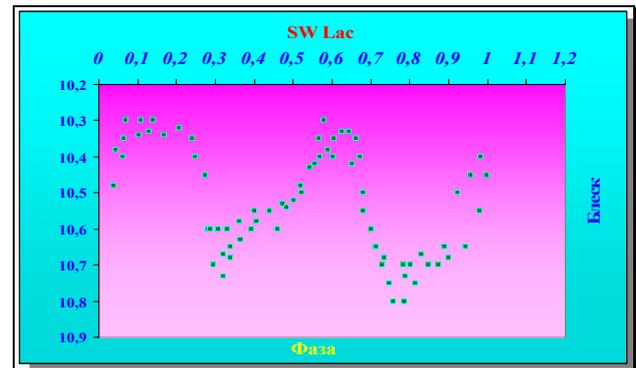
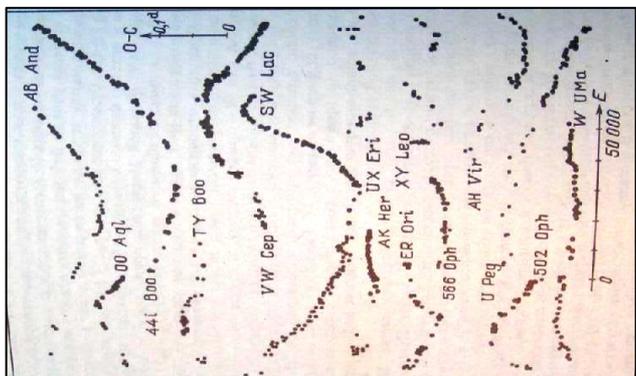


График блеска SW Lac

По моим наблюдениям переменная оказалась почти на одну звёздную величину слабее от значений указанных в ОКПЗ. В среднем блеск испытывает колебания от 9<sup>m</sup>30 - 10<sup>m</sup>85. По данным старого ОКПЗ блеск переменной 8<sup>m</sup>51 - 9<sup>m</sup>40. Почему столь разные оценки переменной по амплитуде однозначно сказать не берусь, возможно, это паралактическая ошибка моего зрения, ведь звёзды сравнения расположены на краю поля, далеко от переменной. По итогам моих наблюдений интерес к таким звездам несомненно остаётся. Нужно ответить на вопрос: почему у переменной столь заметное отклонение в периоде?

Привожу для сравнения рисунок из книги «Взаимодействующие двойные звёзды» Д.Е. Прингла. На рисунке видны остатки (O-C) в том числе и для SW Lac



форма линии напоминает синусоиду эта форма присуща переменным которые имеют ещё одного спутника невидимого для наблюдателя. Система описывает в пространстве движения вокруг центра масс, при этом то удаляясь от нас, то приближаясь.

**Валерий Григоренко (Калуга), varobs-gvd@mail.ru**  
Постоянный автор журнала «Небосвод»

## Почему вспыхнула, комета 17P/Holmes?

**От редакции:** 24 октября 2007 года надолго запомнится любителям астрономии северного полушария Земли. Одна из рядовых, весьма слабых комет, 17P/Holmes, имевшая до этого блеск 16<sup>m</sup>, неожиданно вспыхнула и стала видна невооруженным глазом. Таким образом 2007 год стал годом сразу двух ярких и необычных комет. Первая из них - McNaught (C/2006 P1) – была видна в начале года даже днем («Небосвод» № 2 за 2007 год). И вот новый небесный подарок любителям астрономии. В момент вспышки комета Холмса находилась в созвездии Персея и сразу преобразила его новой звездой 3-й звездной величины! Она сияла примерно в 3 градусах левее звезды дельта Персея, возвещая о новом событии в истории Солнечной системы. Многие любители астрономии, заметив изменение в очертаниях созвездия, несомненно, приняли ее за вспышку новой звезды. Некоторые даже поспешили дать телеграмму в астрономические обсерватории мира. Но это была не звезда, а комета, увеличившая свой блеск на 14 звездных величин! Эта тема особенно широко освещена на форуме любительской обсерватории Ка-Дар <http://www.kadar.ru/forum/index.php/topic,415.30.html> Обсерватория расположена в Подмоскowie и построена специально для развития любительской астрономии в России. Подробные сведения о комете Холмса имеются также в приложениях к журналу «Небосвод» за ноябрь и декабрь.



Вид кометы Холмса в телескоп. Фото автора.

Комету Холмса из-за пасмурной погоды поначалу смогли пронаблюдать не все желающие. К счастью, погода позволила провести мне 6 наблюдений удивительного явления – вспышки яркости кометы 17P/Holmes. Яркое пятно комы кометы увеличивалось очень быстро. Это позволило оценить скорость разлета вещества как 500 м/сек. Это бесспорный наблюдательный факт №1. Второй факт – цвет комы кометы желтоватый, очень близок к тому, что получается при съемке Луны. Я фотографировал комету несколькими фотоаппаратами и цвет комы получался всегда желтоватый. Третий факт – блеск кометы возрос в миллион раз. Четвертый факт – блеск кометы после возрастания держался на одном уровне около 2,5m достаточно длительное время – порядка 14 дней. Пятый факт – через 5 суток от начала вспышки стала заметна деформация комы солнечным ветром. Пока этими фактами ограничимся и сделаем несколько предположений.

### Предположение 1.

Размер частиц. Средний размер наблюдаемых частиц в коме должен быть в несколько раз более размера длины волны видимого света – если бы меньше, то цвет комы был

голубоватый. Т.е. можно принять ограничение снизу – 0.001 мм. Это предположение выдвинуто на основании факта №2. Ограничение сверху – величина частиц не может быть более 0.01 мм – на более крупные частицы не повлиял бы так заметно солнечный ветер (факт №5). Как оценку можно принять средний размер частицы как 0.005 мм.



Комета Холмса в первые часы после вспышки. Изображение с сайта [www.afamweb.com](http://www.afamweb.com)

### Предположение 2.

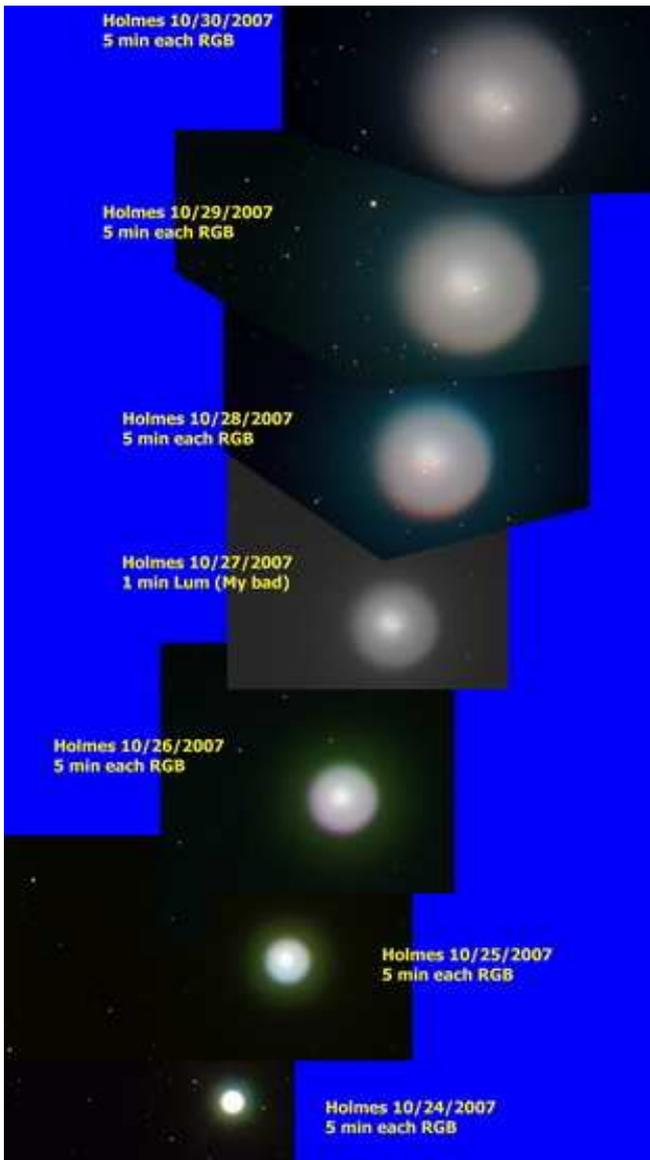
Количество частиц. Как оценку можно принять утверждение, что поскольку блеск кометы возрос в миллион раз (факт №3), то количество частиц, по крайней мере  $10^{18}$ . (миллион в кубе). Например, если кубик со стороной 1 разделить на 8 кубиков с стороной 0,5 то площадь 8 сторон будет 2 квадратных единицы ( $0.5 \times 0.5 \times 8 = 2$ ). Т.е. чтобы комета засветила в миллион раз ярче, надо ее поверхность увеличить в миллион раз. Чтобы увеличить поверхность в миллион раз – надо комету развалить на  $10^{18}$  частиц. Это, на мой взгляд, самое слабое предположение, не факт, что комета вся развалилась. Допустим, что только 1% ядра участвовал в событиях, тогда надо число частиц увеличить тоже на 2 порядка. До  $10^{20}$ . Но предположение не становится от этого здорово сильнее...



