

ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

НЕБОСВОД



СТАТЬЯНОМЕРА

САТУРН

ОКОЛЬЦОВАННАЯ ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

6'09
ИЮНЬ

Загадки Титана
Заметки наблюдателя туманных объектов

Дочери Урании (продолжение)
Наблюдения для начинающих любителей астрономии



НЕБОСВОД

№ 06 2009, vol. 4

Уважаемые любители астрономии!

Первый летний месяц малоблагоприятен для наблюдений в средних, а особенно в северных широтах страны. В условиях белых ночей или полярного дня можно наблюдать только наиболее яркие объекты неба. Это Солнце и Луна (иногда Венера). Но для тех районов, где наступают навигационные сумерки и не прекращаются астрономические, открывается великолепная возможность для обнаружения и наблюдений серебристых облаков. Они могут появляться в течение всего летнего периода, а наибольшая вероятность созерцать их приходится на конец июня. В следующем номере журнала планируется публикация материала по высотным облакам. Для энтузиастов наблюдений, не смотря на светлые ночи, все же имеется возможность проводить полноценные наблюдения комет, астероидов и других небесных объектов. Для этого достаточно лишь подключиться к удаленному телескопу. Возможность такого подключения имеется у каждого любителя астрономии, имеющего Интернет. Электронные наблюдения позволяют проводить изучение и регистрацию небесных тел в любое время суток, подключаясь к тому телескопу, где уже наступила ночь. Благодаря доступу к телескопам с диаметром объектива 300 - 400 мм и современной чувствительно цифровой фототехнике, любители астрономии могут даже открывать новые объекты или переоткрывать уже известные кометы, если точно известны их координаты. Подробное описание работы на удаленных телескопах имеется, например, в статье Олега Тучина «Наблюдения на телескопах Фолкеса», опубликованной в 12 номере журнала «Небосвод» за 2008 год. В данном номере традиционно публикуются статьи по визуальным наблюдениям и даются советы начинающим. К предстоящему полному затмению 22 июля 2009 года публикуется статья Владимира Князя. Если у вас имеются материалы по данному затмению, редакция журнала будет рада представить страницы для их публикации.

Искренне Ваш

Александр Козловский

Содержание

- 4 Небесный курьер (новости астрономии)
- 8 Сатурн – окольцованная планета Солнечной системы
Елена Шведун, Сергей Юркевич
- 18 Загадки Энцелада
- 21 Круговерть затмений
Владимир Князь
- 25 Дочери Урании
Алиса Геноевна Тоточава
- 36 Записки наблюдателя: июнь
Виктор Смагин
- 39 Наблюдения для начинающих: покрытия звезд Луной
Олег Малахов
- 41 Небо над нами: ИЮЛЬ – 2009
- 42 Полезная страничка
(Подсчет звезд на небе)

Обложка: Галактики скопления в Персее <http://astronet.ru>

Этот красочный небесный пейзаж, запечатленный с помощью телескопа, изобилует галактиками, находящимися на расстоянии почти 250 миллионов световых лет – галактиками скопления в Персее. Многие из них отличаются растянутыми и иногда удивительными формами. На переднем плане видно множество звезд, принадлежащих нашему Млечному Пути. В скоплении входит более тысячи галактик, среди них преобладают желтоватые эллиптические и линзовидные галактики, которых больше и на этом виде центральной области скопления. Левее самой большой галактики на снимке находится массивная, странно выглядящая NGC 1275. Мощный источник излучения с высокой энергией, активная галактика NGC 1275 доминирует в скоплении Персея. Она поглощает вещество падающих на нее галактик, которое подпитывает находящуюся в ядре галактики сверхмассивную черную дыру. Конечно, в скоплении Персея есть и спиральные галактики, включая маленькую галактику NGC 1268, которая видна плашмя справа от середины картинка. Голубоватое пятнышко на окраине NGC 1268 – это сверхновая SN 2008fg. На расстоянии скопления в Персее поле зрения охватывает область размером около 1.5 миллионов световых лет.

Автор: Р. Джей Габани Перевод: Д.Ю.Цветков

Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

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

Редактор и издатель: **Козловский А.Н.** (<http://moscowaleks.narod.ru> - «Галактика» и <http://astrogalaxy.ru> - «Астрогалактика»)

Дизайнер обложки: **Н. Кушнир**, offset@list.ru В редакции журнала **Е.А. Чижова** и **ИА России и СНГ**

Е-mail редакции: nebosvod_journal@mail.ru (резервный e-mail: sev_kip2@samaratransgaz.gazprom.ru)

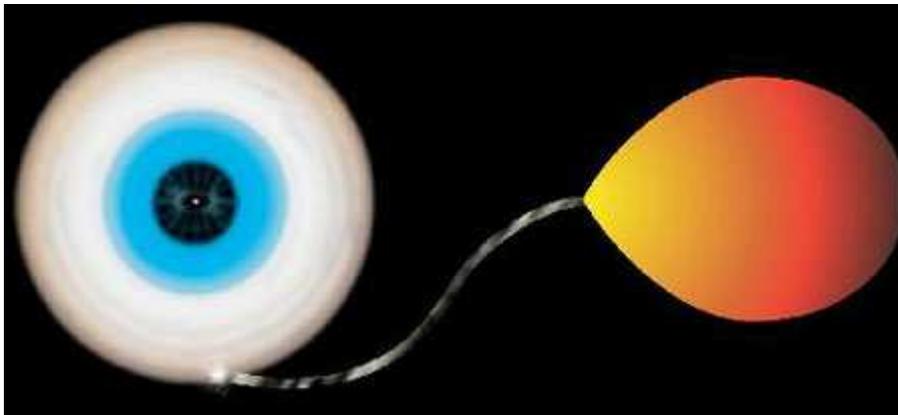
Рассылка журнала: «Астрономия для всех: небесный курьер» - http://content.mail.ru/pages/p_19436.html

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

Сверстано 28.05.2009

© Небосвод, 2009

Астрономы отыскиали "недостающее звено" в эволюции миллисекундных пульсаров



Нейтронная звезда с аккреционным диском (слева) питается веществом звезды-компаньона (справа). Рисунок Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF с сайта www.nrao.edu

Международной группе астрономов удалось обнаружить уникальный объект - тесную двойную звездную систему, представляющую собой своего рода "недостающее звено" в эволюции миллисекундных пульсаров (millisecond pulsar - MSP) - то есть самых быстровращающихся звезд (точнее, звездных остатков) во Вселенной. Об этом рассказывается в онлайн-публикации журнала Science от 21 мая 2009 года. В число авторов, среди которых ученые из США, Австралии, Канады и Нидерландов, входит и российский астрофизик Владислав Кондратьев, сотрудник Астрокосмического центра ФИАН. Ведущий автор статьи - аспирантка Энн Арчибальд (Anne Archibald) из канадского Университета МакГилл (McGill University, Монреаль).

Как известно, пульсары представляют собой сверхплотные звездные остатки - нейтронные звезды, родившиеся в результате взрывов массивных звезд, вспыхивающих в виде сверхновых. Их мощнейшее магнитное поле порождает "эффект маяка" - когда узкие пучки излучения (например, радиоволны) "сканируют" окружающее пространство, следуя за вращением небесного тела. Большинство таких пульсаров вращается с частотой, исчисляемой десятками оборотов в секунду, и постепенно - в течение тысячелетий - замедляется. Однако некоторые из пульсаров (получивших, соответственно, наименование миллисекундных) умудряются делать сотни оборотов в секунду.

Астрономы давно уже склоняются к простой теории: столь быстрое вращение они объясняют раскруткой, вызванной падением вещества (под некоторым углом) с близкой звезды-компаньона (т.е. должны быть периоды, в которые пульсары не замедляются, а, наоборот, раскручиваются). В тесных двойных системах часть внешней оболочки "нормальной" звезды может попасть в так называемую полость Роша ее компактного спутника (где гравитация "малютки" мощнее), быть перетянутой в его "зону ответственности". При этом устремляющийся к компактному объекту материал образует так называемый аккреционный диск, вращающийся вокруг нейтронной звезды и постепенно выпадающий на ее поверхность. В ходе подобных "приступов обжорства" регистрация радиоимпульсов, служащих основной характеристикой пульсара, прекращается. Соответственно, по мере того, как потоки вещества, выпадающего на нейтронную звезду, иссякают, радиоволны вновь начинают до нас доходить, и объект опять восстанавливает свой статус пульсара.

Именно такая последовательность событий, по-видимому, и наблюдалась в двойной звездной системе J1023, находящейся от нас на расстоянии примерно 4 тысяч световых лет в созвездии Секстанта. Миллисекундный

пульсар в этой системе был зарегистрирован в 2007 году с помощью радиотелескопа имени Роберта Бёрда в Грин-Бэнке (Robert C. Byrd Green Bank Telescope - GBT), принадлежащего американскому Национальному научному фонду (National Science Foundation - NSF). Этот телескоп находится в Западной Вирджинии. Задним числом тот же объект астрономы отыскали и в данных другого радиотелескопа - VLA (Very Large Array, Радиотелескоп с очень большой базой, Нью-Мексико, США) - в обзоре за 1998 год - и уже в оптическом диапазоне - среди фотографий Слоановского цифрового обзора неба (Sloan Digital Sky Survey - SDSS) за 1999 год. Правда, там этот двойной объект выглядел просто как звезда наподобие Солнца (более чем вдвое уступающая ему по своей массе). В 2000 году облик системы J1023 значительно изменился, при этом появились признаки наличия аккреционного диска (образовавшегося, несомненно, возле нейтронной звезды). К маю 2002 года свидетельства существования аккреционного диска

пропали. "Это странное поведение озадачило астрономов, появилось сразу несколько разных теорий, объясняющих эту странность", - говорит Ингрид Стэйрс (Ingrid Stairs) из канадского Университета Британской Колумбии (University of British Columbia - UBC, Ванкувер), работавшая в этом году с Радиотелескопом в Парксе (Parkes) Австралийского национального агентства телескопических наблюдений (Australia Telescope National Facility - ATNF).

Наблюдения с помощью телескопа имени Роберта Бёрда в 2007 году свидетельствуют о том, что объект представлял собой в тот момент миллисекундный пульсар, делавший 592 оборота в секунду. Однако до сих пор ни у одного миллисекундного пульсара аккреционных дисков не обнаруживали. Аккреционные диски присутствуют у другого типа двойных звездных систем, именуемых маломассивными рентгеновскими двойными (low-mass X-ray binary - LMXB), которые также содержат быстро вращающуюся нейтронную звезду с аккреционным диском возле нее (рентгеновское излучение там возникает в результате разогрева быстро движущихся частиц вещества в диске от взаимного трения). Однако такие источники, в отличие от миллисекундных пульсаров, не излучают радиоволн. Довольно естественно предположить, что LMXBs находятся еще в процессе "раскрутки", после которой они утрачивают свой аккреционный диск и начинают излучать радиоволны в качестве (радио)пульсара. Значит, обнаруженный объект находится на той редкой стадии, когда он обладает признаками одновременно и LMXB, и пульсара, т.е. является искомым звеном, соединяющим два типа уже известных систем и - тем самым - ценнейшей "природной лабораторией".

В конце концов из-за слишком быстрого вращения "раскрученной" нейтронной звезды выпадение остатков материи компаньона на нее прекращается, уровень рентгеновского излучения тогда снижается, и нейтронная звезда начинает проявлять себя уже в виде испускающего почти исключительно радиоимпульсы миллисекундного пульсара. **Максим Борисов, <http://grani.ru>**

Справка : Нейтронные звезды

- очень компактные и плотные объекты с массами около полутора солнечных и радиусом порядка 10 километров. Плотность в центре такой "звезды" в несколько раз превышает ядерную. В основном нейтронные звезды состоят из вырожденных нейтронов с малой примесью вырожденных протонов и электронов и только самые внешние слои - твердая кора - содержат железо с примесью Cr, Ni, Co. Гидростатическое равновесие в них поддерживается давлением вырожденного нейтронного газа. Образование нейтронных звезд происходит в процессе гравитационного коллапса на конечных стадиях эволюции достаточно массивных звезд (в несколько раз

превышающих массу Солнца). Большинство известных на сегодня нейтронных звезд являются пульсарами (обнаружены в 1967 году).

Комментарий Сергея Попова (кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник ГАИШ МГУ <http://xray.sai.msu.ru/~polar/my.html>)

Ценность этой работы заключается в том, что, действительно, удалось отыскать "недостающее звено". Найдена очень интересная система, изучая которую, можно узнать много нового про миллисекундные пульсары. Конечно, тут нет ничего неожиданного, все в рамках стандартной модели.

Сами миллисекундные пульсары чрезвычайно важны как для теории, так и для практической (т.е. буквально "народнохозяйственной") деятельности. Их можно рассматривать в качестве своеобразного эталона времени, который всегда "перед глазами". Это еще один пример того, как открытия в далеком космосе находят применение в технологических новинках. Уже теперь мы успешно ориентируемся по далеким объектам в пространстве (например, по квазарам), ну а в скором времени мы будем ориентироваться так и во времени.

Кроме того, в результате наблюдений за пульсарами в будущем можно будет подтвердить существование гравитационных волн (см. http://xray.sai.msu.ru/~polar/sci_rev/134.html#astro-ph/0604288)

Осуществлен запуск спутников "Гершель" и "Планк".

14 мая 2009 года произведен запуск спутников Европейского космического агентства (ESA) "Гершель" и "Планк", предназначенных для изучения Вселенной в инфракрасном диапазоне волн и реликтового космического излучения.

После запуска и отделения от носителя аппараты уже независимо друг от друга направляются в район второй точки Лагранжа (L2) системы Земля-Солнце. О миссии "Гершель" мы уже писали, поэтому подробнее остановимся на задачах, стоящих перед спутником "Планк".

"Планк" - первая Европейская миссия по изучению космического микроволнового излучения, реликтового излучения от Большого Взрыва, который произошел около 14 миллиардов лет назад. По мере расширения Вселенной она охлаждалась. В тот промежуток времени под названием "рекомбинация", когда она охлаждается очень быстро, происходило образование электронов и ядер, которые в свою очередь формировали атомы. В это время свет, который был тесно связан с плазмой, стал свободно распространяться в пространстве (Вселенная перешла из непрозрачного состояния в прозрачное). Из-за расширения Вселенной и ее охлаждения, излучение сместилось в микроволновую область спектра.

"Планк" будет измерять вариации температуры реликтового микроволнового фона с чувствительностью, угловым разрешением и диапазоном частот, которые существенно превосходят эти характеристики прежних спутников; это даст ученым возможность по-новому увидеть нашу Вселенную, когда она была очень молодой, в возрасте 300000 лет.

В течение первых двух месяцев после запуска, "Планк" будет выведен на орбиту в точке Лагранжа L2 на расстоянии примерно 1,5 млн. км от Земли. Эта точка находится с противоположной стороны на линии, соединяющей Солнце и Землю, и удалена от Земли на расстояние около полутора миллионов километров, на котором гравитационные силы Солнца и Земли уравниваются. Тело, помещенное в точку L2, находится в состоянии неустойчивого равновесия. Тем не менее, существуют такие "квазипериодические" орбиты, находясь на которых, тело перемещается в ограниченных пределах около точки L2 и обращается вокруг Солнца вместе с Землей. В проекции на небесную сферу такое тело описывает кривую типа фигур Лиссажу. "Планк" будет

совершать маневренные движения, описывая фигуры Лиссажу в конусе ограниченным углом до пятнадцати градусов. Орбиты около точки L2 динамически нестабильны, небольшие отклонения от равновесия приводят к экспоненциально возрастающим отклонениям от заданной траектории. Поэтому оба спутника - "Гершель" и "Планк" - будут периодически использовать свои двигательные системы для осуществления маневров для поддержания постоянства орбиты.

В целом, эта орбита представляет собой идеальное место для космической обсерватории: вдали от Земли и ее магнитного поля, и чувствительные приборы станции направлены в противоположную сторону от Солнца и Земли. Излучаемый или отраженный свет от Земли или Солнца может повредить чувствительные инструменты или нарушить холодную среду, необходимую для их корректного функционирования.

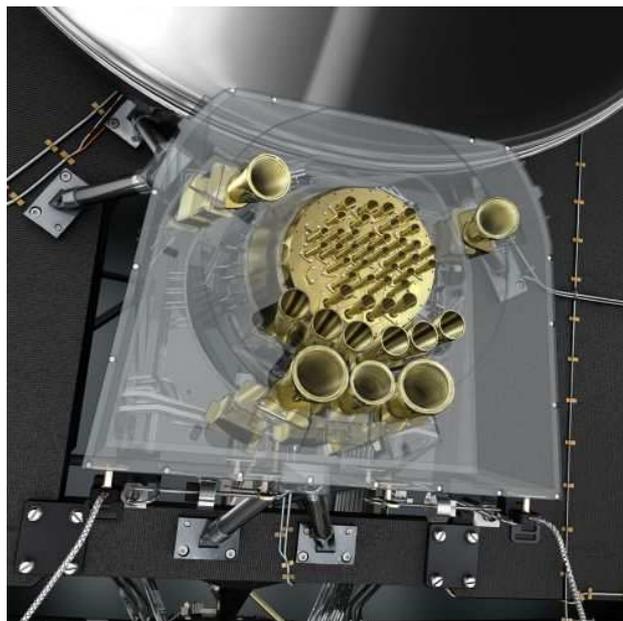


Рисунок 1. Изображение фокальной плоскости двух инструментов на борту космического аппарата ESA "Планк". Низкочастотный инструмент (The Low Frequency Instrument - LFI) создан с целью преобразования низкоэнергичного микроволнового излучения в электрические колебания, аналог транзистора. Высокочастотный инструмент (The High Frequency Instrument - HFI) для конвертации высокоэнергичных волн в тепло, которое затем измеряется точным электрическим термометром. (Изображение: ESA, AOES Medialab).

"Планк" имеет размеры 4.2 м в высоту и диаметр 4.2 м; стартовая масса составит около 1800 кг. Спутник снабжен телескопом с 1,5 метровым первичным зеркалом. Телескоп будет собирать излучение на два высокочувствительных детектора - низкочастотный инструмент (LFI) и высокочастотный инструмент (HFI).

Низкочастотный инструмент (LFI) представляет из себя массив из 22 микроволновых радиоприемников, которые будут функционировать при температуре 20 К (-253 С). Эти радиометры будут работать в трех частотных каналах, в интервале между 30 и 70 ГГц. Используются высокочувствительные микроволновые усилители, которые работают так же, как транзисторные радиоприемники. Транзисторы усиливают сигнал, собранный антенной, а усиленный сигнал затем преобразуется в напряжение. Сигнал на выходе пропорционален температуре объекта.

Высокочастотный инструмент (HFI) - массив из 54 болометрических детекторов, которые преобразуют принятое излучение в тепло. Количество тепла затем измеряется электрическим термометром, сигнал с которого преобразуется в температуру с помощью компьютера. HFI детекторы будут работать в шести частотных каналах в интервале от 100 до 857 ГГц. Они будут работать практически в точке абсолютного нуля, при температуре -

273 С (т.е., только при одна десятой градуса выше абсолютного нуля).

Как и "Гершель", "Планк" будет охлаждаться, фактически, до температуры абсолютного нуля, 0,1 Кельвина.

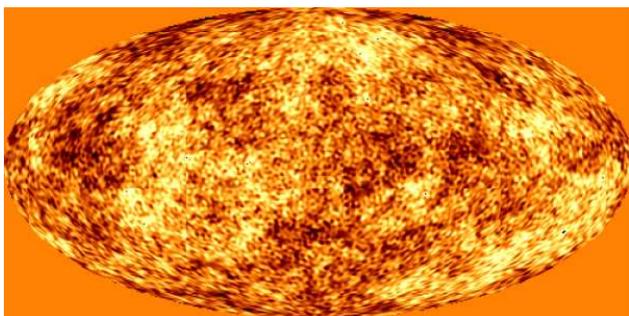


Рисунок 2. Наблюдения телескопом "Планк" планируется проводить 15 месяцев, в течение которых будут получены 2 полных обзора неба. Реликтовое космическое микроволновое излучение приходит со всех сторон почти с одинаковой интенсивностью. Это было подтверждено спутником COBE, который провел измерения температуры реликтового фона по всей небесной сфере. Точность измерений "Планка" составит 5-миллионную долю градуса. Что позволит обнаружить очень слабые флуктуации температуры, вносимые, в частности, галактиками и скоплениями галактик. (Изображение: ESA).

Обсерватория "Планк" - уже третья космическая миссия по изучению микроволнового фона (предыдущие миссии - COBE и WMAP). Он будет измерять крошечные колебания в реликтовом излучении с беспрецедентной точностью, создавая, таким образом, самую точную картину молодой Вселенной в возрасте 380 000 лет. Точность измерений температуры WMAP составляет нескольких микрокельвинов. "Планк" будет проводить измерения с существенно большей точностью, до 5-миллионной доли градуса, т.е. лучше в 15 раз. Имея такую точность, можно будет вычислить такие параметры как кривизна пространства-времени, вклад темной энергии и нормального вещества в распределение массы и энергии. Реликтовое микроволновое излучение было обнаружено случайно в 1965 году. Пензиас и Уилсон, два радиоастронома в США, зарегистрировали сигнал радиотелескопом, который не смог определить какого-либо точного местонахождения источника излучения на небе. Изначально сигнал был принят за статистическую ошибку. Излучение не приходило с какой-то определенной точки на небе, а шло со всей сферы, с одинаковой интенсивностью, днем и ночью, летом и зимой. Ученые пришли к выводу, что сигнал приходит с расстояний вне нашей Галактики а именно, он пришел с момента образования Вселенной. Ученые посчитали свое открытие твердым доказательством теории Большого Взрыва. Сегодня модель Большого Взрыва остается единственной моделью, которая способна убедительно объяснить существование реликтового излучения.

Несмотря на то, что микроволновый фон представлялся изначально однородным, тщательный анализ излучения показал, что его интенсивность варьируется в пределах 0.0005% в зависимости от направления. Эти крошечные колебания вызваны незначительной разницей в плотности смеси водорода и гелия, которая была в тот момент, когда произошло разделение вещества и излучения.

В результате работы аппарата "Планк" предполагается получить самую точную карту микроволнового излучения. Исследования "Планка" также дадут ученым новое понимание фундаментальных законов природы, в частности, силы гравитации, и то, как она связана с другими силами во Вселенной. "Планк" сможет ответить на фундаментальные вопросы: как образовалась Вселенная, и как она будет изменяться в будущем, построение возможных сценариев ее эволюции.

Спутник получил свое название в честь немецкого Нобелевского лауреата Макса Планка (1858-1947).

Н.Т. Ашумбаева, ГАИШ, Москва <http://www.astronet.ru>

Астронавты поменяли камеру на телескопе "Хаббл"



Космический телескоп "Хаббл", с которым в среду успешно состыковался шаттл Atlantis. Фото NASA с сайта www.science-explorer.de

Более семи часов понадобилось астронавтам NASA Джону Грансфелду (John Grunsfeld) и Эндрю Фейстелу (Andrew Feustel), чтобы в открытом космосе поменять камеру, смонтированную на телескопе "Хаббл" (Hubble). Об этом сообщает РИА "Новости" со ссылкой на сайт американского аэрокосмического агентства.

По данным NASA, инженеры Джон Грансфелд и Эндрю Фейстел утром в четверг начали первый с начала экспедиции выход в открытый космос, где в течение семи часов и 20 минут заменили установленную на телескопе широкоугольную камеру. Новая камера, установка которой являлась одной из приоритетных задач NASA, позволит получать фотоснимки с "Хаббла" в более высоком разрешении, качестве, а также в более широком цветовом спектре. Инженеры NASA также заменили головной компьютер, отвечавший за обработку и форматирование информации, получаемой телескопом, и вышедший из строя в сентябре прошлого года.

Как уточняет сайт журнала "Вокруг света", для того, чтобы отсоединить старую камеру, Эндрю Фейстелу понадобилось более часа: одно из креплений не раскручивалось. "Неудивительно, ведь этот шуруп пробыл в космосе целых 16 лет", - поясняет астронавт.

Следующим заданием для астронавтов во время второго выхода в открытый космос станет замена модулей телескопа, отвечающих за обработку информации.

Шаттл с семью астронавтами на борту 11 мая стартовал с космодрома на мысе Канаверал. Целью 11-дневной миссии является ремонт "Хаббла", что позволит продлить срок эксплуатации телескопа как минимум до 2014 года. Космонавты совершат пять выходов в открытый космос. Без ремонта "Хаббл" пришел бы в негодность уже в 2009-2010 годах.

Космический телескоп "Хаббл", выведенный на орбиту в 1990 году, является международным проектом NASA и Европейского космического агентства. Телескоп совершает полный виток вокруг Земли за 97 минут, двигаясь со скоростью порядка 8 километров в секунду. За год "Хаббл" пролетает 241 миллион километров. По размерам телескоп чуть меньше обычного автобуса.

После 2014 года космический телескоп "Хаббл" могут сжечь в плотных слоях атмосферы. В будущем ему на смену запустят новый телескоп "Джеймс Вебб" (James Webb Space Telescope - JWST), который будет значительно больше "Хаббла" и разместится на расстоянии 1,5 миллиона километров от Земли, в одной из точек Лагранжа ("Хаббл" находится на расстоянии 565 километров от Земли, и к нему могут добираться обслуживающие его шаттлы).

Российский астрофизик стал членом Британского королевского общества



Рашид Алиевич Сюняев. Фото с сайта <http://www.astronet.ru>

Британское королевское общество объявило об избрании восьми новых иностранных членов, среди которых российский астрофизик, академик Российской академии наук Рашид Сюняев, главный научный сотрудник Института космических исследований РАН (ИКИ) и директор немецкого Института астрофизики Общества Макса Планка. Об этом пишет РИА "Новости" со ссылкой на сообщение ИКИ.

"Королевское общество Великобритании основано в 1660 году и является одной из старейших и наиболее престижных академий наук мира. В настоящее время в его состав входят 132 иностранных члена - выдающиеся ученые из различных стран мира, в том числе 48 нобелевских лауреатов", - отмечается в сообщении.

Среди членов этого общества - Исаак Ньютон, Чарльз Дарвин и Альберт Эйнштейн, наши соотечественники нобелевские лауреаты Иван Павлов, Петр Капица, Николай Семенов, Лев Ландау, Алексей Абрикосов, Виталий Гинзбург, великий химик Дмитрий Менделеев, знаменитые математики Андрей Колмогоров и Владимир Арнольд, физики Евгений Лифшиц, Исаак Халатников и Яков Зельдович - учитель Рашида Сюняева.

В официальном сообщении Королевского общества говорится: "Рашид Сюняев - выдающийся российский астрофизик нашего времени. Вместе с Яковом Зельдовичем он первым осознал, что вся структура космоса должна проявляться в космическом реликтовом излучении. Их предсказания были проверены спутником COBE через 20 лет после того, как были сделаны. Сюняев и Зельдович также предсказали, что "тени" от горячего газа в скоплениях галактик должны быть видны в реликтовом излучении. На проверку этого предсказания также ушло более десяти лет. Со своим коллегой Николаем Шакурой Сюняев нашел уравнения, которые определяют, как вещество аккрецирует на черные дыры, и таким образом открыл дорогу для наблюдательного исследования черных дыр".

Рашид Сюняев - лауреат премии Краффорда (Crafoord Prize, 2008), премии Бруно Росси Американского астрономического общества за 1959 год, золотой медали Королевского астрономического общества за 1995 год, золотой медали сэра Месси Королевского общества и COSPAR за 1995 год, золотой медали Катерин Брюс Тихоокеанского астрономического общества за 2000 год,

премии Хайнемана Американского института физики и Американского астрономического общества за 2003 год, премии Грубера по космологии и золотой медали Международного астрономического союза (2003 год). В 2000 году Сюняев получил Государственную премию России за результаты наблюдений черных дыр и нейтронных звезд орбитальной обсерваторией "Гранат", а в 2002 году - премию РАН имени Александра Фридмана по гравитации и космологии.

Одновременно иностранными членами Королевского общества были избраны выдающийся математик академик Яков Синай и нобелевские лауреаты Роберт Хорвиц (Robert Horvitz), Роджер Корнберг (Roger Kornberg) и Джозеф Стиглиц (Joseph Eugene Stiglitz).

Японцы собираются на Марс



Японское космическое агентство (JAXA) совместно с Токийским университетом готовит проект отправки на Марс беспилотной исследовательской экспедиции в 2018 году, сообщает РИА "Новости" со ссылкой на японские СМИ.

Проект будет называться "МИЛОС" (MELOS), к нему уже подключилось более сотни ученых. По их расчетам, в 2013 году проект получит статус официального. MELOS включает в себя отправку на орбиту Марса двух спутников, которые, находясь на разной высоте, будут собирать данные о составе атмосферы и ее течениях. При этом самоходный спускаемый аппарат совершит посадку на саму планету, он будет оснащен лазерами и сейсмографами. Лазеры должны будут облучать поверхность Марса, после чего будет проведен анализ испарившихся веществ. Самоходное автоматическое устройство возьмет пробы грунта, анализ которых может привести к обнаружению следов жизни на планете.

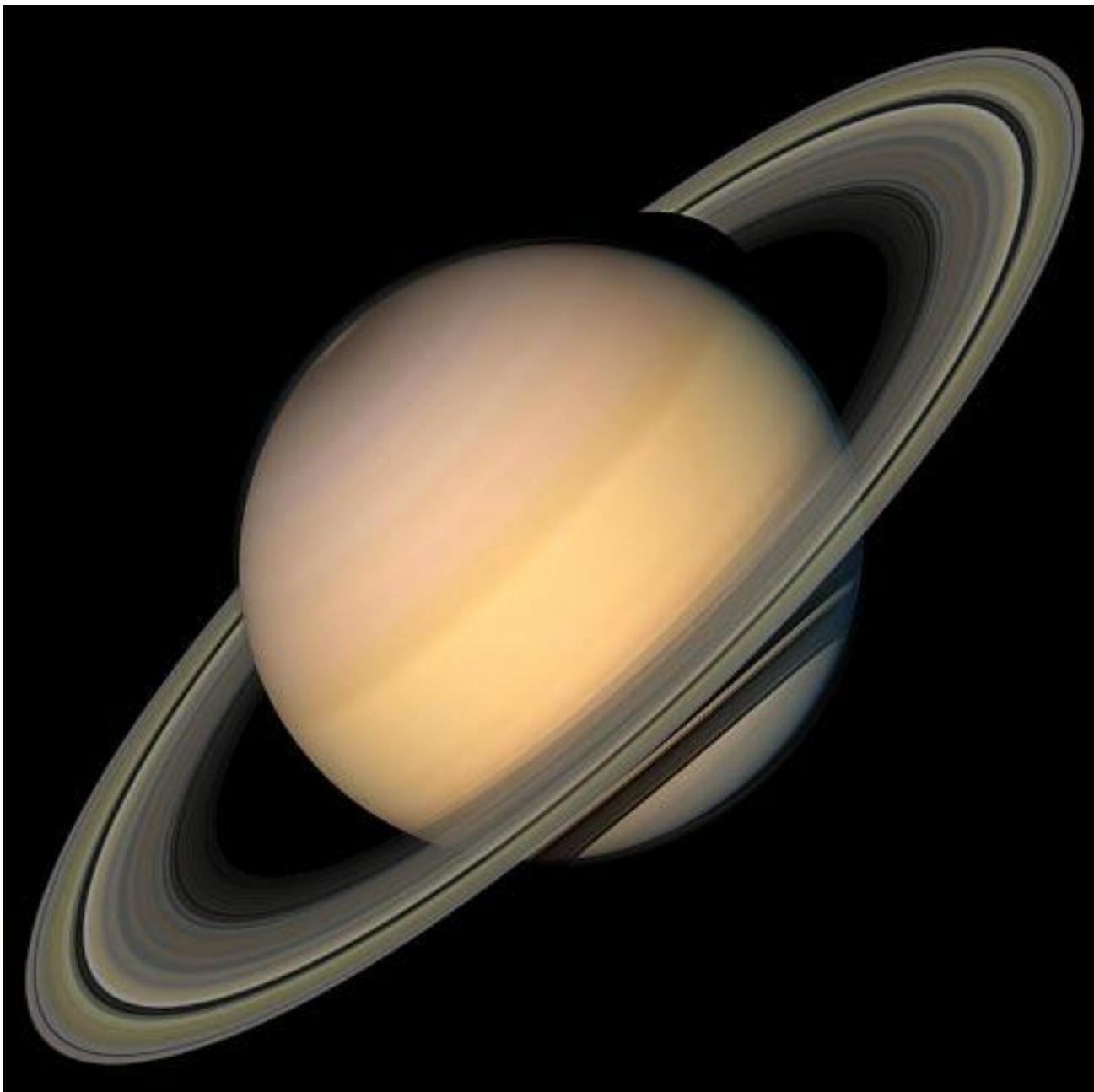
Главной целью экспедиции станет выяснение причин, по которым атмосфера современного Марса состоит в основном из двуокси углерода. Неясно также и то, почему спустя несколько сот миллионов лет после рождения планеты на ней начало катастрофически снижаться атмосферное давление (сейчас оно составляет не более 1% от земного).