Сравнительные размеры кометы Холмса 28 октября и Луны. Автор: Dave Eagle, Higham Ferrers, England. Фото с сайта <http://spaceweather.com>

### Предположение 3.

Удельный вес частиц должен находиться между  $1000 \text{ кг/м}^3$  - (лед) и  $4000 \text{ кг/м}^3$  - (грунт). Можно представить модель частицы как пылинку рыжеватого цвета, покрытую слоем льда. Предположим, что средний удельный вес пылинок  $2000 \text{ кг/м}^3$ .



Сравнительные размеры кометы Холмса с 24 по 30 октября и Луны. Автор: Teri Smoot, New Mexico Skies, Mayhill NM. Фото с сайта <http://spaceweather.com>

#### Предположение 4.

Объединяя предположения 1 - 3 можем получить оценку объема вещества и массы комы кометы. Объем  $(5 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 10^{20} = 12500 \text{ м}^3$ . То есть это кубик со стороной примерно 111 м. Масса соответственно  $12500 \cdot 2000 = 25000000 \text{ кг}$ .



Комета Холмса 4 ноября. Автор: Ivan Eder, Budapest, Hungary (Europe). Фото с сайта <http://spaceweather.com>

#### Предположение 5.

Соединяя предположение 4 и наблюдательный факт №1 можем получить оценку энергии вспышки кометы.  $25000000 \cdot 500 \cdot 500 / 2 = 3125 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ . Хотя оценка получена на основе шатких предположений, но можно говорить о том, что порядок энергии вспышки – триллионы джоулей.



Сравнительные размеры кометы Холмса 14 ноября и Луны. Автор: Günther Strauch, Borken, NRW, Germany. Фото с сайта <http://spaceweather.com>

#### Предположение 6.

В заключение хочу изложить свое видение механизма вспышки кометы. Модель кометы – грязный снежный сугроб. При прохождении перигелия, поверхность кометы начала плавиться и образовала корку, которая герметично закрыла «сугроб». Получился парник. Под коркой продолжалось плавление льда и выделение газов (в том числе водорода и кислорода за счет распада молекул воды), которые распределялись под коркой внутри рыхлого снега. Наконец 24 октября 2007 года корка лопнула и за счет или пьезоэффектов или статического электричества проскочила искра и грянул взрыв... Последствия мы все видели. Эта модель объясняет равномерное распространение остатков.



Комета Холмса 17 ноября. Автор: Patrice Arnaudet, Frouville, France. Фото с сайта <http://spaceweather.com>



Комета Холмса 27 ноября. Автор: Erno Berko, Ludanyhalaszi, Hungary. Фото с сайта <http://spaceweather.com>

**Владимир Буслов**, [buslovv@mail.ru](mailto:buslovv@mail.ru) (г. Рязань)  
Любитель астрономии

## Определение предельной видимой звёздной величины в условиях лунной засветки.



Луна и звезды. Изображение с сайта <http://spaceweather.com>

Проблемы при наблюдении метеоров во время полнолуния уже обсуждались, связь между предельной видимой звёздной величиной и фазами Луны также печатались на страницах нашего журнала. Новые результаты в определении предельной видимой звёздной величины в зависимости от фаз Луны получены в ходе полного лунного затмения 16 сентября 1997 г.

### 1. Луна и наблюдение метеоров.

Отрицательное влияние лунного света на наблюдения метеоров известно, в частности, неточное число видимых метеоров всегда учитываются наблюдателем, когда он планирует проводить наблюдения в лунную ночь. Обычно наблюдатель отказывается от метеорных наблюдений в лунную ночь, чем детально выяснять, как лунная засветка влияет на количество видимых метеоров.

В статье «Сравнение двух методов визуальных наблюдений метеоров» [2], при описании способа вычисления видимого числа метеоров в метеорных потоках, использована поправка с учётом влияния лунного света на видимость метеоров. Эта поправка была получена опытным путём единожды, в ходе наблюдений трёх больших метеорных потоков, связана только с лунными фазами, независимо от высоты Луны над горизонтом. Так зародилась идея конкретно выяснить влияние лунной засветки на среднее число видимых метеоров.

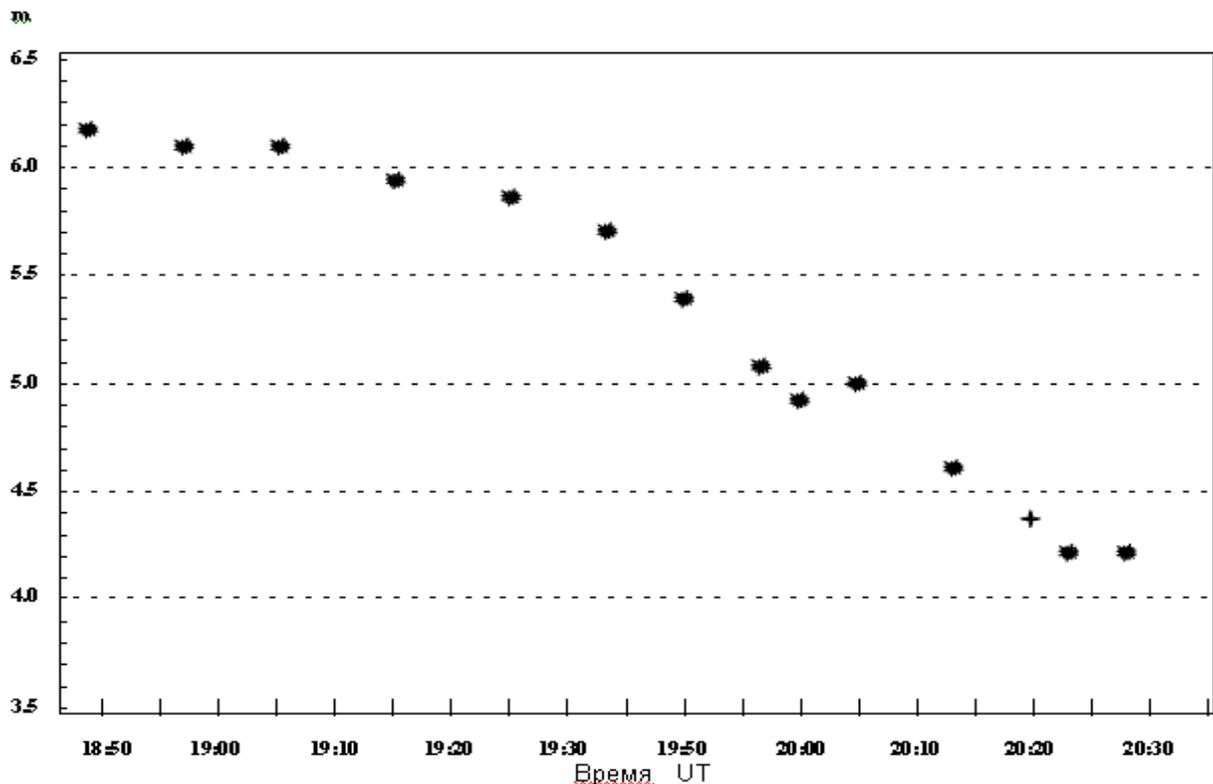
В ходе моих наблюдений я заметила, что лунный свет нарушает зависимость расстояния Луны от наблюдаемой площадки неба. Зайдя за здание нашего научного центра и тем самым, заслонив Луну, я увидела, как это положительно сказалось на количестве замеченных метеоров. Причиной данного эффекта явилось то что, убрав из поля зрения Луну, и дав глазам немного адаптироваться, я стала различать более слабые звёзды [3]. Происходит это потому что, находящийся в нашем поле зрения яркий источник света, в данном случае Луна, сплит нас и не даёт нашему зрачку полностью раскрыться, поэтому слабые метеоры остаются незамеченными. При наблюдениях следует избегать этого, выбирая на небе область для наблюдений достаточно удалённую от Луны.

### 2. Наблюдение метеоров во время лунного затмения.

Несмотря на то, что полное лунное затмение само по себе весьма привлекательное и чарующее зрелище, но ещё интереснее было понаблюдать за метеорами в ходе всех фаз затмения. Когда наш естественный спутник полностью погружается в земную тень, небосвод становится тёмным, как в новолуние, появляется Млечный Путь со своими многочисленными «достопримечательностями». Ближайшее полное лунное затмение было использовано для того, чтобы проследить, как в течении всего затмения изменяется предельная звёздная величина, от которой зависит видимое число метеоров. Подходящий случай представился 16 сентября 1997 года, когда можно было попытаться выяснить зависимость изменений между ПВЗВ и фазами Луны; потому что других серьёзных помех, влияющих на наблюдения, не было. Поскольку во время наблюдений небосвод оставался ясным, то поправкой на облачность можно пренебречь. Оценки ПВЗВ представленные в таблице, получены без учёта высоты Луны над горизонтом и поправки на облачность.

Начало затмения в нашей местности, вблизи обсерватории Javornik, к сожалению видно не было, поэтому я начала определение ПВЗВ в IMO – зонах с середины затмения. Таким образом, наблюдения начались на тёмном, не засвеченном небе, с предельно видимой звёздной величины. Из предыдущих публикаций о влиянии лунной засветки на звёздную величину [1], я знала, что ПВЗВ зависит от расстояния между наблюдаемой IMO – зоной и Луной. В своих наблюдениях я использовала два различных участка неба. Первый участок находился в 20° от Луны и содержал зону № 6 (Пегас), из-за близости с Луной я получила приблизительный и не совсем точный результат, по которому нельзя сделать полный вывод о ПВЗВ для всего неба. Второй участок располагался в 60° от Луны и включал в себя три зоны: № 14 (Лебедь), № 5 (Орёл) и № 7 (Цефей).