В исследованиях Марса последние несколько лет принимают участие самые разные страны. В 2005 году к Красной планете был отправлен европейский исследовательский зонд "Марс-Экспресс", в прошлом году запустили американский аппарат "Феникс". В ближайшее время Россия готовится запустить свой аппарат "Фобос". А вот отправленная Японией к Марсу орбитальная станция "Нодзоми" так и не смогла принять участия в этих исследованиях.

Теперь есть надежда, что Япония сможет наверстать упущенное, причем изучение марсианской атмосферы и грунта окажутся полезными и для земных климатических и геологических исследований.

Подборка новостей осуществлена по материалам с сайтов <http://grani.ru> (с любезного разрешения <http://grani.ru> и автора новостей **Максима Борисова**) и <http://astronet.ru>

САТУРН – окольцованная планета Солнечной системы



Вид планеты Сатурн. Фото NASA. Изображение с сайта <http://www.great-galaxy.ru>

Вводная часть

Несомненно, каждый человек знает о планете Сатурн. Это одна из самых интересных планет в нашей солнечной системе, которую никак нельзя спутать ни с одной другой, потому что у нее есть кольца. Сатурн известен уже с древних времен, потому что его яркость входит в те пределы, которые доступны невооруженному глазу. Максимальная видимая звездная величина Сатурна 0^m . Эта планета – один из самых ярких объектов на нашем звездном небе, кроме Венеры и Юпитера из планет. Ее тусклый белый свет создал планете недобрую славу: рождение под знаком Сатурна издревле считалось плохим

предзнаменованием. В темную безлунную ночь хорошо виден желтоватый цвет этой планеты.

В 1610 году Галилео Галилей впервые увидел в телескоп кольца Сатурна, но не понял, что это такое, поэтому записал, что Сатурн состоит из частей. Полвека спустя Христиан Гюйгенс сообщил о наличии у Сатурна именно кольца, в 1675 году Кассини увидел между кольцами щель. Говоря о планете Сатурн, прежде всего обращают внимание на то, что его средняя плотность в восемь раз меньше земной и в два с лишним раза меньше, чем у Солнца. У Сатурна 61 спутник (последний открыт в феврале 2009 года) и кольцо, точнее целая система колец. Радиус внешнего кольца превышает 900000 км, толщина же не больше 4 км. Моделью кольца Сатурна может быть диск диаметром около 250 м и толщиной всего 1 мм! Почему эта система частиц существует до сих пор в таком виде, еще не до конца решенный астрономами вопрос.

Окольцованная планета

Среди планет-гигантов Сатурн выделяется своей замечательной системой колец. Подобно Юпитеру, он представляет собой огромный быстро вращающийся шар состоящий преимущественно из жидкого водорода и гелия. Обращаясь вокруг Солнца на расстоянии в 10 раз дальше Земли, Сатурн совершает полный оборот по почти круговой орбите за 29,5 лет. Угол наклона орбиты к плоскости эклиптики составляет всего 2° , в то время как экваториальная плоскость Сатурна наклонена на 27° к плоскости его орбиты, поэтому планете присуща смена времен года.

Сатурн превосходит Землю по объему в 800 раз, а по массе в 95 раз. Нетрудно вычислить, что его средняя плотность ($0,7 \text{ г/см}^3$) меньше плотности воды - уникально низкая для планет Солнечной системы.



Сатурн мог бы плавать в воде. Изображение с сайта <http://www.college.ru/astronomy>

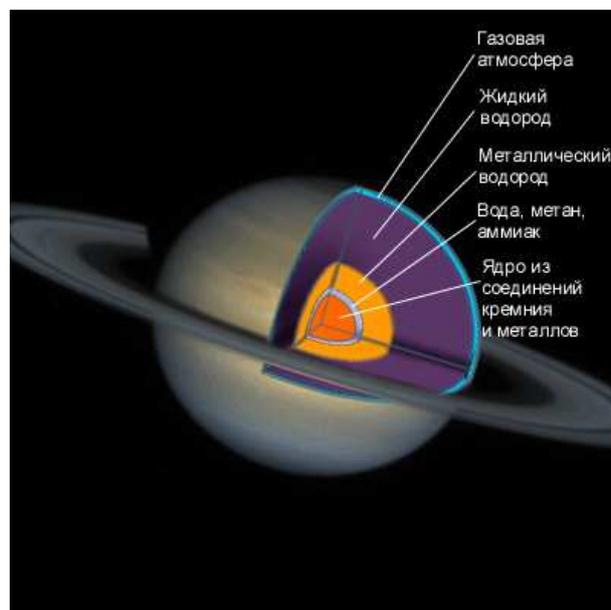
Экваториальный радиус Сатурна по верхней границе облачного слоя 60 270 км, а полярный радиус на несколько тысяч километров меньше. Период вращения Сатурна составляет 10ч 40 мин. В атмосфере Сатурна содержится 89% водорода и 11% гелия (по объему).

Галилей, наблюдая Сатурн в свой несовершенный телескоп, не мог понять, почему по бокам планеты видны «выступы». Лишь через пятьдесят лет Христиану Гюйгенсу, создавшему более совершенный телескоп, удалось разглядеть, что Сатурн окружен ярким, тонким и плоским кольцом, нигде не соприкасающимся с планетой. Еще через четверть века Дж. Кассини обнаружил темную полосу, разделяющую кольцо на внешнюю и внутреннюю части. Внешнюю часть назвали кольцом А, внутреннюю - кольцом В, а разделяющую их темную полосу - делением Кассини. Позже наземными наблюдениями были выявлены кольца С, О и Е.

В окрестности Сатурна побывало несколько зондов. «Пионер-11» в 1979 г. обнаружил тонкое внешнее кольцо Р за пределами кольца А, измерил температуру атмосферы планеты и ее крупнейшего спутника Титана, а также выявил границы магнитосферы Сатурна. «Вояджер-1» в 1980 г. впервые передал на Землю четкие снимки колец Сатурна, на которых видно, что кольца в действительности состоят из тысяч отдельных узких колечек. «Вояджер-1» обнаружил 6 новых спутников Сатурна. Еще ближе к планете подошел «Вояджер-2» (1981 г.), передавший подробные снимки Сатурна, его колец и спутников. Первым искусственным спутником Сатурна стал зонд «Кассини», прибывший туда в 2004 г. и до сих пор проводящий наблюдения планеты и ее спутников.

В отличие от Юпитера, у Сатурна полосы на облачном слое доходят до очень высоких широт - 78° . Гигантское овальное образование размером с Землю, расположенное недалеко от северного полюса, названо Большим коричневым пятном. Несколько коричневых пятен меньшего размера также видны на снимках. Из-за большей, чем на Юпитере, скорости потоков эти ураганные вихри быстро затухают и перемешиваются с полосами. Скорости зональных ветров в районе экватора достигают 400-500 м/с, а на широте 30° - около 100 м/с

Поток солнечной энергии, приходящийся на единицу поверхности Сатурна, в 91 раз меньше, чем у Земли, поэтому температура на границе облаков составляет -120°C . Однако тепловой поток от Сатурна в два раза превышает поток энергии, получаемой им от Солнца. Источником этого внутреннего тепла может быть, как и у Юпитера, гравитационная дифференциация (разделение) вещества, в результате которой более тяжелый газ (гелий) медленно погружается в недра планеты. Из-за низких температур в надоблачной атмосфере Сатурна, где пары аммиака вымораживаются, образуется плотный слой тумана, скрывающего структуру поясов и зон, поэтому у Сатурна они видны не так четко, как у Юпитера.



Внутреннее строение Сатурна. Изображение с сайта <http://www.college.ru/astronomy>

Магнитное поле Сатурна уникально: ось магнитного диполя совпадает с осью вращения планеты - в отличие от Земли, Меркурия и Юпитера, - поэтому магнитосфера Сатурна имеет симметричную форму. Радиационные пояса планеты также обладают правильной формой, причем в них наблюдаются пустые полости, где заряженные частицы поглощаются при взаимодействии со спутниками и кольцами. Вблизи колец концентрация заряженных частиц очень мала.

За спутниками Сатурна тянутся хвосты из нейтральных и ионизованных молекул и атомов газа, образующие гигантские торы на орбитах. Один из таких торов связан с атмосферой Титана - крупнейшего спутника Сатурна и второго по размеру и массе среди спутников планет (на первом месте спутник Юпитера Ганимед, и оба они крупнее Меркурия!). Поверхность Титана, диаметр которого 5 150 км, неразличима сквозь плотную атмосферу, имеющую давление у поверхности 1,5 бар и состоящую на 98,4% из азота и на 1,6% из метана. В ней обнаружено также небольшое количество этана, пропана, ацетилена, аргона, окиси и двуокиси углерода, гелия и других газов. Температура верхних слоев атмосферы Титана близка к -120°C , а температура поверхности -179°C . Туман в атмосфере рассеивает и отражает солнечные лучи, создавая «антипарниковый эффект», снижающий температуру поверхности. Днем поверхность освещена не ярче, чем в сумерки на Земле. Поверхность Титана состоит из льда с примесью силикатных пород. Средняя плотность спутника $1,9 \text{ г/см}^3$. Магнитного поля у Титана нет. Сила тяжести там в 7 раз меньше земной, так что, если учесть высокую плотность воздуха, человек на Титане, вероятно, смог бы летать, укрепив на руках крылья.

Если не считать Луну, то Титан - единственный спутник, на котором побывал космический зонд. Это произошло 14 января 2005 г., когда отделившийся от аппарата «Кассини» зонд «Гюйгенс» вошел в атмосферу Титана и на парашюте спустился на его поверхность.

Пояса, зоны и вихри

Хотя Сатурн и удален от Земли в среднем в 9,54 раз дальше, чем Солнце, даже при наземных наблюдениях он представляет собой один из самых красивых небесных объектов. Подобно Юпитеру, Сатурн также имеет развитую систему поясов и зон. Однако они никогда не бывают видны так ясно, как полосы на Юпитере. Если добавить к этому вдвое большую удаленность Сатурна, трудности визуального и фотографического исследования планеты становятся очевидными. И все же астрономам иногда удавалось проследить движение каких-то мало контрастных пятен, что и позволило найти зональные периоды вращения этой красивой планеты. Но с борта космического аппарата Сатурн выглядит намного интереснее. Два аппарата «Вояджер» пошли мимо Сатурна с интервалом в девять месяцев, что позволило проследить за изменчивостью деталей на диске планеты.

Поверхность облачного слоя, которая плохо различалась в 1980 г., в следующем году стала видна довольно ясно. Определяющую роль в этом могла сыграть смена сезонов на Сатурне, где началась весна в северном полушарии. Поскольку наклон экватора к плоскости орбиты Сатурна составляет 29°, смена времен года там должна приводить к большим изменениям инсоляции (приток солнечной радиации), чем на Земле. Уже на расстоянии шести недель пути на снимках «Вояджера-2» можно было различить циклонические образования в различных районах планеты. Одно из них, напоминало цифру 6. По последовательным телевизионным снимкам удалось подробно проследить их развитие и даже предсказать их положение на момент сближения аппарата с Сатурном.

По аналогии с Большим Красным Пятном Юпитера одно из вновь найденных гигантских овальных образований названо Большим Коричневым Пятном. Метеорология Сатурна и Юпитера сходна. Но есть и различия. В отличие от антициклонических деталей Юпитера, не поднимающихся выше широт 60°, пояса и зоны Сатурна доходят до очень высоких широт. Большое Коричневое Пятно лежит всего в 16° от северного полюса. В отличие от Юпитера, потоки, движение которых заметно на фоне облачного слоя и чаще всего направлено к востоку, наблюдаются на очень высоких широтах, вплоть до 78°. Скорость потока может достигать 580 м/с. На диске Сатурна космический аппарат запечатлел ураганы, одни из них по диаметру немного меньше половины земного шара. Скорость на периферии этого пятна 30 м/с. Из-за значительно большей, чем на Юпитере, скорости потоков, ураганы быстро затухают, вращаясь в потоки и обмениваясь с ними энергией.

Как и на Юпитере, образование вихрей определяется источниками энергии, упрятыми глубоко в атмосфере. Подробные снимки районов умеренных широт показывают большое число местных ураганов с диаметром вихрей 1000 км и более. Скорость зональных ветров на Сатурне очень велика. В районе экватора она достигает 400—500 м/с, что в 4 раза выше, чем на Юпитере. Однако на широтах 30° и выше скорости гораздо меньше, имеют периодический широтный характер и значение не более 100 м/с. По-видимому, время жизни крупных вихрей в атмосфере Сатурна невелико по сравнению с Юпитером, так как сильные ветры разрушают вихри. В отличие от Юпитера температуры и скорости ветров слабо коррелированы с положением поясов и зон Сатурна. Интересно отметить, что по данным «Вояджера» широтное распределение ветров в южном полушарии зеркально повторяет такое же распределение в северном полушарии. Протяженный облачный слой и быстро нарастающая в глубину атмосферы ее плотность значительно ослабляют солнечный свет. На глубине 350 км под поверхностью облаков может быть темно. Реальная освещенность зависит от того, насколько консервативно рассеяние света в атмосфере Сатурна.

Когда космический аппарат будущего начнет спуск в атмосферу Сатурна, он зафиксирует быстрый рост температуры и давления с глубиной. Поскольку предполагается, что структура и состав облачного слоя Сатурна и Юпитера сходны, нижняя граница облаков находится в пределах одной и той же температуры — около

150 К. Но из-за вчетверо меньшего количества тепла, получаемого на единицу площади, верхняя граница облачного слоя Сатурна не совпадает с ее положением у Юпитера. Спектральные полосы аммиака у Сатурна выражены слабо. Это связано с низкими температурами в надоблачной атмосфере, где пары аммиака вымораживаются. Образующийся здесь довольно плотный слой тумана скрывает структуру поясов и зон, которая так хорошо видна на Юпитере.

Измеренная яркостная температура внешнего слоя облаков на Сатурне составила всего 80—90 К, а эффективная температура планеты 95 К. Поток солнечной энергии, достигающий Сатурна, в 91 раз меньше, чем на Земле. Солнце на небе Сатурна выглядит совсем маленьким диском. С учетом альбедо, несмотря на огромные размеры, планета получает в 2,7 раз меньше энергии, чем наша маленькая Земля. Вместе с излучением надоблачной атмосферы тепловой поток от Сатурна по разным оценкам в 1,9—2,2 раза превышает поток энергии, получаемой от Солнца. Отчасти это реликтовое тепло, но его недостаточно. В качестве дополнительного источника энергии называют гравитационную дифференциацию. Согласно одной из гипотез, более тяжелый гелий медленно погружается к центру планеты, что вызывает выделение энергии, в конечном счете излучаемой в космос. Не исключено, что эта гипотеза находит подтверждение. В атмосфере Сатурна содержится 94 % водорода (по объему), а гелий составляет почти все остальные 6 %. Напомним, что в атмосфере Юпитера гелия около 11 %. Так как состав обеих планет одинаков, такое различие может быть указанием на значительную долю «утонувшего» гелия на Сатурне.

Магнитосфера Сатурна и радиисточник у 80° с.ш.

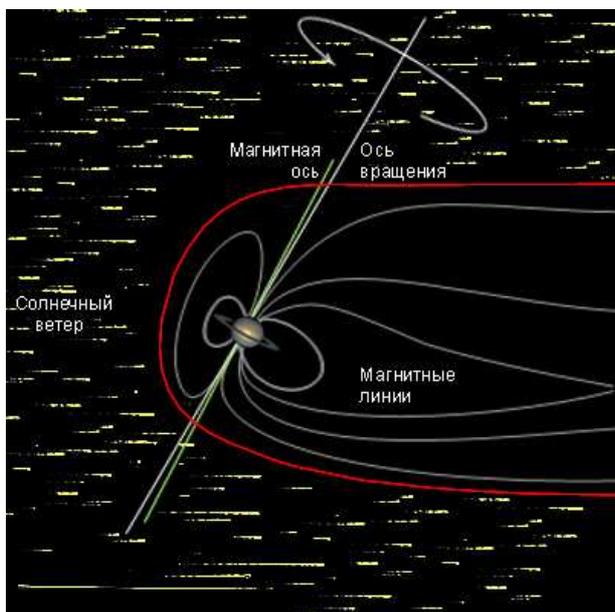
Одна из загадочных находок «Вояджера-2», относящихся к самой планете, — таинственный источник радиоизлучения, наблюдавшийся еще в 1980 г. Все началось с того, что в одном из экспериментов было обнаружено изменяющееся радиоизлучение, исходящее откуда-то из области высоких широт. Сигнал принимался в широкой полосе частот, причем максимальная мощность приходилась на 175 кГц. Так как приемное устройство имело всенаправленную антенну, указать точное направление на источник не удавалось. И все-таки была намечена длинная полоса, около 25-30 км, в пределах которой должен находиться источник. Вторую такую же полосу дали измерения «Вояджера-2». Пересечение полос указало на положение источника: у 80-й северной параллели. Дальнейшие исследования еще больше усложнили дело. Оказалось, что источник излучает сравнительно короткий весьма мощный импульс с периодом повторения, очень близким к 10 ч 39,4 мин, т.е. 1 раз в сатурнианские сутки. Но и этим дело не исчерпывается: излучение возникает именно в тот момент, когда источник проходит через полуденный меридиан. Служба времени, да и только! Проверьте ваши часы: 12 ч по сатурнианскому времени. Не следует, конечно, понимать это так наивно. Подобно радиисточнику на орбите Ио излучение таинственного источника на Сатурне тоже регистрируется с достаточно высокой, но не 100%-ной вероятностью, хотя и более высокой, чем у Ио. По характеру излучения удалось найти, что источник достаточно мал по размерам.