Начальные стадии лунного затмения приходилось на сумерки, когда наш естественный спутник находился под горизонтом, поэтому начала явления я не видела. Наступление полной фазы затмения произошло в 17 час. 08 мин. UT, момент наибольшей фазы – в 18 час. 15 мин. UT, а конец – в 19 час. 18 мин. UT. Наблюдение я начала в 18 час. 45 мин. UT. Примерно за час сорок минут моих наблюдений, я подсчитывала звёзды в площадках сначала через каждые десять, а затем и через каждые пять минут. Конец моих наблюдений совпал с концом затмения, когда земная тень полностью сошла с лунного диска. Как фазы Луны или лунного затмения влияют на засветку небосвода можно увидеть из следующего. Пока наш естественный спутник имеет вид серпа, он освещает только близлежащую область неба (около 2 - 3°). Область засвеченного неба «растёт» ночь от ночи вместе с ростом Луны. В 20 час 00 мин., когда земная тень покрывала половину Луны, наподобие обычных фаз Луны вблизи первой или последней четверти, небо оставалось относительно тёмным, но Млечный Путь я не видела. Было интересно смотреть, как лунный свет всё больше и больше освещает небо. В полнолуние же небо уже целиком «залито» лунным светом. В зоне расположенной в 60° от Луны, мы можем наблюдать метеоры, даже если Луна в первой или последней четверти при условии, что ПВЗВ в зоне наших наблюдений колеблется около 5.0 m. Перед полнолунием, в полнолуние и до последней четверти лучше всего наблюдать, пока Луна под горизонтом, как рекомендовано в книге «Руководство для визуальных наблюдений» [1]. Из таблицы хорошо видна зависимость между предельной звёздной величиной, то бишь видимых метеоров и фазами Луны. Надо отметить, мои наблюдения содержат небольшие



погрешности, потому что они проводились всего один раз. Для более точного и детального определения зависимости требуются дальнейшие наблюдения.

В таблице представлены результаты моих оценок ПВЗВ выполненные во время лунного затмения. Различия в ПВЗВ между участками неба становятся заметными, когда фазы затмения соответствуют фазам Луны в первой четверти. Около 20час. 05мин определять ПВЗВ в первом участке было уже затруднительно, из-за нарастающей яркости Луны, поэтому в звездном треугольнике этой зоны я смогла разглядеть лишь звезды 4.7m.

**Таблица.** Изменение предельной видимой звездной величины в двух участках наблюдений. В третьей колонке даны фазы затмения, приблизительно соответствующие обычным фазам Луны. Это вовсе не означает, что фазы начались в указанный в таблице интервал времени. Из-за того, что ПВЗВ в 1-м участке получена не совсем точно, в график включены лишь оценки ПВЗВ из 2-го участка.

| Период (UT)   | ПВЗВ в 1-м участке (20°) | ПВЗВ во 2-м участке (60°) | Фазы Луны       |
|---------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 18:45 – 18:48 | 6.2                      | 6.2±0.1                   | Новолуние       |
| 18:55 – 18:57 | 6.2                      | 6.1±0.3                   |                 |
| 19:04 – 19:06 | 6.2                      | 6.1±0.1                   |                 |
| 19:14 – 19:16 | 5.9                      | 5.9±0.2                   |                 |
| 19:25 – 19:26 | 5.9                      | 5.8±0.4                   |                 |
| 19:31 – 19:34 | 5.7                      | 5.7±0.3                   |                 |
| 19:43 – 19:44 | 5.4                      | 5.6±0.3                   |                 |
| 19:49 – 19:51 | 4.7                      | 5.4±0.2                   |                 |
| 19:54 – 19:55 | 4.7                      | 5.1±0.2                   |                 |
| 20:00 – 20:01 | 4.7                      | 4.9±0.3                   |                 |
| 20:05 – 20:06 | <4.7                     | 5.0±0.2                   | Первая четверть |
| 20:11 – 20:13 | <4.7                     | 4.6±0.2                   |                 |
| 20:17 – 20:18 | <4.7                     | 4.4±0.3                   |                 |
| 20:21 – 20:22 | <4.7                     | 4.2±0.4                   |                 |
| 20:25 – 20:26 | <4.7                     | 4.2±0.4                   |                 |
|               |                          |                           | Полнолуние      |

Проводя наблюдение метеоров на засвеченном Лунной небом, за большой промежуток времени всё равно можно заметить активность любого метеорного потока. Конечно, надо сказать, что наблюдать

метеоры вполне допустимо и во время лунного затмения, пока Луна не мешает. На приведённом ниже графике прекрасно видно, что ПВЗВ во время фаз полного затмения оставалась почти неизменной. График изменения предельной видимой звездной величины во втором участке наблюдений, в 60° от Луны.

Определение ПВЗВ во время затмений рекомендуется проводить так же часто, как и при обычных патрульных наблюдений, через каждые полчаса, если позволяют погодные условия. Подсчитывание звезд не займёт много времени, но точное знание ПВЗВ важно для дальнейших обработок наблюдений.

Следующий удобный случай пронаблюдать за метеорами во время лунного затмения представится 21 февраля 2008 года, которое будет видно на Украине, в Белоруссии и в Европейской части России.

**Литература:**

- [1]. Дж. Рендел, Р. Арлт, А. МакБит. «Руководство для визуальных наблюдений метеоров», IMO, 1995.
- [2]. О.И. Белькович, М.Г. Ишмухаметова. «Сравнение двух методов визуальных наблюдений метеоров», WGN 25:2, April 1997, p.79.
- [3]. Rainer Arlt and Alastair McBeath, *personal communications*, September 1997.

WGN, the Journal of the IMO, 26:1 (1998) p.39  
 Михаэла Триглав.

Перевёл с английского любитель астрономии  
 Семенюта А.С., [splyushka858@mail.ru](mailto:splyushka858@mail.ru)

**От переводчика:** Во время наблюдений метеоров 2003 – 2007 гг. автор перевода неоднократно убеждался в том, что активность любого метеорного потока можно заметить даже в полнолуние. Несмотря на очень засвеченное небо, траектории полёта метеоров 3,5 – 4,0 m можно было свободно наносить на звездные карты. Единственное условие в том, чтобы Луна располагалась за спиной наблюдателя (если Луна на востоке – предпочтительней наблюдать западную часть неба и наоборот). В итоге пришёл к выводу, что Луна не является серьёзной помехой при наблюдении метеоров.

## Apogee 20-32x88mm RA Binocular - первый свет

### Начало.

В начале, как известно, было слово. Слово с **Apogee Inc** продолжалось довольно долго (примерно 2 недели), но в результате продавец (<http://www.opticsplanet.com/> - основной магазинчик **Apogee Inc**) был упрощен отправить в Москву сей девайс таким образом (и по такой цене – 449 долларов, что немаловажно), каким нужно было мне. Короб, иначе не скажешь, был отправлен 1-го октября сего года из славного города Нортбрука, что в Иллинойсе. Однозначно известно, что посылка весом в 12,5 килограммов была в Москве 9-го октября. А дальше начались приключения маленького чемоданчика. Вернее и приключений-то никаких не было (кроме одного), было стратегическое вылёживание на заранее подготовленных позициях в Московской Южной таможне. Так или иначе, всему прекрасному на свете приходит конец. Настал конец и лежанию короба на складах, и вот 7-го ноября (в бывший красный день календаря), коробка добралась до покупателя, то есть до меня. На радостях собственно транспортная коробка (кстати говоря, выполненная явно именно под эти бинокли) была подарена родному отделению связи, а вот такой вот чемоданчик был извлечен и доставлен домой. Пересылка обошлась еще в 250 у.е.



### Внутри

Внутри чемоданчика, согласно предварительным мыслям, должен был находиться собственно бинокль, 2 комплекта сменных окуляров, дающих увеличение 20 и 32 крат соответственно, и ручка для переноски (Скажем спасибо, что ручек - не 8, как в известном анекдоте, хотя чистый вес "изделия" в 14,2 фунта подразумевает...) В качестве бонуса в своеобразном «дипломате» оказались: перчатки белые, х/б - одна пара (что навеяло ностальгические мысли о ZS-80 - моём первом настоящем телескопе, в комплекте к которому они тоже присутствовали); холщёвый мешок (биноклев домик), который все желающие и могут лицезреть на фото выше; тряпочка для протирки оптики (низкого качества); ключ от кейса (но пользоваться им нежелательно, во избежание); ремень (долго думал, куда его цеплять, оказалось -

непосредственно к кейсу, для переноски оно на плече); и несколько пакетиков силикагеля, что, впрочем, является стандартом для подобного рода техники. Надо сказать что кейс изнутри выстлан своеобразным материалом - неким гибридом поролона и полиэтилена. Правда и качество материала и качество выстилки оставляют желать лучшего, но не будем требовать многого от экспортных изделий КНР, да ещё и такого ценового уровня.

Теперь рассмотрим повнимательнее содержимое кейса.

### Внешний вид



Бинокль выглядит (да что там, и не только выглядит) достаточно массивно, **все** элементы конструкции металлические, включая и бленды и даже крышки объективов. К счастью, крышки окулярного узла всё-таки пластмассовые.

Фактически, мы имеем сдвоенный рефрактор-ахромат (трубы из алюминия, кажется всё-таки бесшовные, хотя может шов и есть, но в глаза не бросается). Опять-таки, труба напоминает вышеупомянутый «Зенитстар» - черный с золотом, блок крепления труб (кстати, снизу этого блока есть замечательная «нога» для посадки на фотоштатив, сверху ее - гнездо для той самой ручки для переноски, а умельцы ставят в это самое гнездо искатель) и оборачивающую призменную систему. Венчает призменную систему резьбовой фокусёр с ходом примерно 1/2 дюйма под нестандартный - 1,33 дюйма (34 мм) - окуляр. Понятно, для чего эта нестандартность сделана, но больше - не меньше. То есть 1,25" окуляры туда подходят. Впрочем, к окулярам мы ещё вернёмся ниже. Пока же позвольте продолжить о собственно биноклярности системы. Как известно, глаза у всех людей разные, разное же и межзрачковое расстояние. С регулировкой последнего (предельные значения 58-72мм) компания **Apogee Inc** справилась следующим образом



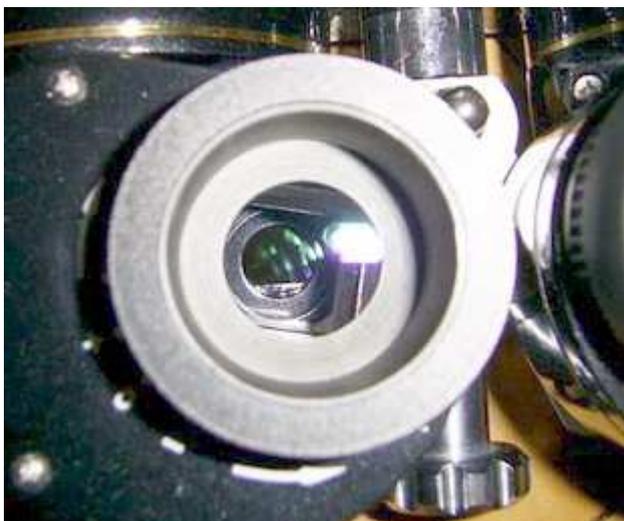
На этой фотографии виден специальный шарнир, который позволяет регулировать межзрачковое расстояние. Кроме

того, тут хорошо виден модуль посадки на стандартный фотоштатив со стандартным же 1/4-20 винтом. Что до фокусировки, то она индивидуальна на каждый глаз и запасы хода весьма приличные. Естественно, окуляры сменные, с разным фокусным расстоянием. Ход фокуса плавный, без проскальзываний и залипаний. Ну что ж, в основном по корпусу бинокля мы имеем понятие, а в завершение можно отметить тот факт, что принципиально инструмент можно еще установить не только на фотоштатив, но и на спецмонтажки, ориентированные именно на большие бинокляры (на фотографии внешнего вида видны, по бокам труб, ровно посередине корпуса, места для крепления), но, насколько мне известно, то что есть в продаже - оно довольно дорого стоит, а вот стоит ли она тех денег, что за неё просят - остается под вопросом.

Посмотрим теперь на объективы.



Видно довольно неплохо, что имеет место быть и внутреннее чернение, довольно качественное кстати, и несколько диафрагм - светоотсекателей. Блики от вспышки ярко зелёный. В принципе, все видимые невооружённым взглядом поверхности линз (внешняя объективов и обе наружных у обоих окуляров) просветлены и просветление именно такое - ярко-зелёное. Это, кстати, ещё раз напомнило мне всё тот же «Зенитстар». Но есть и отличия. Не буду особо вдаваться в подробности, просто скажу так, в данном случае объектив - триплет, первые 2 линзы - собирающие, самая дальняя от наблюдателя - рассеивающая. Это - **не склейка**, т.е. наш объектив - с воздушным зазором. Вы спросите меня, как это достигается? Очень просто - используя зелёный лазер. Производитель декларирует один параметр - апертуру в 88 мм. Сам объектив имеет несколько больший диаметр, но если присмотреться - снаружи, перед линзой, видна диафрагма, ограничивающая размеры до тех самых 88 мм (к сожалению, это не единственный ограничитель).



Производитель не упоминает о фокусном расстоянии объектива, однако собственные исследования бинокля позволяют сказать, что фокусное расстояние равно 480 мм. Это даёт нам теоретически светосилу в 1/5.45.

Забегая вперёд, скажу, что никаких юстировок конструкция в первом приближении не подразумевает. Возможно, какие-то юстировочные винты есть в объективе, наверняка что-то для юстировки есть и в призмённом блоке, но туда я лазить не собираюсь, ибо - незачем. Хотя призмённый блок принципиально разборный.

На фото выше показана фотография окулярного узла. Видны призмы (из **Bak4**), просветление их отливает в синеву, а так же видно то, о чём так долго говорили на различных астрофорумах. Чтобы стало ещё понятнее, о чём речь - ещё две фотографии.



левый и правый

соответственно выходные зрачки. Ещё не через окуляр, но, впрочем, через окуляр видно также. Да, немного закосил фотоаппарат, да, немного всё не в фокусе, но результат ожидаемый. Технология установки призм приводит к экранированию части апертуры, так что фактически бинокль работает не как 88, а как 80-ти миллиметровый. Что, впрочем, естественно для всех биноклей среднего ценового диапазона. Тем не менее, 80 мм с 90-градусным изломом оси, да ещё и триплет аж с **27 Layer Max-Trans Super Multi-Coating** типа на всех стеклянно-воздушных поверхностях (с гордой надписью **Semi-Apo** на борту (о полуапошности есть домыслы, но пока не будем забегать вперед, т.к. реальные наблюдения покажут) за не очень большие деньги. В принципе **Miyauchi 77** встал бы примерно на 30% дороже. По бинокляру, по большому счету, всё.

Посмотрим теперь на окуляры. Окуляров в комплекте 2 пары: на 20х и на 32х. Существует ещё один комплект окуляров для этого бинокля, место под него в кейсе предусмотрено, но в настоящее время к продаже предлагается именно набор с 2-мя парами окуляров, третью пару можно прикупить за дополнительные деньги.



Слева - 32х, справа 20х соответственно. Заметно, что окуляры весьма разные - и по размерам, и по выносу зрачка (10 мм в случае 32х и 20 мм в случае 20х) и даже по наглазникам. Окуляры ничем не фиксируются в окулярном узле, кроме естественных сил трения (есть там ещё пара резиновых прокладок, на юбке окуляра). Оба окуляра в той или иной степени обрезинены, в руки брать удобно - не выскальзнут. Поле зрения окуляра 20х - 52 градуса, 32х - 66 градусов.

Можно гарантировано сказать, что оптическая схема разная, что линз там достаточно много (точного количества сказать не могу, но бликов от лазера много, больше чем от окуляра ортоскопического, возможно там просто меньше склеек). Ещё можно сказать, что эти окуляры **не относятся** к окулярной элите и торцы линз у них не зачернены. Тем не менее, картинку они дают вполне качественную. Поле ровное, дисторсия отсутствует. Хроматизм по натриевым (желтым) фонарям замечен не был, хроматизм по ртутным фонарям имеет место, но небольшой. По крайней мере, в Селестроне 20х80 хроматизм заметнее. Стоит сказать, что раздельная фокусировка окуляров **очень** удобна, а винт регулировки межзрачкового расстояния работает весьма чётко и плавно.

**Вячеслав Гордин**, любитель астрономии, г. Москва  
Постоянный автор журнала «Небосвод»

## ПОЧЕМУ НОЧЬЮ НЕБО ТЕМНОЕ?

(фоновые излучения и строение Вселенной)



Галактики в Пегасе. Фото Дитмар Хагер с сайта <http://www.astronet.ru>

Одним из основных источников информации об окружающей нас Вселенной является электромагнитное излучение. При наблюдениях в оптическом и радиодиапазонах астрономы используют обычные телескопы и антенны с радиоприемниками. В инфракрасном, ультрафиолетовом, рентгеновском и гамма-диапазонах используются методы внеатмосферной астрономии, применение которых требует выноса телескопов за пределы земной атмосферы, поглощающей и отражающей эти виды излучений. Во всех диапазонах электромагнитного спектра наблюдаются изолированные (дискретные) источники излучения, такие как Солнце, звезды, галактики, квазары. В самые мощные оптические телескопы видны объекты, находящиеся на расстоянии более 10 миллиардов световых лет. Получаемая от них информация говорит не только об их физической природе, но и о физических условиях, имевших место во Вселенной миллиарды лет тому назад.

Наряду с наиболее яркими дискретными источниками наблюдается большое количество слабых, далеких, во многих случаях практически неразрешенных источников. Их излучение называют фоновым внегалактическим излучением. Исследование этого фонового излучения неразрешенных внегалактических источников позволяет глубже заглянуть в прошлое Вселенной. Наряду с фоновым излучением, за которое ответственны далекие дискретные источники, наблюдения показывают существование внегалактического фонового излучения, не связанного с излучением известных типов космических источников. Оно приходится на микроволновый диапазон длин волн от 60 см до 0.6 мм (диапазон частот от 500 МГц до 500 ГГц) и отличается равновесным спектром, описываемым формулой Планка с температурой 2-7 К. Это излучение связывают со свойствами Вселенной в целом. Оно характеризует горячее состояние вещества во Вселенной на ранних этапах ее эволюции, задолго до моментов образования дискретных источников. Известный астроном Иосиф Самуилович Шкловский предложил называть это микроволновое фоновое излучение реликтовым. Оно позволяет исследовать физические условия Вселенной на ранних стадиях ее эволюции, когда не существовало ни галактик, ни квазаров, ни других дискретных источников.