Скажем сразу, что разгадки пока нет. Теория могла бы подсказать ответ, если бы магнитное поле Сатурна имело сложный характер. Но поле почти дипольное, гармоники высшего порядка (в отличие от Юпитера) невелики. Период вращения этого района также составляет 10 ч 39,4 мин. Поверхности в земном смысле у Сатурна нет. С чем же связан этот источник? Отмечается странное совпадение: именно в этой точке с помощью ультрафиолетового спектрометра «Вояджера-1» наблюдалось полярное сияние, имевшее вид кольца.

В эксперименте зарегистрированы и другие источники радиошумов внутри магнитосферы Сатурна, но они связаны не с самой планетой, а с плазменными торами на орбитах спутников. За лунами Сатурна тянутся хвосты из

нейтральных и ионизованных молекул и атомов газа. «Хвосты» образуют гигантские торы. Вероятно, один из источников такого тора — верхняя атмосфера Титана. Этот тор занимает пространство между орбитами Титана и Реи, т.е. более полумиллиона километров. Он состоит в основном из нейтрального водорода. Плазменный тор охватывает спутники Энцелад, Тефия и Диона. Магнитосфера взаимодействует с заряженными частицами и заставляет тор вращаться вместе с нею. Центробежные силы стягивают нейтральный газ и плазму в диск, расположенный в плоскости колец, причем более тяжелые ионы уходят на периферию. И хотя в целом явление легко понять, количество тяжелых ионов, зарегистрированных в эксперименте, намного превысило ожидаемое.

Магнитосфера Сатурна значительно отличается от магнитосферы Юпитера. Напряженность магнитного поля планеты Сатурн меньше даже, чем у Земли. Магнитное поле Сатурна имеет уникальный характер. Это как раз тот случай в практике научных исследований, когда из-за новых экспериментальных результатов почти законченная теоретическая постройка дает трещину.

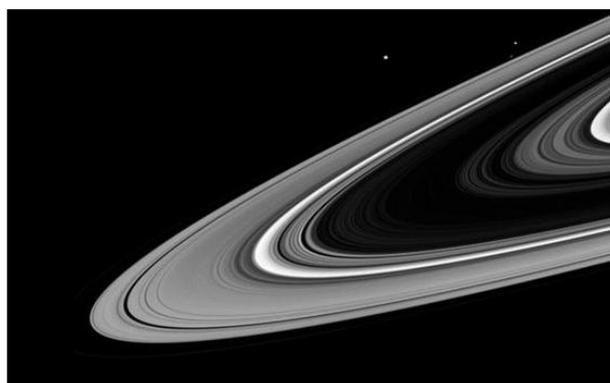


Магнитосфера Сатурна. Изображение с сайта <http://www.college.ru/astronomy>

Механизм возбуждения магнитного поля планет, «планетарное магнитное динамо», долго не поддавался теоретическим объяснениям. Наконец, удалось найти некоторые аналитические решения, которые доказали свою работоспособность на примерах Земли, Меркурия и Юпитера. Для возбуждения поля необходимым условием был угол (скажем, $10-12^\circ$) между осью вращения планеты и осью магнитного диполя. Именно таков угол между этими осями у перечисленных планет. А вот у Сатурна ось вращения до долей градуса совпадает с осью диполя. Сразу же возникло много проблем (которые слишком специальные, чтобы их здесь рассматривать) и необходимость пересмотра теоретических представлений. Высказано предположение, что в случае Сатурна поле создается весьма глубокими его частями по сравнению с Юпитером. Направление поля у обеих планет одинаково и противоположно направлению поля Земли. Магнитосфера Сатурна имеет более правильный и симметричный вид, чем весьма протяженная и сложная по форме магнитосфера Юпитера (хотя «Вояджер-2», который 5 суток шел в радиационных поясах, показал, что не все так просто). Ударная волна, где газодинамическое давление солнечного ветра уравнивается упругостью магнитосферы, с дневной стороны находится примерно на расстоянии 35R (радиусов планеты). С ночной стороны магнитосфера простирается на огромные расстояния. Радиационные пояса имеют правильную форму и состоят из нескольких характерных зон, образующих типичную тороидальную конфигурацию с внешним радиусом 20R. В радиационных

поясах имеются пустые полости, где для заряженных частиц спутники Сатурна играют роль своеобразной «метлы». Наиболее эффективным «пылесосом» оказались кольца, так как энергичные частицы, которые путешествуют взад-вперед вдоль магнитных силовых линий, легко захватываются огромной площадью материала колец. Вблизи них концентрация частиц оказалась ничтожной. На сегодня здесь самое «пустое» место в отношении заряженных частиц в Солнечной системе, хотя кольца, вероятно, понемногу сами выделяют нейтральный водород. Приборы зарегистрировали его ультрафиолетовое свечение. В результате Сатурн создает в радиодиапазоне куда меньше шумов, чем можно было ожидать исходя из сходства с Юпитером. Взаимодействие плазменных торов с магнитосферой и со спутниками создает радиоизлучение, которое принималось на аппаратах. Такие всплески с максимумами на частоте в несколько килогерц принимались со орбит Дионы и Мимаса. Но особенно мощные импульсы возникают в неизвестном механизме, который связывали с кольцами.

Кольца



Первые четкие изображения колец, полученные аппаратом «Вояджер-1». Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

Кольца Сатурна наглядно демонстрируют резонансы в движении бесчисленных частиц, которые и образуют кольца планет. Под действием резонансов от спутников планеты возникают сгущения, разрежения и щели («деления») в кольцах, формируются их внешние и внутренние границы и даже происходит сортировка материала, образующего то или иное кольцо. Задолго до начала космической эры ученые поняли, что непреходящая деталь — деление Кассини в кольце Сатурна — образована гравитационным влиянием спутника Мимас. Кстати, деление носит имя астронома XVII в., который одним из первых отметил его существование. Орбитальный период частиц кольца на этом расстоянии от центра Сатурна составляет точно половину периода обращения спутника. Под влиянием Мимаса в движении частиц по круговым орбитам возникают возмущения, которые в конечном счете выражаются в образовании щели между кольцами А и В. Возмущения запрещают частицам перемещаться из одного кольца в другое, образуя так называемый резонансный барьер. Но не только деление Кассини определяется такими резонансами. И как мы увидим ниже, не только резонансы определяют движение частиц кольца. Снимки колец, сделанные «Вояджером-1» в 1980 г., поставили столько вопросов, что было ясно: ответить на все «как» и «почему» «Вояджер-2» не успеет. Поэтому решено было сосредоточить усилия на «главных» загадках, связанных с кольцами С, В, А, Р, с делением Кассини, динамикой кольца В.

Кольца расположены в таком порядке от планеты: D, C, B, A, F, G, E. В наблюдениях 1980 г. новые кольца D и G лишь однажды мелькнули в одном из ракурсов. Теперь их существование было подтверждено. Невидимое оптическими приборами самое внешнее кольцо E регистрировалось устройствами, реагирующими на поля и заряженные частицы. Кольцо D очень неплотное и доходит, по-видимому, до верхних слоев атмосферы, как у Юпитера.

Нельзя сказать точно, сколько колец у Сатурна. В 1980 г. их насчитали несколько сотен. А измерения «Вояджера-2» говорят о тысячах колец. Тем не менее, выяснилось, что в качестве постоянных деталей следует все-таки рассматривать более или менее крупные образования. Причин две. Во-первых, есть основания считать, что очертания многих колец, даже больших, непостоянны. Во-вторых, кольца состоят из достаточно больших глыб и обломков, что не всегда позволяет точно указать, где кончается одно кольцо и начинается другое.

Деление Кассини, которое считали местом, свободным от материала колец, на самом деле заполнено веществом с другой степенью измельченности и меньшей концентрацией. Это установлено путем наблюдения колец с теневой стороны. Против света наиболее плотные части кольца благодаря многократным Сражениям и заметному поглощению выглядят темными. Деление Кассини. При ширине деления 4500 км нем видно не менее пяти широких колец, расположенных вплотную друг к другу. В свое время обсуждалась идея направить «Пионер-Сатурн» сквозь деление Кассини, от которой в последний момент отказались.

Осторожность руководителей полета оказалась очень уместной: аппарат бы неминуемо погиб, хотя эти кольца наименее плотные (а потому и светлые). Но не только представления о делении Кассини радикально изменились после сближения аппаратов с планетой. Во время сближения «Вояджера-2» с Сатурном был проведен интересный эксперимент. Поляриметр с очень высоким разрешением (до 150 м на кольцах) был направлен на яркую звезду Дельта Скорпиона и в фотометрическом режиме благодаря движению аппарата пересек кольца. В результате, получился фотометрический разрез части кольца А вблизи деления Энке. Легко отождествить сравнительно крупные части кольца; но при высоком разрешении уже становится трудно указать, где проходит граница отдельных узких «колечек».

Вполне вероятно, что многие минимумы кривой определяются отдельными глыбами и обломками. Общая картина получается настолько сложной, что один из опубликованных обзоров был назван примерно так: «Безумный мир колец». В этом же эксперименте были определены наиболее типичные размеры элементов колец. Они составили 10 м для кольца А, 8 м — в делении Кассини, 2 м — в кольце С. Разумеется, в каждом из них есть элементы и других размеров, от пыли до крупных блоков. Природа материала колец та же, что и у спутников Сатурна, — слегка загрязненный водяной лед, а в некоторых частях колец снег.

Очень резкими оказались внешние края колец А и В. Здесь резонансы проявляются весьма остро. Удалось оценить толщину края кольца А: она не превышает 150 м. Даже если предположить, что в какой-то части толщина достигает 0,5 км, моделью колец будет диск толщиной в 0,5 мм и диаметром 270 м (круг из плотной бумаги диаметром в четверть километра!)

Стабильность колец и само их существование предполагает какой-то механизм, который удерживает их на месте. Если бы его не было, они давно рассеялись бы в пространстве или выпали на планету. На первый взгляд это кажется парадоксальным, так как каждый элемент кольца движется по своей орбите. Но парадокса нет: при достаточной плотности вещества в кольцах их элементы должны постоянно сталкиваться между собой, благодаря чему одни частицы приобретут скорость, достаточную для убегания, другие замедлятся и станут переходить на более низкие орбиты, что приведет к новым столкновениям и измельчению мягкого вещества элементов (льда). В результате жизнь колец должна быть очень короткой (в космогонических масштабах). Но против недавнего возникновения колец говорят многие факты, в том числе присутствие колец у других планет — Юпитера, Урана, Нептуна. Правильнее исходить из того, что кольца Сатурна благополучно существуют уже очень давно. Стало быть, что-то действительно удерживает их на своих местах.

Очертания колец меняются. Вероятно, этого можно было ожидать. Но то, что преподнесло кольцо Р, вызвало у специалистов некоторый шок. Кольцо Р было замечено еще на первых изображениях «Пионер—Сатурна». Эта тонкая светлая полоска шириной от 50 до нескольких сотен

километров находится на расстоянии 4000 км от края кольца А (или в 140 180 км от центра планеты). В первых сообщениях указывалось, что по неизвестным причинам линия кольца выглядит прерывистой. Загадка прояснилась, когда были получены снимки «Вояджера-1»: кольцо оказалось свитым из двух тонких «шнуров» с шагом около 7000 км. Рядом с ними проходит узкая полоса, различить подробности которой в 1980 г. не удалось. Среди различных объяснений природы кольца Р было и такое: структура его определяется гравитационным воздействием небольших спутников, орбиты которых проходят вдоль кольца.

Пока теоретики разрабатывали аналитическую базу этой гипотезы, к Сатурну подошел «Вояджер-2» и передал свои снимки. К всеобщему изумлению, теперь кольцо Р было ровным, как инверсионный след за самолетом в хорошую погоду. Лишь один раз знакомые скрученные шнуры снова промелькнули на экране. На всех остальных снимках «Вояджера-2» никаких перевитых колец нет, вместо них — одно кольцо постоянной толщины. Когда и как изменялся вид кольца Р, остается неизвестным. Считается существенным, что кольцо действительно находится между двумя спутниками, которые получили название «пастухи» (или, по аналогии с английским термином, «овчарки», «сторожевые собаки»). Это спутники Прометей и Пандора, которые движутся, обгоняя друг друга каждые 25 дней. Предполагалось, что скручивание кольца происходит у точки соединения обоих спутников. Но это не подтвердилось; по-видимому, взаимодействие их с кольцом Р сложнее. Анализ его структуры методом фотометрического разреза указал на присутствие примерно десяти слабых компонентов там, где телевизионная камера показывала три компонента.

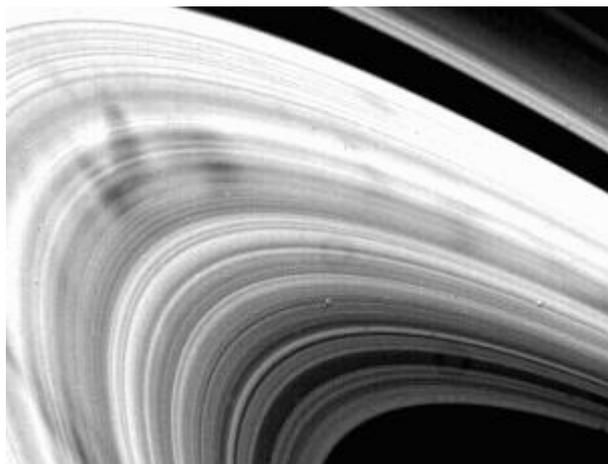
Еще одно удивительное образование — тонкое эксцентрическое кольцо в делении Энке. С одной стороны планеты кольцо почти касается внутренней границы деления, с другой — проходит по его середине (рис. 6.8). Это необычное образование получило неофициальное название «Энке Дудл». Многие «колечки» имеют такой несимметричный вид.

Распространяется мнение, что изменение формы некоторых из колец происходит постоянно. Множество мелких деталей заставляет теоретиков искать объяснение полосам, делениям, волнам, изгибам и прочему кажущемуся хаосу. Предложено несколько новых гипотез о механизмах работы колец. Согласно одной из них, в кольца как бы вмонтированы небольшие спутники, размерами около 30 км. Они создают возмущения и образуют щели, которые по ширине могут намного превосходить сами спутники. Однако самый тщательный анализ показал, что в 90 % колечек таких спутников нет, а там, где есть, они слишком малы, чтобы вызвать ожидаемые явления.

Согласно другой гипотезе, в кольцах распространяются волны плотности, которые и определяют многообразие их динамики. Есть интересное наблюдение, которое, возможно, имеет отношение к возникновению волн плотности. Если совместить два изображения колец, разделенные углом 180°, возникает странное несоответствие: при совпадении внутренней границы кольца В и внешней кольца А внутренняя граница деления Кассини для двух изображений расходится на 50 км. Это объясняется гравитационным резонансом с Мимасом. Внешний край кольца В прецессирует с периодом 22,6 ч (период обращения Мимаса), за счет чего в кольцо накачивается энергия, вызывающая возмущение. Большая ось эллипса, образованного кольцом В, направлена под углом 90° к Мимасу. Это было интересной находкой, так как противоположно хорошо известным приливным явлениям в системе Земля-Луна. Наконец, еще одна гипотеза рассматривает в качестве источников возмущений столкновения между элементами колец. Вероятно, столкновения также влияют на структуру колец.

О спокх заговорили после полета и снимков «Вояджера-1». Однако изучение исторического материала показало, что упоминания о них встречались еще в прошлом веке, когда наиболее зоркие астрономы изображали характерные зубцы на своих зарисовках. Типичные споки на снимках — это темные образования на фоне средней части кольца В. Их можно видеть также на других снимках как светлые полосы, где благодаря перспективе споки, да и все другие

детали колец, сжаты в полосы. Споки могут быть светлыми или темными, это зависит от направления освещения: они выглядят темными пятнами при обратном рассеянии света и светлыми — при прямом, что говорит об очень малых размерах рассеивающих частиц. Споки наблюдались даже на теневой стороне колец, по-видимому, в свете, рассеянном Сатурном. Они не подчиняются кеплеровскому распределению скоростей в кольцах и отстают от вращения последних, двигаясь с угловой скоростью магнитосферы. Природа их остается совершенно неясной. Установлено, что споки развиваются быстро, за время от 15 до 60 мин; при этом они успевают распространиться на расстояние до 12-10 км в радиальном направлении, что требует скорости от 3,5 до 15 км/с. Высказано предположение, что они представляют тонкую ледяную взвесь или пыль, удерживаемую силами электростатического взаимодействия над плоскостью колец.



Спицы и темные пятна на кольцах Сатурна. Первые четкие изображения колец, полученные аппаратом «Вояджер-1». Изображение с сайта <http://galsspace.spb.ru>

В кольцах действительно наблюдаются электрические явления, вероятно, связанные с механизмами разделения электронов и ионов либо с электризацией соприкасающихся частиц. При пересечении аппаратом плоскости колец (за кольцом O) на него воздействовало нечто, что могло быть потоком частиц тонкой электрически заряженной пыли, двигающейся со скоростью 13 км/с.

Теория предсказывает, что заряды, которые могут накопиться в кольцах благодаря различным механизмам, например трибоэлектризации, очень значительны. И действительно, оба аппарата отметили мощные электромагнитные импульсы, источники которых, как предполагалось, находились в кольцах, а импульсы появлялись во время электрических разрядов. Их особенность — очень большая мощность, в 10^{10} раз больше, чем в земных молниях.

Но истина снова оказалась сложнее всех гипотез. Предположения о сверхмолниях в кольцах были основаны на следующих соображениях. Во-первых, Сатурн обладает сравнительно плотной ионосферой, которая, согласно теории, не должна пропускать сигналы от планеты в диапазоне частот, принимавшимся «Вояджерами». Во-вторых, периодичность, с которой повторялись короткие всплески в диапазоне 20 кГц—40 МГц, составляла 10 ч 10 мин. На Сатурне нет на первый взгляд объектов с таким периодом вращения — он на полчаса короче периода магнитосферы. Наконец, было просто непонятно, к чему на Сатурне можно отнести огромную мощность этих коротких импульсов, достигавшую 10 тыс. МВт (и с длительностью от 15 до 400 мс).

И все-таки источник оказался на Сатурне. Он связан с быстрым струйным течением в экваториальной зоне, направленным к востоку. Его скорость достигает 500 м/с. В своем движении оно обгоняет вращение планеты, поэтому период повторения положения облачной структуры укорачивается и составляет 10 ч 10 мин. Предполагается, что в этой зоне образуются сверхмолнии, излучение которых в радиодиапазоне и принималось на аппаратах.

Излучающая зона вытянута вдоль экватора на 60° (около 25 тыс. км). Кстати, интервал, в течение которого она находится на невидимой стороне планеты, длится 3 ч, а для подозревавшейся части колец — только 2 ч. Это тоже довод в пользу планеты, а не колец, так как перерывы в приеме импульсов на «Вояджерах» составляли по 3 ч (через каждые 7 ч приема).

С прозрачностью ионосферы для радиоволн положение не совсем ясное, но установлено, например, что в тени колец и на ночной стороне планеты прозрачность быстро увеличивается и появляются более низкие частоты.

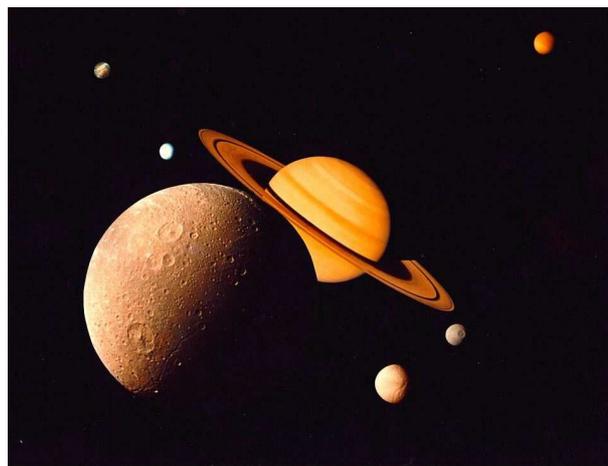
Здесь стоит упомянуть о том, что похожие импульсы электромагнитного излучения, которые принимались на аппарате в его сближении с Юпитером, кажется, как-то связаны с Большим Красным Пятном.

Мы уже рассказывали о «службе времени» на Сатурне. Оказалось, что электромагнитная (или электрическая?) активность присуща вообще всему меридиану, который проходит через таинственный радиоисточник. Но и это еще не все. Выход этого меридиана из-за утреннего терминатора определяет... появление спок на кольце. Как, чем связаны меридиан (точнее, сектор вблизи меридиана) и спицы, остается загадкой. Но их появление — меридиан на терминаторе, споки на кольце — коррелировано в высокой степени. А прохождение этим меридианом полудня соответствует мощным всплескам низкочастотного радиоизлучения.

Не исключено, что нынешние представления не смогут полностью объяснить механику и физику колец. В таком случае полученные экспериментальные данные послужат хорошей основой для будущих теорий.

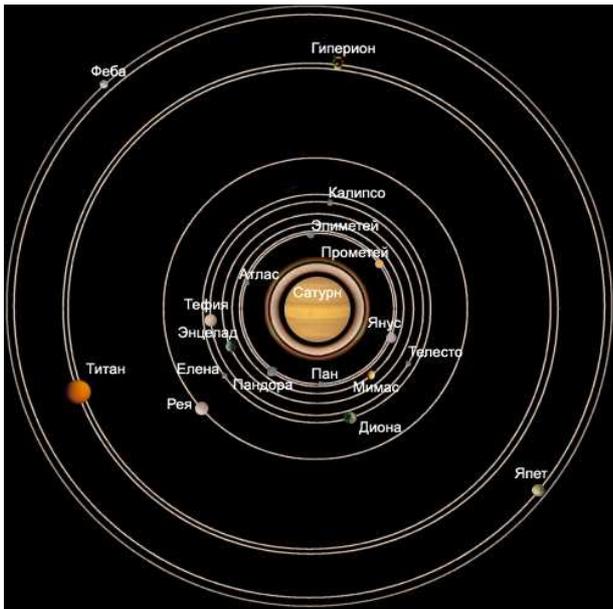
Уточнение структуры колец потребовало и уточнения системы наименований. Недавно предлагалось переименовать деление Энке в деление Килера. Основой послужили не вызывающие сомнения наблюдения Килера в Ликской обсерватории, опубликованные в «The Astronomical Journal» за 1889 г. Килер пользовался сравнительно большим телескопом с окуляром, дававшим увеличение $\times 1500$. Предложение мотивировалось тем, что хотя сообщения о наблюдениях Энке относятся к 1837 г., но они связаны, вероятно, с какой-то другой деталью колец, так как различить «деление Энке» в свой 22-сантиметровый телескоп Энке, скорее всего, не мог. В конце концов деления Энке и Кассини остались на своих местах. Щель в кольце C, у 87,5 тыс. км, получила имя Максвелла, щель у 117 тыс. км — имя Гюйгенса, а имя Килера присвоено щели у внешнего края кольца A, 136,5 тыс. км от центра Сатурна, вне деления Энке.

Спутники Сатурна



Свита Сатурна. Изображение с сайта <http://astronomus.ru>

Система спутников Сатурна довольно сложна. Общее число их, включая ряд малых спутников, открытых еще в 1980 г. при пролете возле Сатурна космических аппаратов, а также при помощи аппарата «Кассини» составляет 61. В 1980 г. были получены телевизионные снимки семнадцати спутников. Крупным планом сняты открытые еще в XVII—XVIII вв. Мимас, Энцелад, Тефия, Диона и Рея.

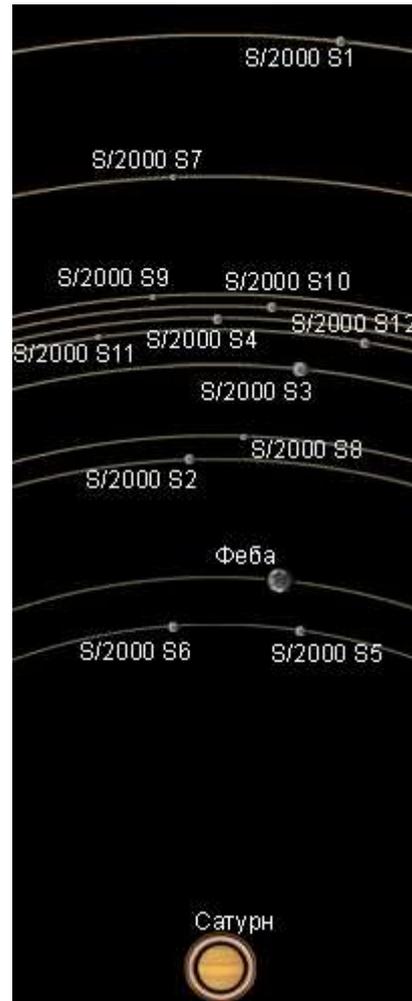


Большие (внутренние) спутники Сатурна. Изображение с сайта <http://www.college.ru/astronomy>

Название «ледяные спутники» наиболее соответствует спутникам Сатурна. Некоторые из них имеют среднюю плотность 1,0 г/см³, что соответствует чистому льду. Плотность других несколько выше, но тоже невелика. Например, Рея, пятый крупный спутник Сатурна, имеет плотность 1,3 г/см³. Присутствие большого количества льда в составе спутников Сатурна — это прямое указание на их образование в зоне низких температур, которые и ныне характерны для внешней части Солнечной системы. Согласно существующим теориям, в период формирования планет на периферии протопланетного облака температура была очень низка и легкие летучие вещества, как водяной пар, конденсировались преимущественно на периферии. Рассмотрим некоторые особенности системы спутников Сатурна.

Спутники планеты и ее кольца предлагают небесной механике несколько загадок; они как раз и возникли в начале 80-х годов прошлого века., когда Земля проходила через плоскость колец (экватор Сатурна наклонен к плоскости орбиты на 26°45'). Кстати, такие прохождения повторяются 1 раз в 14-15 лет. Это редкое явление наблюдалось в 1966 г., а затем в конце 1979 и начале 1980 г. Земля прошла через плоскость колец дважды: 27 сентября 1979 г. и 12 марта 1980 г. В этот период кольца были повернуты к Земле ребром и почти не видны, что астрономы использовали для поисков слабых образований вблизи Сатурна. В 1980 г. впервые удалось наблюдать с Земли кольцо Е в виде слабого повышения яркости на расстоянии 80 тыс. км от внешнего края наружного кольца А. Но этим дело не ограничилось. Используя современную астрономическую технику, несколько групп исследователей объявили о новых удивительных открытиях. Например, по орбите Дионы, четвертого крупного спутника, движется еще один спутник. Он находится вблизи лагранжевой точки Ь. Здесь следует сказать несколько слов о том, что такое «лагранжевы точки». Среди знаменитых задач теоретической астрономии есть такие, решению которых посвятили свою жизнь целые поколения специалистов. Такова знаменитая «задача трех тел», в которой рассматривается динамика трех гравитирующих масс (взаимно влияющих друг на друга). Задача отличается чрезвычайной сложностью, если рассматривать ее в общем виде. Но некоторые частные решения были найдены давно. Так, в работах Лагранжа было показано, что если одно из трех тел намного массивнее других, то устойчивой может быть конфигурация, когда два тела меньшей массы находятся на одной и той же орбите, на расстоянии 60° друг от друга. Возможно даже присутствие на одной и той же орбите трех тел, также разделенных углами по 60°. Такие

спутники называются коорбитальными. (Существуют и другие точки Лагранжа.)



Внешние спутники Сатурна. Изображение с сайта <http://www.college.ru/astronomy>

Спутник Елена находится именно в такой «гравитационной ловушке», двигаясь впереди крупного спутника Диона, примерно в 72°, причем по некоторым данным, «качается» относительно точки Ь и даже может приблизиться к Дионе с тыльной стороны, после чего, отставая, расходится с нею. Как ни странно, позади Дионы, в другой лагранжевой точке, спутника нет.

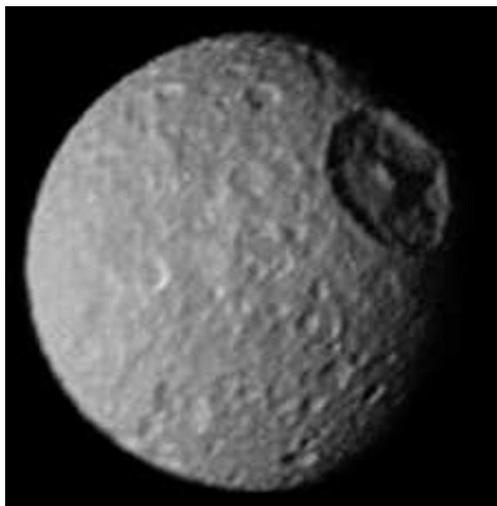
Все вновь открытые спутники сравнительно малы по размерам, имеют геометрическое альbedo 0,3 - 0,5 и неправильную, за одним исключением, форму. Кольцо А обладает очень резким краем, что трудно объяснить в рамках старых представлений о динамике колец. Напомним, что в нескольких тысячах километров от внешнего края кольца А находится еще кольцо Р Сатурна. Исследование динамики этих колец и близких к ним небольших спутников показало, что именно спутники поддерживают резкую границу колец Р и А (а возможно, определяют и другие их особенности). Своим гравитационным воздействием спутники как бы фокусируют движение отдельных частиц в кольцах, не допуская их выпадения из общего ансамбля.

Орбиты малых спутников, обладающих этими особенностями, располагаются следующим образом. У самого внешнего края кольца А, на среднем расстоянии от центра Сатурна 137 670 км, находится «пастух» кольца А — Атлант (1980528) — размерами около 20 км. Прометей (1980527) и Пандора (1980526) соответствуют внутреннему и внешнему «пастуху» кольца Р, с размерами 70 X 40 и 55 X 40 км и средним радиусом орбит 139 353 и 141 700 км. Два коорбитальных спутника, Янус и Эпиметей (198051 и 198053), немного больше: 110 X 90 и 70 X 55 км. Их орбиты отличаются всего на 50 км: 151 422 и 151 472 км. На орбите

Тетии (294 700 км) в лагранжевых точках Б. и Б. находятся маленькие тела размером 50—60 км, Калипсо и Телесто (1980525 и 1980513), последнее из которых может иметь более или менее правильную шаровую форму. Наконец, в точке Б на орбите Дионы (377 500 км) находится такое же маленькое тело — Елена (198056).

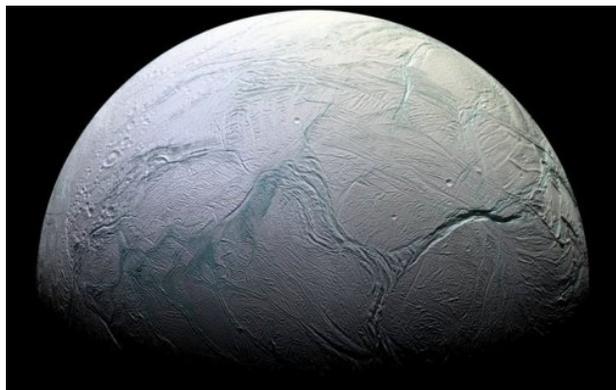
Большое количество спутников малых размеров что-то подсказывает относительно условий формирования системы Сатурна. Не исключено, что они образовались из-за разрушения сравнительно крупного небесного тела в результате его столкновения, например с астероидом или с ядром большой кометы. Заманчиво предположить, что из менее крупных обломков могло образоваться и само кольцо Сатурна.

Перейдем к классическим (крупным) спутникам Сатурна. Все они (кроме Фебы) находятся в синхронном вращении, т.е. постоянно обращены к Сатурну одной стороной. Эти спутники известны давно, но данные о размерах, альбедо и средней плотности существенно уточнены либо установлены впервые.