### Общие сведения о структуре и эволюции Вселенной

Интерес к фоновому излучению возник более двух с половиной столетий тому назад. Именно в то время получило бурное развитие телескопостроение и повысился интерес к астрономическим исследованиям. Наиболее простая модель Вселенной, которая получалась на основе наблюдений того времени, соответствовала модели статической бесконечной Вселенной, более или менее однородно заполненной звездами. Статичность Вселенной следовала из постоянства положений звезд относительно друг друга. Предположение о бесконечности Вселенной основывалось скорее на философских соображениях о бесконечности и неисчерпаемости окружающего мира. Кроме того, согласно закону Всемирного тяготения, вещество в

конечной Вселенной рано или поздно должно собраться в компактное скопление, чего явно не наблюдается. Но предположение о том, что наблюдаемая статичная Вселенная бесконечна, вызывало странный и на первый взгляд простой вопрос: **почему ночью небо темное?**

Вплоть до XX века на этот, казалось бы, тривиальный вопрос не было получено удовлетворительного ответа. Действительно, представьте себя в лесу, пусть даже не в дремучем, но в достаточно большом. Предположим, что это березовый лес из белых гладкоствольных деревьев. Тогда в каком бы направлении мы ни посмотрели, в конце концов, луч зрения наткнется на ствол какого-нибудь дерева. Казалось бы, что лес стоит сплошной белой стеной. А теперь представим себе бесконечную статическую Вселенную, в которой звезды и галактики находятся в постоянном (статическом) положении друг к другу. Луч зрения земного наблюдателя в любом направлении, в конце концов, наткнется на поверхность звезды, поэтому вся небесная сфера должна перекрываться звездными дисками. Яркость их не зависит от расстояния: она определяется только свойствами излучающей поверхности. Поэтому во всех направлениях небо должно быть таким же ярким, как каждая звезда. Поскольку Солнце — типичная звезда, то все небо должно быть ночью и днем таким же ярким, как Солнце. В этом и состоит фотометрический парадокс Ольберса, названный так в честь немецкого астронома XVIII века Генриха Ольберса, который первым четко сформулировал его. Несмотря на то, что этот парадокс был выведен для фонового излучения звезд в видимом свете, он характерен и для других диапазонов длин волн. Наличие парадокса обнаружило несовершенство гипотезы о статической бесконечной Вселенной. Из сказанного ясно, что уже сравнительно простой анализ свойств фонового излучения звезд (просто из видимой яркости ночного неба) приводит нас к далеко идущим выводам относительно структуры всей Вселенной. Наблюдения фонового излучения подводят нас к таким фундаментальным понятиям, как конечность или бесконечность Вселенной, ее статичность или нестационарность. По-видимому, справедливо и обратное: наблюдения каких-либо фундаментальных свойств Вселенной позволяют делать суждения о фоновых излучениях.

Парадокс Ольберса, или фотометрический парадокс, был разгадан благодаря открытию, сделанному в 20-х годах прошлого столетия американским астрономом Э. Хабблом, которое привело к представлению о том, что Вселенная не статична, а однородно расширяется. Исходя из измерений расстояний до ближайших галактик, Хаббл установил, что все галактики удаляются от нас, и скорость удаления  $V$  пропорциональна расстоянию  $g$  до галактики ( $V = H_0 g$ ). Этот закон назван законом Хаббла, где  $H_0$  — постоянная Хаббла:  $H_0 \sim 75 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$

Таким образом, представление о статической картине Вселенной, где все объекты как бы застыли на своих местах, сменило представление картины Вселенной, объекты которой друг от друга разбегаются, и расстояния между ними непрерывно увеличиваются.

Скорость разбегания сильно влияет на свет, идущий от галактики к Земле. Действительно, каждый последующий фотон (квант света), излучаемый звездой в галактике, должен дольше двигаться к Земле, чем квант, испущенный в предыдущий момент времени. Так что за один и тот же момент времени наблюдатель на Земле воспримет меньшее число квантов, чем в случае, если бы галактика все время находилась на одном месте (случай статической Вселенной). Кроме эффекта уменьшения числа квантов, приходящих на Землю в единицу времени, излучаемые кванты уменьшают свою частоту (увеличивают длину волны) из-за эффекта Доплера.

Вместе оба эффекта ослабляют свет звезд далеких галактик. Это ослабление становится особенно сильным, когда скорость удаления галактик близка к скорости света. Тогда в пределе энергия (частота) воспринимаемых на Земле квантов стремится к нулю, а время их прибытия — к бесконечности.

Согласно закону Хаббла, галактики, находящиеся на расстоянии  $R = 13,7 \cdot 10^9$  лет, удаляются от нас со скоростью, равной скорости света, поэтому их излучение ослаблено до нуля, а излучение более далеких галактик до нас не доходит вообще. Т.е. для нас Вселенная — конечна, она ограничена радиусом в 13,7 млрд. световых лет. Поэтому небо не столь яркое, как Солнце. Величину  $R$  иногда называют радиусом видимой части Вселенной, или радиусом Метагалактики.

Во времени открытия Хабблом разбегания галактик А. Эйнштейн разработал релятивистскую теорию тяготения — общую теорию

относительности. Основываясь на этой теории, советский ученый А. Фридман построил модель однородной и изотропной Вселенной, в рамках которой разбегание галактик объясняется расширением (нестационарностью) Вселенной как целой, где геометрические свойства пространства и времени определяются распределением и движением вещества.

Фоновое излучение в радио-, рентгеновском и гамма-диапазонах Яркость неба или фоновое излучение в рассматриваемых диапазонах длин волн определяется суммарным излучением всех небесных тел, заполняющих пространство с радиусом, равным радиусу видимой Вселенной. В каждом из этих диапазонов фоновое излучение дает разную информацию о Вселенной и ее истории.

Космическое фоновое радиоизлучение наблюдается на частотах от 1 до 500 МГц, что соответствует длинам волн от 300 м до 60 см, Небо в этом диапазоне, особенно на метровых волнах, очень яркое, но распределение радиояркости по небу крайне анизотропно и концентрируется к галактической плоскости (плоскости Млечного Пути). Так как внегалактическое фоновое радиоизлучение должно обладать изотропными свойствами, то поиски и обнаружение фонового излучения связаны с выделением изотропной компоненты из общего анизотропного фонового излучения.

В общем фоновом излучении наблюдается явная концентрация радиоизлучения к плоскости Галактики, что указывает на связь анизотропного компонента с излучением Галактики. Радиоизлучение Галактики достаточно хорошо изучено, и его природа нашла свое теоретическое объяснение. Оказывается, за радиоизлучение нашей Галактики в основном ответственны релятивистские электроны, входящие в состав галактических космических лучей. Двигаясь в магнитном поле Галактики, эти электроны излучают синхротронное радиоизлучение. Анализ энергетического спектра релятивистских электронов позволяет теоретически рассчитать спектр синхротронного радиоизлучения Галактики, сравнить его с наблюдаемым и тем самым выделить фоновую внегалактическую компоненту радиоизлучения. Несмотря на это, экспериментальное выделение радиофона связано с большими трудностями.

На существование в этом диапазоне внегалактической компоненты радиоизлучения указывают и прямые наблюдения, которые позволяют независимо от теоретических предположений оценить фон. Примером могут служить измерения радиояркости неба на частоте 20 МГц в направлении на туманность Большое Магелланово Облако — одну из двух карликовых галактик, являющихся спутниками нашей Галактики. Внутри нее находится облако ионизованного газа, которое эффективно поглощает радиоизлучение на частоте 20 МГц. Облако занесено в каталог под названием туманность 30 Золотой Рыбы (по названию созвездия, где оно находится). Сравнение яркости неба в туманности и ее окрестностях показало, что величина яркости уменьшается в направлении облака, т.е. вне его должно существовать излучение, которое имеет внегалактическую природу. Проходя через облако, излучение поглощается им, и яркость неба в направлении облака становится меньше по сравнению с соседними участками. Практически в облаке поглощается все внегалактическое радиоизлучение. Так как галактическое радиоизлучение не проходит через облако, то наблюдаемая яркость радионеба в направлении облака дает значение интенсивности галактического радиоизлучения. Такой метод позволяет оценить сразу и фоновое радиоизлучение, и радиоизлучение нашей Галактики.

Существуют и другие методы измерений фонового радиоизлучения, в результате которых показано, что яркость фонового радиоизлучения падает с ростом частоты, т.е. количество энергии, заключенной в фоновом радиоизлучении, на коротких длинах волн меньше, чем на длинных.

Природа радиофона в настоящее время понята достаточно хорошо. Радиофон объясняется излучением всех радиоисточников во Вселенной, и поэтому здесь имеет место такая же ситуация, как и при анализе парадокса Ольберса.

Источниками, обуславливающими фоновое излучение, в первую очередь являются радиогалактики и квазары. Обычные галактики вроде нашего Млечного Пути, хотя и являются наиболее многочисленными объектами во Вселенной, настолько ничтожно излучают в радиодиапазоне, что дают малый вклад в фоновое радиоизлучение. Радиогалактики и квазары — самые мощные и активные из всех источников — имеют нетепловой спектр такого же типа, как и у радиофона. Используя радиокарты неба, полученные с помощью самых крупных радиотелескопов, можно

подсчитать число таких радиоисточников, а также оценить число слабых источников, которые не способен разрешить радиотелескоп и которые видны в виде флуктуации радиояркости в малых угловых масштабах. Суммирование радиоизлучения всех этих источников оказывается достаточным, чтобы объяснить радиофон.

Анализ свойств фонового радиоизлучения позволяет сразу изучить намного больше источников, чем это можно было бы сделать, исследуя отдельные объекты. Результаты прямых подсчетов дискретных радиоисточников подтверждают, что в недавнем прошлом во Вселенной было в сотни раз больше сильных радиоисточников, таких как квазары и радиогалактики, чем их наблюдается сейчас.

Этот вывод указывает на несостоятельность не только модели статической Вселенной (мы говорили о ней в начале в связи с фотометрическим парадоксом), но и так называемой стационарной модели Вселенной, согласно которой существует непрерывное "творение" вещества без изменения основных характеристик Вселенной. Таким образом, из анализа радиофона следует, что в прошлом было больше радиоисточников, чем сейчас, и Вселенная на современную не была похожа.

В гамма- и рентгеновском диапазонах фоновое излучение измерено на частотах свыше  $2.5 \cdot 10^{17}$  Гц (на длинах волн короче 13А). Измерения в этих диапазонах стали возможны благодаря использованию ракетно-космической техники, которая позволяет вынести приемники гамма- и рентгеновского излучения за пределы земной атмосферы. Земная атмосфера поглощает все рентгеновское и гамма-излучение, идущее из космоса.

Впервые диффузный рентгеновский фон был зарегистрирован в 1962 году одновременно с обнаружением первого из дискретных источников космического рентгеновского излучения — Скорпион X-1. Дальнейшие наблюдения подтвердили высокую степень изотропии рентгеновского фонового излучения, что подтверждает его внегалактическую природу. Детальный анализ наблюдений с высокой чувствительностью и угловым разрешением показал, что число источников увеличивается с уменьшением величины потока их рентгеновского излучения. Это обстоятельство позволяет сделать предположение о том, что с уменьшением потока число источников сильно возрастает, и, в конце концов, они все сливаются в сплошной рентгеновский фон. Таким образом, становится очевидной интерпретация диффузного рентгеновского фона Вселенной как суммарного излучения удаленных дискретных источников.

Зная объем видимой Вселенной и плотность различных дискретных источников рентгеновского излучения, можно теоретически оценить интенсивность фонового рентгеновского излучения.

Известные рентгеновские источники, которые отождествлены с оптическими и радиообъектами — квазарами, активными галактиками и обычными галактиками — объясняют около 25% наблюдаемого рентгеновского фона. Наряду с известными источниками наблюдаются внегалактические объекты, которые не удалось отождествить с известными радио- и оптическими объектами. Возможно, они представляют новый класс внегалактических рентгеновских источников. Этими источниками удалось объяснить еще 25% яркости фона.

Таким образом, отождествленными объектами и возможным новым классом внегалактических рентгеновских источников в совокупности объясняется около 50% яркости рентгеновского фонового излучения. А как быть с оставшимися 50%?

Здесь дополнительную информацию дает исследование мелкомасштабных флуктуации яркости рентгеновского фонового излучения. Чтобы согласовать наблюдаемую яркость и флуктуации рентгеновского фона Вселенной, необходимо предположить существование нового, пока еще не известного класса внегалактических источников, удаленных от нас на очень большие расстояния. В этом случае число таких источников в наблюдаемой Вселенной должно быть около 3 миллионов, а мощность их рентгеновского излучения сравнимой с мощностью рентгеновского излучения радио- и сейфертовских галактик. Напомним, что обычных галактик в наблюдаемой Вселенной около 30 миллиардов, радиогалактик — 30 миллионов, сейфертовских галактик — около 300 миллионов.

Анализ вклада известных источников рентгеновского излучения в фоновое излучение не учитывал их эволюции в прошлом. Мы уже видели, что эволюцией источников объясняется ряд свойств фонового радиоизлучения. Оказывается, чтобы полностью объяснить диффузный рентгеновский фон суммарным излучением отдельных источников, достаточно увеличить в

прошлом средние мощности рентгеновского излучения радиогалактик, квазаров и сейфертовских галактик и скоплений галактик (примерно в 10-100 раз) и незначительно увеличить в прошлом их количество. В этом смысле гипотетическими источниками, которые объясняют оставшиеся необъясненными 50% яркости рентгеновского фона, являются, видимо, либо компактные скопления галактик, содержащие всего около десятка галактик и имевшие в прошлом большие рентгеновские светимости, либо особый класс существовавших тогда активных галактик.

Интенсивность фонового потока гамма-лучей (частоты свыше  $10^{20}$  Гц или энергии квантов свыше 0,5 Мэв) можно представить как сумму степенного спектра, являющегося продолжением спектра рентгеновского диапазона и непрерывного излучения с максимумом в области квантов с энергией 1-10 Мэв, что указывает на наличие дополнительных гамма-квантов. В принципе, интерпретация фонового гамма-фона та же, что и рентгеновского.

Интересно отметить, что в свое время обсуждалась идея о том, что гамма-фон возникает при аннигиляции вещества и антивещества во Вселенной. Авторы этой гипотезы исходили из того, что количество вещества и антивещества во Вселенной в среднем должно быть одинаковым, области с веществом должны быть перемешаны с областями из антивещества. На границах этих областей и происходит аннигиляция, которая порождает мощный поток гамма-квантов. Более того, в прошлом, когда плотность во Вселенной была выше, процесс аннигиляции был более высоким и максимум аннигиляционного гамма-излучения как раз должен приходиться на диапазон энергий гамма-квантов 1-100 Мэв, что, как видим, и наблюдается. Расчеты позволяют оценить концентрацию вещества и антивещества, которая способна объяснить наблюдаемую яркость гамма-фона. Для этого необходима концентрация вещества и антивещества около  $10^{13}$  атомов в куб.см, что примерно в 10 млн. раз меньше наблюдаемой.

Еще один интересный вывод получается из анализа рентгеновского и гамма фона. Это ограничение на количество реликтовых черных дыр с массами в несколько миллиардов тонн и размерами с электрон. Существование таких мини черных дыр на ранних этапах расширения Вселенной предсказывается современной космологией. Расчеты показывают, что благодаря квантовым эффектам такие черные дыры должны эффективно испаряться в настоящее время, испуская гамма-кванты. Чтобы гамма-излучение от них не превышало наблюдаемого фонового гамма-излучения необходимо, чтобы их концентрация была не слишком большой, соответствующей нескольким таким черным дырам в Солнечной системе. На основе этого вывода предлагаются эксперименты по их обнаружению и доставке в окрестности Земли.

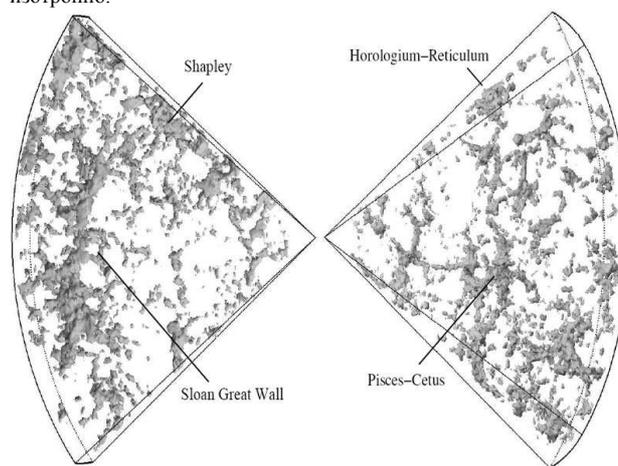
#### Реликтовое излучение

Существование реликтового излучения теоретически было предсказано нашим соотечественником известным астрофизиком Георгием Гамовым. Он это сделал в конце 40-х годов 20 века.

Г. А. Гамов показал, что ядерные реакции в звездах могут объяснить небольшую часть наблюдаемого гелия. Поэтому основная его масса должна была образоваться на самых ранних этапах расширения плотной и горячей Вселенной. Высокая температура необходима для протекания ядерных реакций синтеза гелия из водорода. Следствием этой "горячей" модели Вселенной и было предсказание излучения со специфическим равновесным планковским распределением по частотам, которое к настоящему времени остыло до температуры около 5 К.

Само реликтовое излучение с температурой 2,7 К было обнаружено случайно в 1964 году в сантиметровом диапазоне длин волн американскими учеными А. Пензиасом и Р. Вильсоном. Обнаружение реликтового излучения явилось замечательным подтверждением модели горячей Вселенной. В рамках идеализированной картины изотропно (т. е. одинаково по всем направлениям) расширяющейся Вселенной распределение реликтового излучения по небу должно быть весьма однородным. Правда, не исключено, что в некоторых направлениях Вселенная расширяется быстрее, в других — медленнее. Измерение постоянной Хаббла в различных направлениях позволило подтвердить изотропию расширения с точностью 20%. Хотя и с плохой точностью, но полученный результат характеризует изотропию расширения Вселенной, начиная с момента  $10^8$  лет, когда во Вселенной появились галактики, и до наших дней. Наиболее точными и информативными оказались измерения распределения температуры реликтового излучения по небу. В

направлении быстрого расширения Вселенной температура реликтового излучения должна быть ниже, чем в направлении медленного расширения. Информация, заключенная в анизотропии, позволяет судить об анизотропии расширения Вселенной с момента около  $10^6$  лет от начала расширения. Наиболее точные измерения анизотропии реликтового излучения были проведены в нашей стране с борта искусственного спутника Земли "Прогноз-9" в эксперименте "Реликт" и на американском ИСЗ "COBE" (Cosmic Background Explorer), когда исследовались отклонения температуры реликтового излучения в различных направлениях от среднего значения 2.7К. По данным ИСЗ "COBE" такие отклонения наблюдаются, но в угловых масштабах в десятки градусов они составляют всего около 10 К. Таким образом, с точностью около 0.0007% Вселенная расширяется изотропно.