Мимас. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

Первый из них (и самый маленький) - Мимас. Обращает на себя внимание относительно большая глубина метеоритных кратеров, которые покрывают всю поверхность Мимаса, подобно Луне или Меркурию. Диаметр Мимаса всего 390 км (примерно 1/10 диаметра Луны); на его поверхности (как и на поверхности других исследованных спутников Сатурна) нет образований, подобных вулканическим кратерам Ио. Зато диаметр наибольшего ударного кратера на Мимасе достигает 130 км, т.е. 1/3 диаметра самого спутника! Находится кратер посередине стороны, обращенной к Сатурну. Диаметр только центральной горки этого кратера около 30 км. Мимас обращается вокруг Сатурна на расстоянии 159 тыс. км и завершает один оборот за 0,9 сут. Средняя плотность Мимаса мала: около 1,2 г/см³, что говорит о его ледяном составе с небольшой примесью силикатных материалов.



Энцелад. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

Один из интереснейших спутников Сатурна — Энцелад. Это круглое тело диаметром 500 км с плотностью 1,1 г/см³ и очень светлой поверхностью. Съемка с высоким разрешением показала, что поверхность Энцелада несет следы каких-то потоков глобальной протяженности, которые на своем пути разрушали рельеф, что указывает на геологическую молодость происходивших явлений.

На границе одного из потоков видны остатки более старого рельефа, причем от одного из кратеров остались лишь половина вала и центральная горка (правая нижняя часть снимка). Геологи различают на поверхности Энцелада следы не менее пяти этапов его геологической эволюции. Бескратерные районы датируются возрастом менее 100 млн лет. Так как это всего 2 % всей истории Энцелада, его недра активны и сейчас. Казалось бы, какие реки могут существовать при средней температуре поверхности тела - 200 °С? Теоретики в качестве возможного источника активности называют приливное рассеяние энергии, вызываемое Дионой и самим Сатурном, но для этого спутник должен был находиться на более эксцентричной орбите. Нельзя считать невероятным, что на Энцеладе имелись ледяные вулканы, извергавшие воду, водные растворы аммиака и, возможно, метан. Разрушение старых кратеров, вероятно, объясняется тем, что теплые потоки вызывали таяние элементов ледяного рельефа.



Тетия. Изображение с сайта <http://www.college.ru/astronomy>

Тетия — один из самых больших и близких к планете спутников. Ее диаметр 1060 км, средняя плотность 1 г/см³. Поверхность ее очень светлая, геометрическое альбедо 0,8. Уже после первой съемки сообщалось о гигантской долине, которая вытянута на 3/4 окружности спутника. С другой стороны спутника расположен кратер диаметром 400 км — в 3 раза больший, чем у Мимаса. Поверхность Тетии, подобно другим спутникам Сатурна, усеяна метеоритными кратерами. Геологи указывают на следы очень древней активности, когда недра этого ледяного спутника застыли и расширились, ломая кору. В этих процессах поверхность Тетии увеличивалась процентов на 10.

Незначительно больше по размерам четвертый спутник — Диона (1120 км). Орбитальный период Дионы около 2,7 сут, расстояние от центра Сатурна 377 тыс. км — как расстояние Луны от Земли. Поверхность Дионы носит следы выброса материала в результате ударов крупных метеоритных тел — систему лучей, хорошо известную по Луне. Не исключено, что лучи представляют собой отложения инея на поверхности. Диаметр наибольшего кратера около 100 км. На поверхности Дионы есть извилистая долина, образованная, вероятно, трещинами в ее коре. Каким образом удается легко наблюдать с Земли столь малые тела, как Мимас, который в 10 раз меньше Луны? Ответ прост: у них светлая поверхность. Например, у Дионы отражательные свойства на светлых участках близки

к 100 %. Именно это свойство спутников Сатурна облегчает их наблюдение наземными средствами.



Диона. Изображение с сайта <http://www.college.ru/astronomy>

Плотность Дионы немного выше, чем у Мимаса, и достигает 1,4 г/см³, что указывает опять-таки на ледяной (с примесью силикатов) состав.

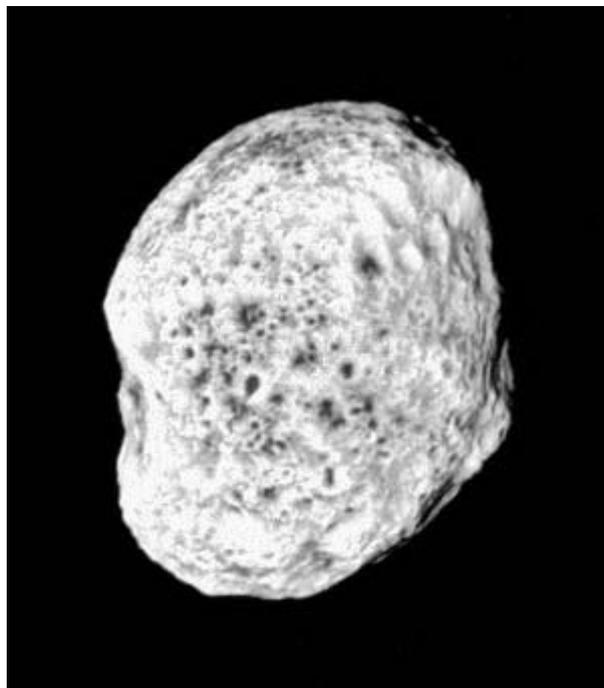


Рея. Изображение с сайта <http://fotokosmos.narod.ru>

Пятый спутник Сатурна — Рея внешне очень напоминает Меркурий (или Луну). Это одна из наиболее крупных лун Сатурна. Ее диаметр 1530 км. Кратеры здесь достигают 300 км в поперечнике. Значительное число кратеров имеет отчетливый центральный пик. Как и у других спутников, поверхность Реи очень светлая; даже самые темные области имеют альбедо, достигающее 50 %. Орбитальный период Реи около 4,5 сут, расстояние от центра планеты 572 тыс. км. Средняя плотность Реи несколько ниже, чем у Дионы: 1,3 г/см³. Интересно, что в целом не отмечается такого четкого убывающего распределения средних плотностей, как у галилеевых спутников Юпитера. Все значения средней плотности лежат в пределах от 1,0 (Тефия) до 1,4 г/см³ (Диона). Лишь у Титана средняя плотность достигает 1,9 г/см³.

Пропустим пока шестой спутник, Титан, и познакомимся с Гиперионом. Оказалось, что переменность его блеска, давно известная по наземным наблюдениям, объясняется его необычной формой, несколько напоминающей плоскую головку сыра. Размеры Гипериона превышают прежнюю оценку (310 км) и составляют примерно 350 x 230 км. Поверхность его темная, геометрическое альбедо всего 0,3 (в то время как для Мимаса, Дионы и Реи оно равно 0,6, а

для Энцелада 1,0). Поверхность Гипериона носит следы интенсивной метеоритной бомбардировки, причем наибольший кратер по размерам таков же, как и спутник. Резко неправильная форма Гипериона может быть связана с разрушением большого родительского тела. Во всяком случае, известно, что несколько меньший Мимас имеет правильную форму шара.



Гиперион. Изображение с сайта <http://elementy.ru>

Из-за возмущений в движении, вызываемых его соседом — гигантом Титаном, — синхронное вращение Гипериона может нарушаться. Приводились данные о периоде вращения Гипериона в 21 день.



Поверхность Япета. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

История поверхности Япета, 8-го крупного спутника, по-видимому, более сложна. Как и ожидалось, альбедо двух его полушарий, темного переднего по движению и обратного различается в 10 раз (соответственно альбедо 0,05 и 0,5). Таким образом, разгадка меняющейся в 10 раз яркости Япета пришла через 310 лет после его открытия. Лучшее разрешение на снимках Япета составляет 4 км). Диаметр Япета 1460 км, средняя плотность 1,2 г/см³. Плотность метеоритных кратеров на нем весьма высока, и в этом отношении Япет напоминает Рею. Некоторые кратеры на светлой стороне, но вблизи границы с темным районом, имеют темное, точно окрашенное, дно. По спектрофотометрическим свойствам темная поверхность Япета близка к поверхности Фебы и похожа на органические включения в углистых хондритах.

По-видимому, природа различий в отражательных свойствах его поверхности как-то связана с движением Япета. Предполагалось, например, что выброс паров воды

и последующая конденсация инея проходила на обеих сторонах спутника, но затем взаимодействие с плазмосферой Сатурна постепенно удалило иней с передней его стороны. Но могло быть и наоборот: темная передняя сторона постоянно собирала заряженные частицы, которые вызывают постепенное потемнение материала. В последнее время приобрела популярность гипотеза о том, что передняя сторона Япета «загрязнена» пылью, выбрасываемой с Фебы. При соударениях легкие материалы испаряются, а темные тяжелые остаются на поверхности. Япет имеет круглую форму. Как ни странно, форму правильного шара имеет и «самый маленький из крупных спутников» — Феба диаметром 220 км. Правильная форма столь малого небесного тела была неожиданностью. Феба — самый удаленный спутник Сатурна (13 млн км, или в 3,6 раза дальше Япета). Феба во многом непохожа на других членов семейства Сатурна. Орбита ее сильно наклонена к плоскости экватора Сатурна, причем направление движения по орбите обратное. Феба — единственный в системе Сатурна несинхронный спутник, период ее вращения 8—9 ч. Ее поверхность намного темнее, чем у других спутников, геометрическое альbedo всего 0,05. Все эти особенности позволяют предположить, что Феба — захваченный Сатурном астероид, путь которого однажды прошел слишком близко от планеты.

Титан



Спуск аппарата Гюйгенс на поверхность Титана. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

Титан исследовался космическими аппаратами больше, чем другие спутники Солнечной системы. В своем сближении с Сатурном «Вояджер-1» прошел на расстоянии всего 7000 км от самого крупного спутника Сатурна. В то время исследования Титана ожидалось с большим интересом. Титан считался самым крупным из всех спутников планеты. По наземным измерениям его диаметр оценивался в 5800 км, т.е. получалось, что он больше Меркурия и Ганимеда. К тому же, это единственный из известных спутников, на котором твердо установлено присутствие плотной атмосферы. Предполагалось, что атмосфера Титана может обладать сильным парниковым эффектом, благодаря чему условия у поверхности могли бы даже оказаться приемлемыми для существования жизни. После марсианских разочарований было много разговоров о возможной жизни на Титане. Увы, Титан тоже не оправдал этих ожиданий. Это один из самых холодных миров в Солнечной системе, который, как это ни парадоксально, обладает большими массами органических веществ в атмосфере и на поверхности. Космическая съемка показала, что поверхность спутника неразличима сквозь его плотную красно-оранжевую атмосферу. Красно-оранжевый и желто-коричневый цвета преобладают у Юпитера и Сатурна, Титана, Ио, Европы и Амальтеи. Но в последних трех случаях цвет относится не к атмосфере, а к поверхности этих тел. В атмосфере Титана отмечено несколько слоев неплотных облаков, в том числе на очень больших высотах. Слоистость тумана заметна на высоте 200, 375 и даже 500 км над поверхностью. Еще в 1979 г. весьма трудные наземные (а точнее, с летающей обсерватории — самолета) радиометрические измерения в тепловом инфракрасном диапазоне дали для Титана

яркостную температуру около 80 К. Если отнести ее к поверхности, получалось, что никакого парникового эффекта в атмосфере Титана нет и даже наоборот, поверхность холоднее атмосферы. Так оно и оказалось. Температура верхних слоев атмосферы близка к 150 К, в то время как температура поверхности составляет 94 К. Температура атмосферы Титана на высоте 50—70 км падает до 75 К (температура конденсации азота). В первых сообщениях указывалось, что на поверхности Титана, возможно, существуют «болота из жидкого азота» с островами из замерзшего метана и из силикатов. Это преувеличение, хотя выпадение дождей из жидкого метана здесь вполне возможно.

Теперь пора сказать о составе атмосферы Титана. В 1944 г. в его спектре была найдена полоса метана. Спустя 30 лет в его атмосфере спектроскопически был обнаружен молекулярный водород, что казалось парадоксальным, так как масса спутника слишком мала, чтобы удержать такой легкий газ. Далее было высказано предположение, что этот водород — продукт фотолиза метана и аммиака, выделявшихся из недр в течение эволюции атмосферы Титана. Другая составляющая, образующаяся в результате фотолиза аммиака, — азотно-водородные соединения — должна была накапливаться в атмосфере. Анализ предсказывал, что если в атмосфере Титана есть парниковый эффект, то в ней должен присутствовать азот. Правда, для этого нужно было немного больше метана, чем показывала спектроскопия.

Космические аппараты передали, что парникового эффекта нет, но азот в атмосфере присутствует. Более того, его количество оказалось огромным — атмосфера Титана примерно на 85 % состоит из азота. Около 12 % может составлять аргон. Менее 3 % (возможно, всего 1 %) приходится на метан; имеются небольшие количества этана, пропана, ацетилена, этилена, водорода, кислорода и других составляющих. Спектроскопические измерения позволили отождествить по крайней мере 10 органических компонентов в его атмосфере. Количество азота в столбе атмосферы Титана в 15 раз больше, чем у Земли. Однако из-за малого ускорения свободного падения давление у поверхности лежит около 1,6 бар.

На высотах до 15—20 км находятся облака из метана. Выше появляется окрашенная дымка, которая достигает высокой плотности на том уровне, куда проникает ультрафиолетовая радиация Солнца. Слои дымки наблюдались на высотах вплоть до нескольких сотен километров. Дымка имеет красно-оранжевый оттенок. Физические условия у поверхности Титана близки к тройной точке фазового состояния метана. Предположение об озерах или морях, возможно, справедливо, но скорее в отношении жидкого метана. Но и это предположение встречает много трудностей, хотя и было очень популярным сразу после первых космических исследований Титана.

Было показано, что сплошной или очень протяженный метановый океан, находящийся в равновесии с насыщенными парами метана в нижней атмосфере, требует, чтобы пары метана составляли до 10 % атмосферы. Но измерения дают значительно меньше. Недавно выполненные работы показали, что наиболее распространенным углеводородом на Титане должен быть этан. Обилие органических материалов на Титане даже вызвало предположение о возможной промышленной их разработке в будущем. Технология такой промышленности должна обеспечить работу при криогенных температурах. Титан — это мир глубокого холода; по сравнению с ним климат морозных пустынь Марса представляется испепеляющим зноем.

Таким оказалось вблизи семейство спутников Сатурна, свойства которых астрономы пытались разгадать в течение нескольких столетий, и такой оказалась вблизи удивительная планета, которая когда-то так озадачила Галилея.

Елена Шведун, любительница астрономии,

г. Москва, <http://www.shvedun.ru> и <http://www.forum.shvedun.ru>

Юркевич Сергей, любитель астрономии, Петрозаводск
(специально для журнала «Небосвод»)

Загадочный спутник Энцелад

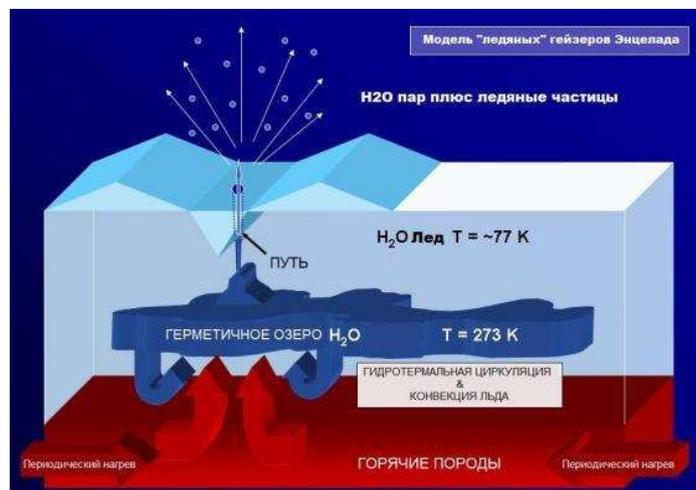


Сравнительные размеры Энцелада и Англии. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru> Все фото NASA/ESA

Имя гиганта Энцелада, погребенного, согласно древнегреческой мифологии, под вулканом Этна на средиземноморском острове Сицилия, получил в свое время один из спутников Сатурна, о котором и пойдет речь дальше. Среди характеристик Энцелада укажем, что его диаметр составляет 505 км, радиус его орбиты составляет 238 тыс. км и это второй спутник среди спутников планет солнечной системы, у которого есть атмосфера (первый - самый большой спутник Сатурна Титан) и магнитное поле. Атмосфера состоит преимущественно из воды (в виде частиц льда, пара и ионизированных молекул), а также добавки в виде молекулярного водорода, молекулярного азота, углекислого и угарного газов.