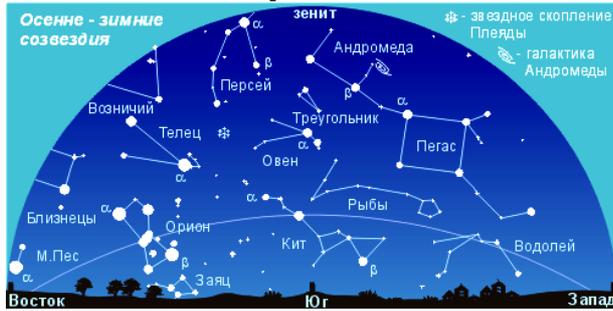
*Великая стена Слоан: самая крупная структура во Вселенной (исследование крупномасштабной структуры Вселенной по цифровому обзору неба Слоан в университете г. Гронингена). Изображение с сайта <http://www.astronet.ru>*

По современным представлениям Вселенная никогда не была полностью однородной. Даже на самых ранних стадиях должны были существовать небольшие неоднородности (флуктуации) плотности, излучения и скоростей движения вещества. Наличие таких флуктуаций могло бы объяснить формирование галактик и их скоплений в прошлом и проявляться в искажениях реликтового излучения — отклонениях от изотропии распределения температуры реликтового излучения в различных угловых масштабах и отклонениях от планковского характера спектрального распределения излучения.

Современные теории образования галактик указывают на то, что начиная с  $10^6$  лет от момента начала расширения Вселенной, искажения, вносимые неоднородностями, из которых в дальнейшем могут возникнуть галактики, "запоминаются" и должны проявиться в виде заметных флуктуации яркости реликтового излучения в масштабах 1-10°. Наблюдения показали, что в масштабах от угловых минут до нескольких градусов такие флуктуации реликтового излучения отсутствуют с точностью, превышающей 0.01%. В современных теориях образования галактик этот факт вызывает наибольшие трудности. Одна из возможностей избежать трудности — развитие теории, согласно которой вначале из мелкомасштабных неоднородностей возникали шаровые скопления звезд и карликовые галактики, затем они объединялись, образуя гигантские галактики. В такой схеме отпадает необходимость существования крупномасштабных флуктуации — их либо не было, либо они были настолько малы, что не отразились на реликтовом излучении. Данная теория не исключает, однако, наличия мелкомасштабных флуктуации яркости реликтового излучения, например, в угловых масштабах меньше минуты дуга. Но обнаружение таких мелкомасштабных флуктуации реликтового излучения на фоне излучения большого числа дискретных источников, таких как квазары и далекие галактики, представляется пока трудной задачей.

**В. М. Чаругин, МЦИО, <http://center.fio.ru>**  
Источники: <http://www.astronet.ru>

# Январь – 2008



## Обзор месяца

Основными астрономическими событиями первого месяца 2008 года являются: 1 января - сближение кометы P/Tuttle (8P) с Землей до четверти астрономической единицы, 3 января - Земля в перигелии своей орбиты (минимальное расстояние от Солнца), 4 января - максимум действия метеорного потока Квадрантиды, 20 января - покрытие Марса Луной (видимость – Сибирь и Дальний Восток), 22 января - Меркурий в вечерней (восточной) элонгации и 23 января - Меркурий в соединении с Нептуном. Солнце движется по созвездию Стрельца до 20 января, а затем переходит в созвездие Козерога и остается в нем до конца месяца. Склонение дневного светила в начале месяца минимально, поэтому в северном полушарии Земли продолжительность ночи максимальна, а долгота дня наименьшая. Но уже к концу января световой день увеличивается почти на полчаса. На широте Москвы в начале месяца день длится чуть более семи часов, а к началу февраля достигает 8 часов 32 минут. Полуденная высота Солнца на этой же широте за месяц увеличивается с 10 до 16 градусов. Январь – неблагоприятное время для наблюдений Солнца, но, не смотря на короткие дни, все же можно провести ряд наблюдений, связанных с расчетом числа Вольфа. При наблюдениях Солнца в бинокль или телескоп нужно **обязательно (!) применять солнечный фильтр** из темного стекла или иного специального материала. В новогоднюю ночь убывающая Луна при фазе 0,55 будет находиться в созвездии Девы в 7 градусах западнее Спики, и отсюда начнет свой путь по январскому небу. За несколько дней тающий серп Луны перейдет из созвездия Девы в созвездие Весов, а затем Скорпиона и утром 5 января при фазе 0,1 окажется в 8 градусах южнее Венеры и в 3 градусах юго-западнее Антареса. Эти три светила создадут великолепную картину рассветного неба. 7 января ночное светило в виде тончайшего серпа сближится до 6 градусов с Юпитером, пройдя южнее газового гиганта. Через сутки после этого соединения Луна пройдет в 5 градусах южнее Солнца и вступит в фазу новолуния в созвездии Стрельца. Появившись на вечернем небе, растущий месяц 9 января покроет планету Меркурий (в созвездии Козерога), но наблюдать это явление можно будет только в южном полушарии Земли. Жители нашей страны смогут увидеть лишь тесное сближение Луны и ближайшей к Солнцу планеты. До вступления в фазу первой четверти растущая Луна сближится с Нептуном и Ураном (побывав в созвездиях Козерога и Водолея) пересечет созвездие Рыб и примет вид полумесяца близ границы с созвездием Овна. 18 января при фазе 0,77 ночное светило покроет Плеяды, но это явление увидят только наши заокеанские коллеги по наблюдениям звездного неба. Но на этом яркие покрытия месяца еще не закончатся. 20 января жители восточной половины нашей страны смогут пронаблюдать покрытие Марса почти полной Луной ( $\Phi = 0,91$ ). Сама планета при этом будет находиться в трех градусах южнее беты Тельца. В фазу полнолуния ночное светило вступит вечером (для Европейской части страны) 22 января в созвездии Рака около рассеянного звездного скопления Ясли (M44). После этого фаза Луны пойдет на убыль, но даже через двое суток, когда она будет находиться между Регулумом и Сатурном, ее фаза составит 0,94, поэтому ночное небо будет светлым. Перейдя в созвездие Девы 26 января, Луна задержится в нем на 4 дня (28 января пройдя в трех градусах южнее Спики). В фазу последней четверти ночное светило вступит 30 января на

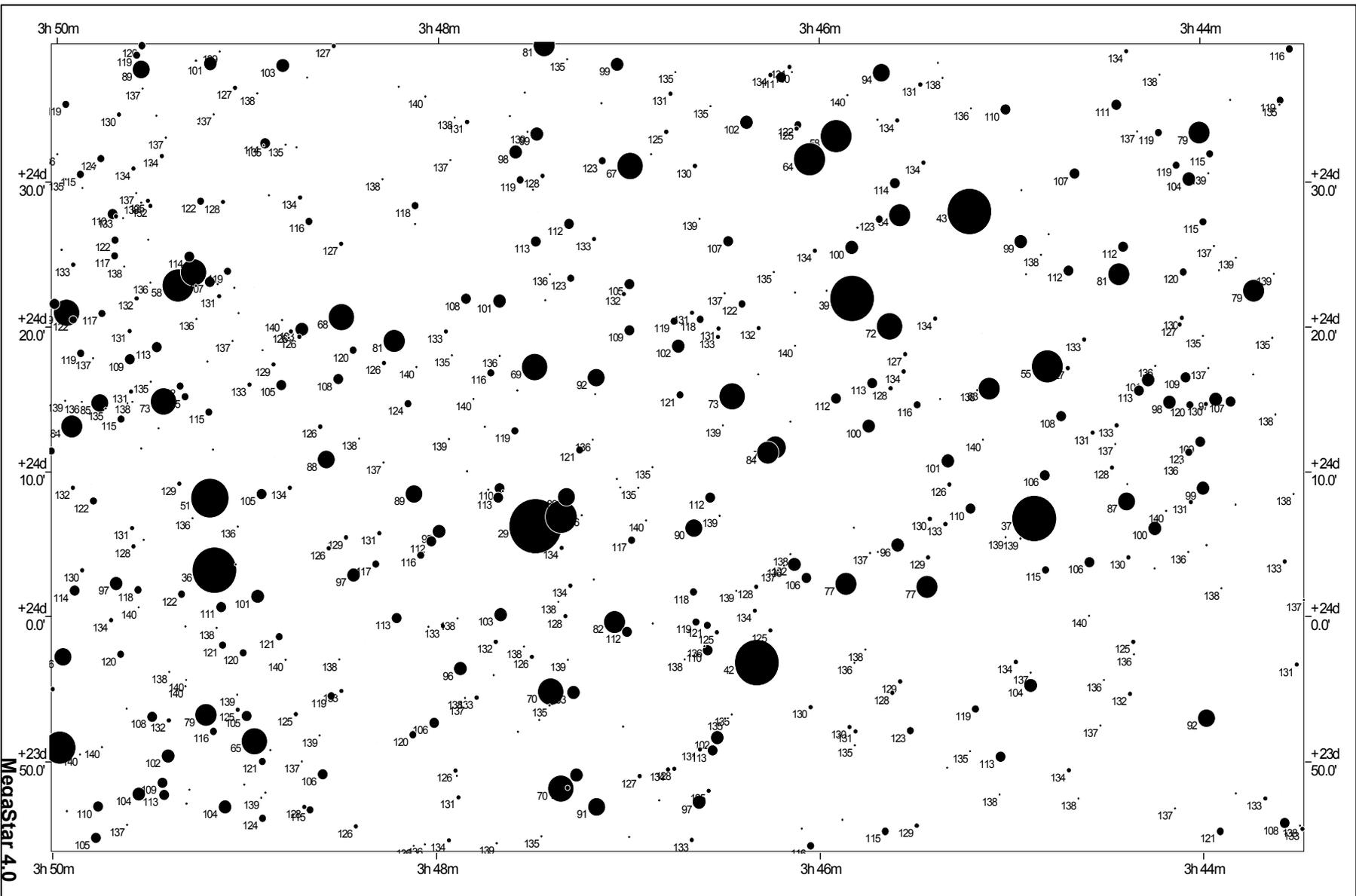
границе созвездий Девы и Весов. К началу февраля убывающий месяц достигнет границы созвездий Весов и Скорпиона, и завершит свой путь по январскому небу при фазе 0,34. За описываемый период кроме покрытия Марса на Европейской части России можно будет наблюдать еще несколько покрытий звезд до 6,5m. Сведения об этих явлениях даны ниже в таблице покрытий слабых звезд. Яркие планеты в январе равномерно распределятся по времени суток и будут доступны для наблюдений как на ночном, так на вечернем и утреннем небе. Меркурий выходит на вечернее небо после верхнего соединения с Солнцем в конце первой декады месяца, перемещаясь по созвездию Козерога. К началу третьей декады продолжительность его видимости почти достигает максимума (около часа), а через два дня планета проходит точку восточной элонгации. Еще через день Меркурий сближится до 0,3 градусов с Нептуном, пройдя севернее газового гиганта. При увеличениях от 100 крат, можно попытаться разглядеть не только диск Меркурия, но и Нептуна, хотя диск (к этому времени уже полдиска) ближайшей к Солнцу планеты можно увидеть и с гораздо меньшим увеличением. Вечернюю видимость Меркурий сохраняет до конца месяца, и хотя элонгация к этому времени сократится до 10 градусов, наблюдать его на фоне зари можно будет около получаса. Венера, по-прежнему, прекрасно видна на фоне утреннего сумеречного сегмента. Хотя продолжительность видимости планеты в сумерки сокращается к концу месяца с 2,5 до 1 часа, но яркость Утренней Звезды позволяет наблюдать ее невооруженным глазом даже после восхода Солнца. За месяц Венера побывает в созвездиях Скорпиона, Змееносца и Стрельца, в самом конце месяца сближившись с Юпитером до полградуса. Марс наблюдается всю ночь в созвездии Тельца (близ звезды бета этого созвездия) в виде яркой оранжевой звезды. Планета недавно прошла противостояние, и первый месяц 2008 года как нельзя лучше подходит для ее телескопических наблюдений. В начале января блеск и видимый диаметр Марса наибольшие, поэтому при наличии ясной погоды для наблюдений желательно использовать именно первые числа месяца. Юпитер находится близ соединения с Солнцем, и появляется на утреннем небе лишь к середине месяца. Вторую половину января планета будет наблюдаться в созвездии Стрельца восточнее Венеры. Сатурн виден почти всю ночь (более 12 часов к концу месяца) в созвездии Льва в 8 градусах к востоку от Регула. Угол раскрытия колец планеты весьма мал, поэтому детали строения кольца лучше всего видны в крупные любительские телескопы. У Урана и Нептуна продолжается вечерняя видимость. Обе планеты могут быть найдены в бинокль при помощи звездных карт (имеющихся, например, в АК\_2008) в созвездиях Водолея и Козерога, соответственно. В безлунные ночи Уран можно попытаться найти даже невооруженным глазом. Из комет самой яркой (6m) должна была стать P/Tuttle (8P), но вспышка кометы Холмса (в созвездии Персея) внесла свои коррективы. Теперь все зависит от скорости падения блеска кометы Холмса, и пока расчеты показывают, что все же ярче должна быть P/Tuttle (8P). В январе она пройдет по созвездиям Рыб, Кита, Печи и Эридаана. Комета P/Wirtanen (46P) перейдет из созвездия Водолея в созвездие Рыб, а затем Кита и снова Рыб, имея блеск около 9,5m. Это позволит наблюдать ее даже в небольшие любительские телескопы. Астероиды января представлены 6 светилами до 10m. Ярче других будут Церера и Веста (около 8m). За месяц произойдут 7 покрытий слабых звезд астероидами, но блеск звезды HIP45058 из созвездия Рака покрываемой 31 января равен 6,1m, что вполне доступно невооруженному глазу при идеальных условиях. Максимумы блеска наступят у 7 долгопериодических переменных звезд, самой яркой из которых станет знаменитая Мира. Ее расчетный максимум приходится на первый день 2008 года. Мощным январским метеорным потоком являются Квадрантиды. При максимуме 4 января они дают до 120 метеоров в час. Серп убывающей Луны не будет мешать наблюдениям. Ясного неба и успешных наблюдений!

Эфемериды небесных тел – в КН № 1 за 2008 год.

Александр Козловский

# Карта звездного скопления Плеяды (M45) для определения проникающей силы телескопа

Звездные величины указаны для звезд до 14m, что позволяет определить проникающую силу телескопа с апертурой до 200мм. Звездная величина на карте обозначается двух или трехзначным числом без запятой. Например, звездная величина 11,2m будет иметь вид 112.



# Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

О ПРОЕКТЕ

НОВОСТИ ПРОЕКТА

ПРЕСС-РЕЛИЗЫ

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

ПУТЕВОДИТЕЛЬ АСТРОНОМА

**Астротоп России** <http://www.astrotop.ru> приглашает любителей астрономии регистрировать свои Интернет-странички, включая их в каталог не имеющего аналогов проекта. Кроме ссылок на все известные астросайты и странички, вы можете найти здесь множество тематических ссылок, которые помогут вам найти нужную информацию. **Все астроссылки в одном месте!**



КА ДАР  
ОБСЕРВАТОРИЯ

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

Сделайте шаг к науке  
вместе с нами!

НЦ Ка-Дар представляют

**Астрономический календарь на 2008 год!**

В декабре 2007 года АК-2008 будет распространяться через книжные магазины города Москвы. Любителям астрономии других городов предоставляется возможность приобрести календарь по почте, через магазин «Звездочет» <http://shop.astronomy.ru/>



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



Если у вас есть мечта провести ряд наблюдений на крупном стационарном инструменте, её можно осуществить с помощью обсерватории научного центра «Ка-Дар». Мы будем рады видеть Вас в обсерватории научного центра «Ка-Дар»! Мечты должны сбываться! Подробности и контакты на <http://www.ka-dar.ru/observ>

\*\*\*\*\*

## Объявления, предложения, контакты, сообщения

Журнал «Небосвод» принимает для публикации адреса любителей астрономии для переписки, а также объявления и другую полезную информацию от любителей астрономии. Присылайте Ваши предложения и объявления на адрес журнала.

\*\*\*\*

**Продаю** незаконченное главное зеркало. Ситалл, D=350mm, F=1680mm, толщина 33mm. Стоимость 16000 руб.

К нему имеется диагональное зеркало: малая ось 78mm, ситалл, толщина 10mm, покрытие - серебро+оксид алюминия, коэффициент отражения 99%. Цена 5000 руб.

Только для жителей России! [cerebrum\\_06@yahoo.com](mailto:cerebrum_06@yahoo.com) или [jeka\\_brainbug@mail.ru](mailto:jeka_brainbug@mail.ru), Skype name is jeka\_brainbug

\*\*\*\*

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

Подписку можно оформить в двух вариантах: печатном (принтерном) и электронном. На печатный вариант можно подписаться, прислав обычное письмо на адрес редакции: 461 675, 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 ниже. Тема сообщения - «Подписка на журнал «Небосвод». По этим e-mail согласовывается и печатная подписка. **Внимание!** Присылайте заказ на тот e-mail, который ближе всего по региону к Вашему населенному пункту.

Урал и Средняя Волга:

Республика Беларусь:

Литва и Латвия:

Новосибирск и область:

Красноярск и край:

С. Петербург:

Гродненская обл. (Беларусь) и Польша:

Омск и область:

Германия:

(резервный адрес: Sergei Kotscherow [liantkotscherow@web.de](mailto:liantkotscherow@web.de) - писать, если только не работает первый)

Ленинградская область:

Украина:

Александр Козловский [sev\\_kip2@samaratransgaz.gazprom.ru](mailto:sev_kip2@samaratransgaz.gazprom.ru)

Алексей Ткаченко [alex\\_tk@tut.by](mailto:alex_tk@tut.by)

Андрей Сафронов [safonov@sugardas.lt](mailto:safonov@sugardas.lt)

Алексей ... [inferno@cn.ru](mailto:inferno@cn.ru)

Сергей Булдаков [buldakov\\_sergey@mail.ru](mailto:buldakov_sergey@mail.ru)

Елена Чайка [smeshinka1986@bk.ru](mailto:smeshinka1986@bk.ru)

Максим Лабков [labkowm@mail.ru](mailto:labkowm@mail.ru)

Станислав... [star\\_heaven@mail.ru](mailto:star_heaven@mail.ru)

Lidia Kotscherow [kotscheroff@mail.ru](mailto:kotscheroff@mail.ru)

Конов Андрей [konov\\_andrey@pochta.ru](mailto:konov_andrey@pochta.ru)

Евгений Бачериков [batcherikow@mail.ru](mailto:batcherikow@mail.ru)



# Комета Холмса – самый большой объект Солнечной системы