С небольшим ледяным спутником Сатурна Энцеладом (Enceladus) связаны едва ли не самые захватывающие открытия, сделанные в ходе экспедиции американской АМС "Кассини" (Cassini). И еще больше открытий ожидают от Энцелада в будущем. Первые сведения о необычном с точки зрения земной геологии строении Энцелада появились еще в августе 1981 года, в ходе сближения с этим небесным телом "Вояджера-2" (Voyager 2). "Вояджер" передал на Землю снимки необычного гладкого ландшафта, который свидетельствовал о том, что эта луна была геологически активна по крайней мере 100 миллионов лет назад. Однако удовлетворительного объяснения тому обстоятельству, что крошечный Энцелад (поперечник которого около 500 километров) некогда был столь горяч, что плавился, дать никто не мог. Энцелад вряд ли может содержать достаточное количество радиоактивных материалов, чтобы разогреваться за их счет, его орбита недостаточно эксцентрична для того, чтобы нагрев объяснить приливно-отливными взаимодействиями с планетой-гигантом (орбита Энцелада - 237 378 километров от Сатурна, это две трети расстояния от Земли до Луны (384 400 км), и там нет даже достаточного количества аммиака, чтобы этим можно было обосновать пониженную температуру плавления поверхности луны. После "Вояджера" исследователи просто отложили проблему Энцелада на неопределенное время, сочтя ее на текущем этапе неразрешимой (некоторые планетологи, впрочем, считали и считают, что разогреть внутренности Энцелада и послужить причиной его "водного вулканизма" могли бы приливно-отливные взаимодействия между Энцеладом и Мимасом (Mimas) - соседним спутником Сатурна).

Только в начале 2005 года "Кассини", направив на Энцелад свои более совершенные фотокамеры и приборы, смог сдвинуть изучение Энцелада с мертвой точки. Результаты, полученные в ходе пролетов этого спутника 17 февраля, 9 марта и 14 июля, ошеломили и восхитили ученых. Теперь по установленному графику следующей "контакт" с Энцеладом произойдет 12 марта 2008 года. И в очередной раз высоту этого пролета решено снизить до 100 километров - это станет новым рекордным сближением. Крошечная луна, может похвастаться разреженной атмосферой, состоящей из водяного пара с примесью азота, углекислого газа и т.д. Простейшие молекулы на основе углерода (то есть простейшая органика; простые органические соединения включают в себя углекислый газ и молекулы, содержащие водород и углерод, - вроде метана, этана и этилена) были обнаружены в районе его южного полюса. Сам южный полюс Энцелада представляет собой своего рода райское местечко в условиях ледяной пустыни - там царят более высокие (если сравнивать с ожидаемыми минус 203 градусами Цельсия) температуры - минус 183 градуса. Энцелад отражает почти 100% света, поскольку покрыт льдом (плотность Энцелада 1,1 г/см³), поэтому температура там по идее должна быть очень низкой. Кроме всего прочего, южный полюс Энцелада - это средоточие геологической активности. Данная область исчерчена параллельными трещинами длиной около 81 мили (130 км), отстоящими одна от другой на 40 км. Эти трещины, получившие наименования "тигриных полос", изрыгают пар и крошечные капельки воды, которые кристаллизуются на поверхности Энцелада уже тысячу лет. Температура около этих полос на несколько десятков градусов выше, чем на окружающих равнинах. Мельчайшие ледяные осколки - это, вероятно, основной источник частиц, которые непрерывно пополняют наиболее удаленное и самое широкое кольцо Сатурна, кольцо "Е", растянувшееся на 302 557 километров. "Кассини" тогда (июль 2005) так и не смог обнаружить никаких ледяных гейзеров или ледяных вулканов, но почти полное отсутствие аммиака и объемы покидающего спутник водяного пара позволяли предположить, что вулканические процессы на Энцеладе все-таки продолжают, и все это может считаться своеобразным водным вулканизмом.

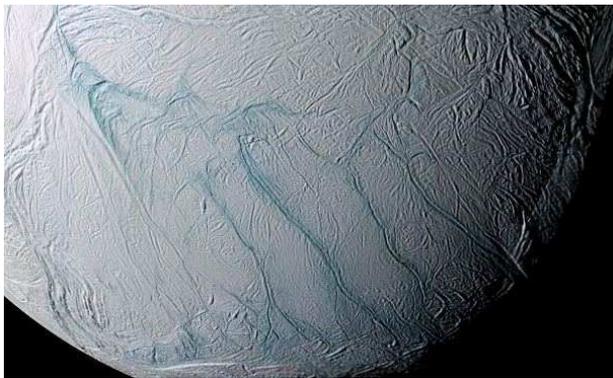


На данном изображении показана одна из возможных моделей работы холодных гейзеров на Энцеладе, где разогрев идет за счет гравитационно - приливных сил. Подобные гейзеры выстреливают в высоту на 100 км. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

"Мы обнаружили простейшую органику в "тигриных полосах", - заявил на 37-й ежегодной встрече Отделения планетарных наук Американского астрономического общества, работающей в Кембридже, доктор Роберт Браун (Robert Brown), руководитель группы визуальных и инфракрасных спектроскопических исследований Аризонского университета (Тусон, США). - Метан был, вероятно, заперт в глубинах Энцелада со времен формирования Солнечной системы, и теперь он просачивается сквозь щели". Визуальный и инфракрасный спектрометры не смогли обнаружить азот, однако ионный

масс-спектрометр "Кассини", похоже, все же зарегистрировал следы его присутствия в атмосфере Энцелада. Все остальные показания этих двух очень различных по принципу действия приборов (в одном случае регистрируется спектр излучения вещества, а в другом - его состав определяется путем разделения ионизованных частиц по массам в магнитном поле) полностью совместимы между собой, что позволяет поверить в надежность полученных результатов. "Так что мы имеем дело с подповерхностной жидкой водой, простейшей органикой и водяным паром. За долгие годы (а возраст Энцелада составляет приблизительно 4,5 миллиарда лет, точно так же как и у Земли и остальной части Солнечной системы) нагревание этого "коктейля" из простой органики, воды и азота могло породить некоторые из самых основных стандартных кирпичиков жизни, - фантазирует Браун. - Случилось ли нечто подобное на Энцеладе? Это пока не ясно, но Энцелад очень похож на юпитерианскую луну Европу (хотя Энцелад в 6 раз ее меньше) и планету Марс, и теперь он должен стать местом, где мы в конечном счете будем искать жизнь".

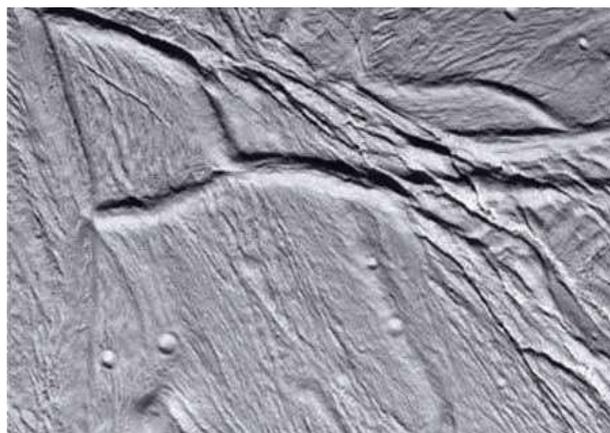
Ключевая информация поступает также от магнитометров "Кассини". Во всяком случае, именно колебания магнитного поля Европы в свое время убедили специалистов в том, что ее подповерхностный океан - реальность. Возможно то же самое случится и с Энцеладом. В настоящее время данные анализируются учеными лондонского Имперского колледжа (Imperial College).



Тигровые полосы Энцелада - области повышенной температуры. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

17 февраля 2005 года Кассини пролетел на расстоянии около 17 тысяч километров от поверхности спутника Сатурна - Энцелада. Полученные данные указывают, что у этого спутника есть довольно динамичная атмосфера. Атмосфера у Энцелада была обнаружена с помощью магнетометра Cassini. С помощью масс-спектрометра и ультрафиолетового спектрографа удалось установить, что атмосфера Энцелада на 65% состоит из водяного пара, 20% приходится на молекулярный водород, а остальные 15% - это углекислый газ, молекулярный азот и монооксид углерода (CO). Причем, характер распределения плотности водяного пара по высоте указывает на то, что он, скорее всего, выделяется из какого-то геотермального источника. Гравитационное притяжение Энцелада очень мало и его атмосфера должна была бы давно рассеяться в космосе. Это означает, что на поверхности Энцелада идет постоянное выделение водяного пара. Температура поверхности вблизи экватора Энцелада составляет -193°C . Она примерно совпадает с теоретической, рассчитанной на основе данных об интенсивности излучения Солнца в этой части солнечной системы. По идее на полюсах Энцелада должно быть холоднее, чем на экваторе, так как солнечные лучи здесь падают на поверхность почти по касательной. Однако средняя температура южной приполярной области составляет -188° , а на некоторых небольших участках вблизи большого разлома она еще выше - -163° . Ученые считают, что именно в этих местах под действием внутреннего тепла происходит испарение поверхностного льда с образованием облаков водяного пара. Подобные данные озадачивают ученых: ведь если нагрев недр

происходит из-за приливной раскочки, то почему разогреву подвергается только область вокруг южного полюса, где расположены загадочные полосы.



Это изображение сделано в видимом свете узкоугольной камерой с расстояния 10 750 километров, разрешение оригинала составляет 60 метров на пиксель. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

14 июля 2005 станция "Кассини" прошла на рекордно близком расстоянии от поверхности спутника Сатурна (пролет на расстоянии 175 км от поверхности). Сделанные снимки повергли астрономов в изумление: оказалось, что ледовая поверхность Энцелада сплошь покрыта гигантскими валунами диаметром в 10-20 метров (а камера ISS способна различать предметы размером всего в четыре метра). Нигде больше в Солнечной системе ничего подобного не наблюдалось. Поверхность Энцелада испещрена трещинами, возникшими, вероятно, вследствие мощного воздействия гравитации Сатурна и других его спутников, однако, как ни парадоксально, вышеуказанные валуны имеют тенденцию располагаться где угодно, но только не в трещинах. Следовательно, трещины возникли уже после того, как эти "айсберги" окончательно сформировались. Ученые теряются в догадках относительно природы такого ландшафта. Есть, однако, и некоторые догадки. Геологи различают на поверхности Энцелада следы не менее 5 этапов его геологической эволюции. Бескратерные районы датируются возрастом менее 100 млн. лет. Это всего 2% продолжительности истории Энцелада. Теоретики в качестве возможного источника активности сейчас называют приливное рассеяние энергии, вызываемое Дионой и самим Сатурном, но для этого спутник должен был находиться на более вытянутой орбите.

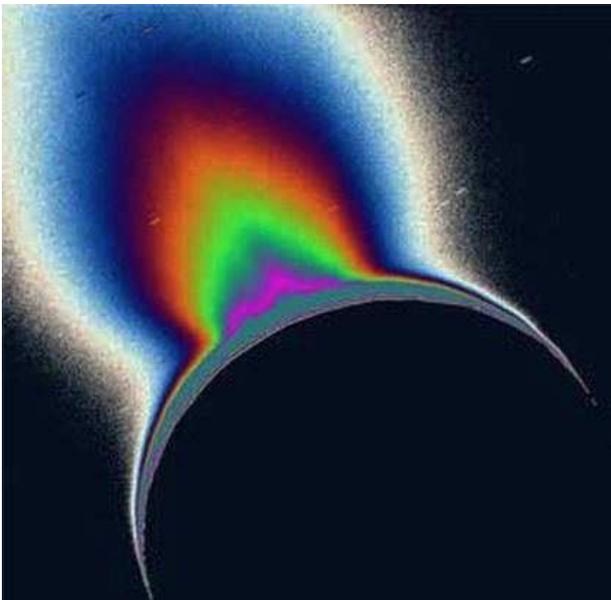


Энцелад меньше нашей Луны, но освещал бы Землю намного сильнее. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>



Гейзеры на Энцеладе. Солнце расположено позади спутника Сатурна. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

В конце 2005 года зонд Cassini, который работает на орбите Сатурна, проводил съемку Энцелада, одного из спутников этой планеты. На снимках, сделанных в тот момент, когда Энцелад подсвечивался сзади Солнцем, ученые обнаружили нечто похожее на фонтаны. На поверхности Энцелада в его южной приполярной области, как оказалось, есть источники, выбрасывающие в окружающее пространство "фонтаны" мелких частиц. Таких фонтанов там несколько и они разных размеров. Для получения более надежной информации команда ученых провела обработку снимков, чтобы усилить слабый сигнал и сделать более наглядными контуры факелов выбрасываемой материи.



После обработки видна область распространения гейзера с поверхности Энцелада. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

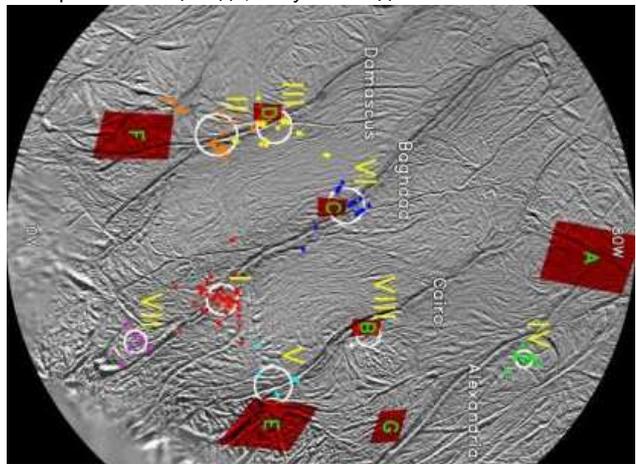
На основе данных о рассеянии света выбрасываемыми частицами ученые определили, что частицы представляют собой главным образом маленькие кристаллики водяного льда и что высота этих фонтанов составляет не менее 100 км. Пока точно неизвестно, что вызывает такой выброс льда с поверхности Энцелада. Но есть две гипотезы. Первая состоит в том, что частички водяного льда - это замерзшие пары воды, образовавшиеся при нагревании поверхностного льда Солнцем. Вторая предполагает, что на некоторой глубине под поверхностью Энцелада температура породы достаточно высока для превращения льда в воду и эта вода под давлением выбрасывается на

поверхность как в гейзере. Чтобы прояснить ситуацию, зонду Cassini нужно продолжить исследования Энцелада.

В принципе, это будет несложно, поскольку Cassini должен довольно часто встречаться с Энцеладом, ведь период обращения Энцелада вокруг Сатурна составляет 1,4 земных дня. Об источнике постоянного пополнения атмосферы столь малой луны планетологи ранее могли только гадать, теперь же они разглядели его необычайно подробно: фонтаны из ледяной пыли поднимаются на более 100 километров вверх. Часть этого льда уже никогда не упадет на Энцелад, а послужит пополнением кольца E вокруг Сатурна (в основном это частички размером не более 3х микрон, так как частички больших размеров падают обратно и обновляют поверхность Энцелада).

Снимать спутники Сатурна с близкого расстояния непросто. Например, 11 августа 2008 года космический аппарат Cassini осуществил четвертый близкий пролет мимо Энцелада. Cassini пронорнул под южным полюсом небесного тела и на огромной скорости прошёл через облака водяного пара и пыли, выбрасываемых из «тигровых полос» – огромных трещин в многокилометровой ледовой коре, под которой, по мнению астрономов, скрывается океан жидкой воды. В отличие от предыдущего пролёта мимо Энцелада, состоявшегося в марте 2008, на этот раз Cassini не исследовал эти облака с помощью химических анализаторов, а разглядывал сами полосы своими оптическими камерами.

Космический аппарат был ориентирован таким образом, чтобы оптическая аппаратура была направлена прямо на южный полюс Энцелада. Однако одного этого мало для получения хороших снимков. Относительная скорость Cassini и Энцелада в это время составляла около 18 км/с. Как говорят астрономы – это всё равно, что пытаться фотографировать лицо пастуха, стоящего в поле в паре километров от хайвея, по которому фотограф проносится в скоростном автомобиле. Притом что у фотографа в руках камера с телеобъективом. Чтобы снимки получились чёткими, время экспозиции пришлось сделать очень коротким. Из-за этого первые снимки, полученные на минимальном расстоянии космического аппарата от поверхности Энцелада, получились довольно тёмными.

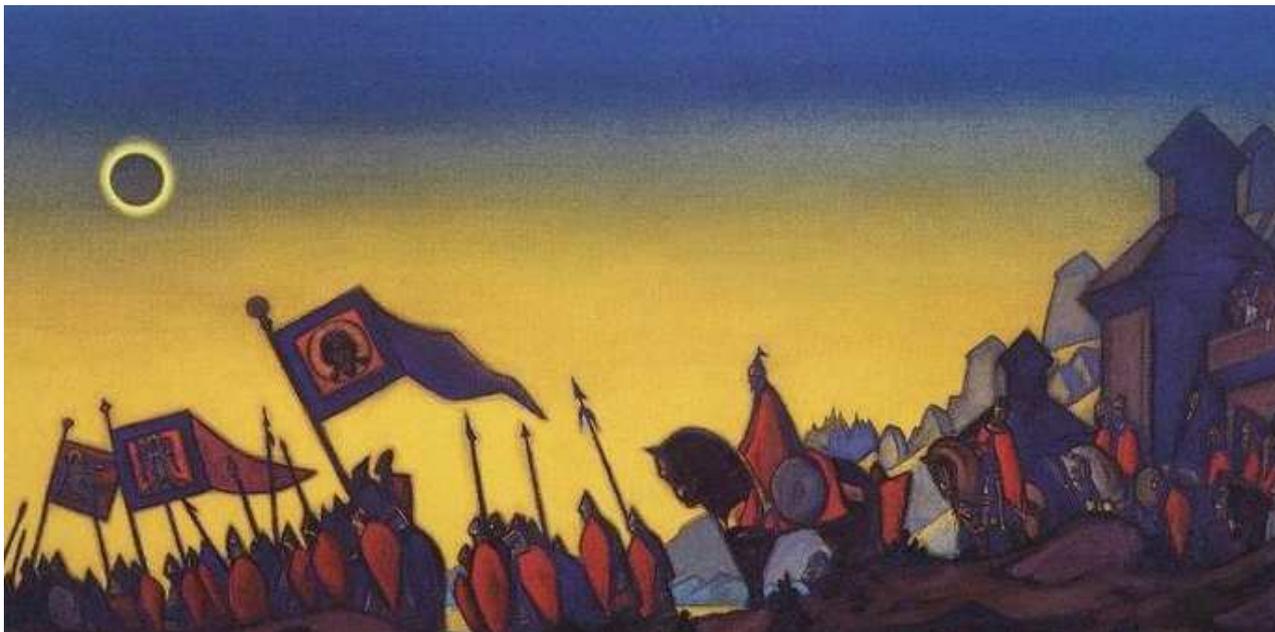


Эта карта южного полярного региона иллюстрирует корреляцию между реактивными струями из ледяных частиц и горячими точками на поверхности Энцелада. Изображение с сайта <http://galspace.spb.ru>

Проблема здесь посерьёзней, чем у фотографов, снимающих болиды «Формулы-1» – и скорости повыше, и солнечное освещение в сто раз тусклее, чем на Земле. Чтобы хоть как-то удлинить экспозицию, инженеры NASA и Лаборатории реактивного движения, управляющие Cassini, даже заставили его вращаться – примерно так же, как поворачивался вслед своей цели и профессиональный фотограф. Основным инструментом, осуществлявшим съёмки, была выбрана узкоугольная камера (NAC) высокого разрешения, которая была запрограммирована на семь последовательных фотографий.

По материалам сайта <http://galspace.spb.ru>

Круговерть затмений



Н. К. Рерих, «Поход князя Игоря». х.м. 1942 г.

*"У Донца был Игорь, только видит
Словно тьмой полки его прикрыты,
И возрел на светлое он Солнце -
Видит: Солнце, что двурогий месяц,
А в рогах был словно уголь горящий,
В тёмном небе звёзды просияли,
У людей в глазах позеленело".
Аполлон Николаевич Майков, «Слово о полку Игореве»*

Полное солнечное затмение - тьма и холод внезапно скрывшие тёплый ясный день; оранжевое кольцо зари окаймляющее горизонт, словно зашло не одно, а множество Солнц; сумеречное, фиолетовое звёздное небо и на нём проваливающаяся чернота диска Луны с расходящимися лучами серебристой солнечной короны. «На Земле ли я?» - невольно спросит себя человек во время полной фазы затмения...

А если полное солнечное затмение и по сей день вызывает трепет и восхищение, даже у людей, которые видели его не один раз, то, несомненно, оно должно было поражать наших далёких предков. Давайте совершим небольшое путешествие в историю астрономии и посетим самые интересные затмения древности.

Благодаря величайшему памятнику русской средневековой литературы - «Слову о полку Игореве» - полное солнечное затмение 1-ого мая 1185-ого г. является одним из самых известных затмений Древней Руси. В те далёкие времена затмения считались дурным знаком: ведь недаром князь

Игорь, увидев "знамение в Солнці", проигрывает битву и попадает в плен к половцам...

Впрочем, затмения наблюдались за тысячи лет до похода князя Игоря. Наверное самые ранние упоминания о них можно найти в древних китайских летописях. Древний Китай

– одна из первых цивилизаций, в которой велись регулярные астрономические наблюдения. Уже в третьем тысячелетии до нашей эры, при дворе императора непременно должны были находиться придворные астрономы.

Широко известна печальная легенда об астрономах Хи и Хо, которые не предупредили императора об "опасности" - наступающем затмении (как считается, это было частное солнечное затмение 22-ого октября 2137 г до н.э.). За это, "провинившиеся" были казнены.



Затмение 1-ого Августа 2008 г. над Великой Китайской Стеной. Фото: Майк Симонс, «Астрономы без границ»

Но наиболее внимательными наблюдателями затмений древности, стоит назвать астрономов Месопотамии. Историки считают, что уже к концу IV-ого в. до н.э. астрономы древнего междуречья открыли сарос - 18-ти летний цикл затмений, важнейший инструмент предсказания этих явлений в древности. Вероятно, именно

благодаря достижениям вавилонских астрономов, состоялось первое известное предсказание затмения.

28-ого мая 585 г. до н.э. шёл шестой год войны между Лидией и Мидией, повествует Геродот. Но вдруг день превратился в ночь, и тогда лидийцы и мидяне сложили оружие и поспешно заключили мир. Это затмение предсказал ионянам Фалес Милетский и даже точно указал год, в который оно наступит. Надо сказать, что эта дата известна теперь так точно, как раз, благодаря достижениям астрономии.

Начиная с XIX-ого века стало возможным, пользуясь точными моделями движения Луны и Земли, вычислять моменты наступления затмений на много лет назад и вперёд. Фалес жил в греческом городе Милеете в конце VII - середине VI в. до н.э. К сожалению, его сочинения не сохранились, и неизвестно, какими данными он пользовался, для предсказания затмения.

Другой широко известный случай предсказания затмения связан с Христофором Колумбом. Колумб первым из мореплавателей стал пользоваться астрономическим календарём для определения долготы открытых земель.

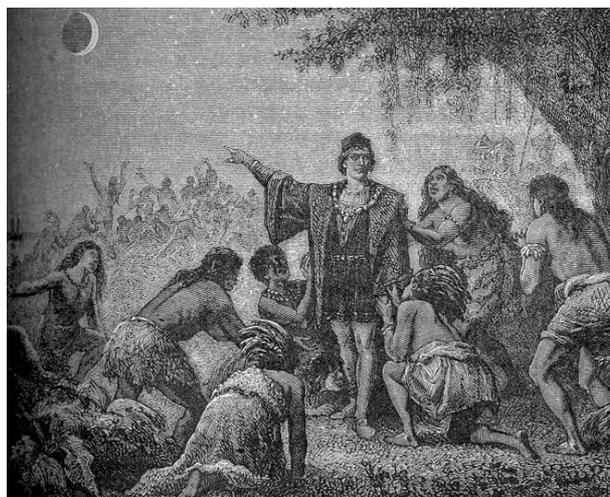
Поэтому, во время своего четвёртого путешествия через Атлантику в 1504-ом г. он решил воспользоваться наступающим лунным затмением для уточнения долготы своего текущего расположения. К тому времени движение Луны было уже достаточно хорошо изучено, и стало возможно предсказывать моменты наступления затмений недалёкого будущего с точностью до минуты.

Итак, 29-ого февраля 1504-ого г. Колумб, начал готовиться к наблюдениям. Однако туземцы, которые, вообще, встретили мореплавателей с опаской и даже отказались снабдить их съестными припасами, стали препятствовать подготовке.



Фалес Милетский (конец VII - середина VI в. до н. э.)

Тогда Колумб, воспользовавшись суеверием туземцев, сказал, что лишит их лунного света этим же вечером. И, конечно, когда полная фаза затмения началась, и кроваво красная земная тень стала наползать на полную Луну, испуганные карибы были готовы сделать всё что угодно, чтобы вернуть обратно гаснущее светило.



Колумб «лишает» туземцев Луны (из «Популярной астрономии» Камилы Фламариона)

Так как же возможно предсказать солнечное или лунное затмение? Явления, которые происходят так редко, и в последовательности которых, на первый взгляд, сложно найти какую-нибудь закономерность? Прежде чем ответить на это вопрос, следует отметить, что нам - жителям Земли, необыкновенно повезло. Воистину, затмения - это подарок небес астрономам!

Действительно, только благодаря невероятному стечению обстоятельств мы можем наблюдать полное солнечное затмение. Всё дело в нашем чудесном спутнике - нашей Луне. Луна - явление уникальное в солнечной системе. С тех пор как Плутон, вместе со своим спутником Хароном, был исключён из числа планет, Земля и Луна остаются единственной двойной планетной системой, обращающейся вокруг Солнца.

Двигаясь по своей орбите Луна, отбрасывает в пространство конус тени. Благодаря своему значительному размеру, (Луна всего в четыре раза меньше Земли в диаметре), конус её тени, при благоприятных обстоятельствах, может коснуться земной поверхности. Более того, отношение расстояний от Земли до Луны и от Земли до Солнца и диаметров Луны и Солнца

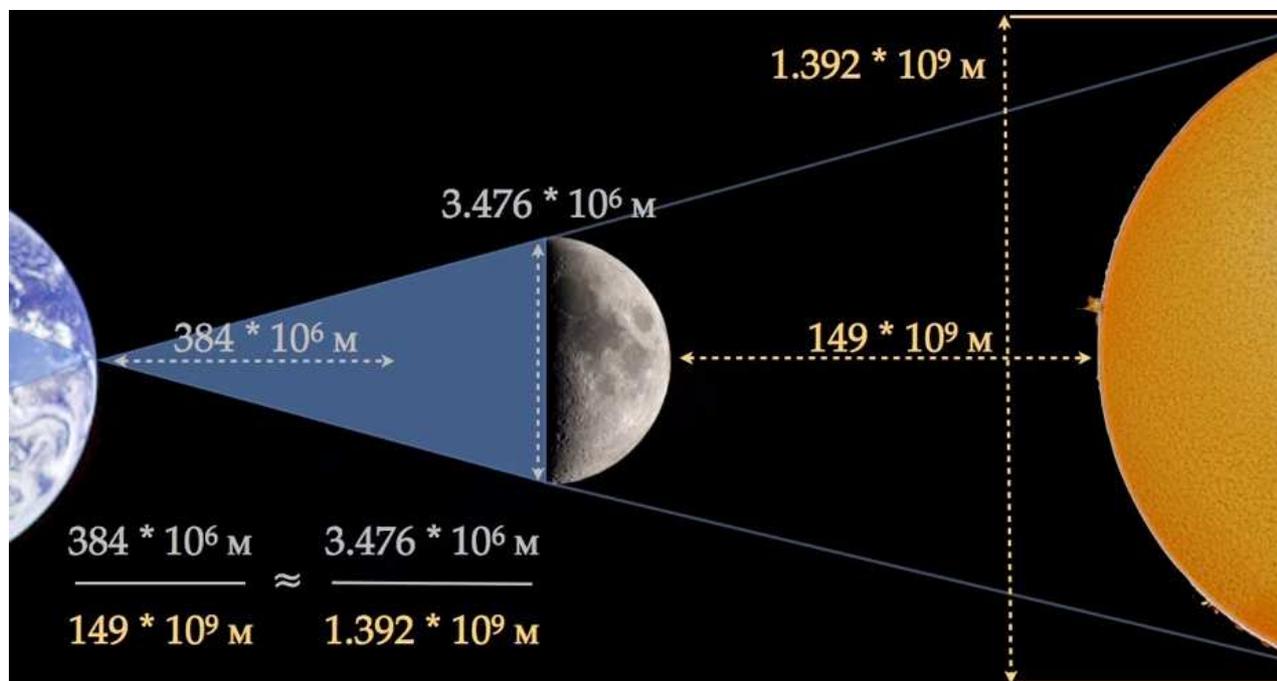


Затмения - подарок небес астрономам!
Фото: обсерватория «Ка-Дар», проект «Космос в движении»
Коллаж: полная фаза солнечного затмения 1-ого августа и частного лунного затмения 16-ого августа 2009 года.

приблизительно равно. Поэтому Луна во время полного солнечного затмения закрывает Солнце, как точно подобранный диск коронографа. Представим себе, как выглядит система Земля-Луна, если посмотреть на неё поднявшись над северным полюсом нашей планеты. Луна движется по своей орбите вокруг Земли против часовой стрелки и совершает полный оборот за 27 с небольшим суток.

по часовой стрелке (то есть навстречу движению Луны по орбите), и совершает полный оборот за 6585 и одну треть суток, что составляет 18,6 лет. Именно этот период и называется сарос, и он очень важен в цикле затмений.

Итак, затмение может случиться тогда и только тогда, когда эти линии будут совпадать или будут близки друг к другу. Мысленно продолжим движение и посмотрим, когда это может случиться.



Схематический вид лунной тени

Именно за 27,3, а не за 29,5 суток, как в привычном нам лунном месяце, составляющем полный цикл смены её фаз. Разница в два дня между длительностью полного цикла смены фаз Луны (синодическим месяцем) и длительностью полного оборота (сидерическим месяцем), обусловлена тем, что за то время, пока Луна делает свой полный оборот, вся система Земля-Луна смещается по своей орбите вокруг Солнца. Поэтому нашему спутнику требуется ещё два дня, чтобы вновь прийти в ту же фазу.

Очевидно, что солнечное затмение может случиться только тогда, когда Луна расположена между Солнцем и Землёй - то есть, во время новолуния. Напротив, лунное затмение может случиться только в том случае, когда Земля находится между Солнцем и Луной - то есть, во время полнолуния. Отчего же тогда мы не наблюдаем затмений каждый месяц? К сожалению, орбита Луны не лежит в плоскости земной орбиты, а наклонена относительно неё на пять градусов. Поэтому, в подавляющем большинстве случаев, во время новолуний и полнолуний, Луна, оказывается не точно на прямой Земля-Солнце, а чуть выше или ниже неё.

Но если плоскости орбит Земли и Луны не совпадают, то в каком же случае может случиться затмение? Чтобы ответить на этот вопрос, вспомним, что, хотя Луна большую часть времени и не находится в плоскости земной орбиты, всё же наш спутник пересекает её два раза в месяц, в двух диаметрально противоположных точках своей орбиты. Эти две точки, (или как их ещё называют, узлы), лежат на линии пересечения плоскостей лунной и земной орбит. Эта линия называется линией узлов.

Проведём ещё одну воображаемую линию - линию соединяющую Землю и Солнце. Проекция этой линии на плоскость лунной орбиты называется линией лунаций. Очевидно, что ориентация линии лунаций, постоянно связана с Солнцем и положением Земли на своей орбите. Зато ориентация линии узлов не постоянна, она вращается

Медленно движется по своей орбите Земля, а вместе с ней поворачивается и линия лунаций. В какой-то момент Земля окажется в такой точке своей орбиты, что линия узлов и линия лунаций совпадут. И тогда, непременно, произойдёт несколько затмений.

Тип этих затмений будет зависеть от того, в каком положении относительно Солнца, (то есть в какой фазе), будет находиться Луна во время максимального совмещения линий. Так как промежуток времени, в течение которого линии совпадают достаточно точно для того, чтобы могло случиться затмение, чуть больше лунного месяца, то в него непременно попадёт, по крайней мере, одно новолуние и одно полнолуние.

Таким образом, если на момент максимального совмещения линий, придётся новолуние - то произойдёт солнечное затмение, а его будут окаймлять два частных лунных. Напротив, если в этот момент Луна будет находиться в фазе полнолуния, то произойдёт полное лунное затмение, а его "спутниками", будут два частных солнечных. Однако, в большинстве случаев, на момент максимального совмещения линий приходится какая-либо другая фаза Луны, и тогда происходит одно лунное и одно солнечное затмение.

Но Земля продолжает двигаться по своей орбите и, увы, уходит из той замечательной точки, в которой происходят затмения. Однако, через полгода Земля сделает около полуоборота вокруг Солнца, и линии узлов и лунаций вновь совпадут. В действительности промежуток времени между совмещениями линий чуть меньше полугодия, благодаря вращению оси лунаций.

Итак, каждые полгода происходят, по крайней мере два, а иногда и три затмения. Но при этом, остаётся неясным, как определить, какого типа будет затмение во время следующего совмещения линий, и где его можно будет наблюдать.

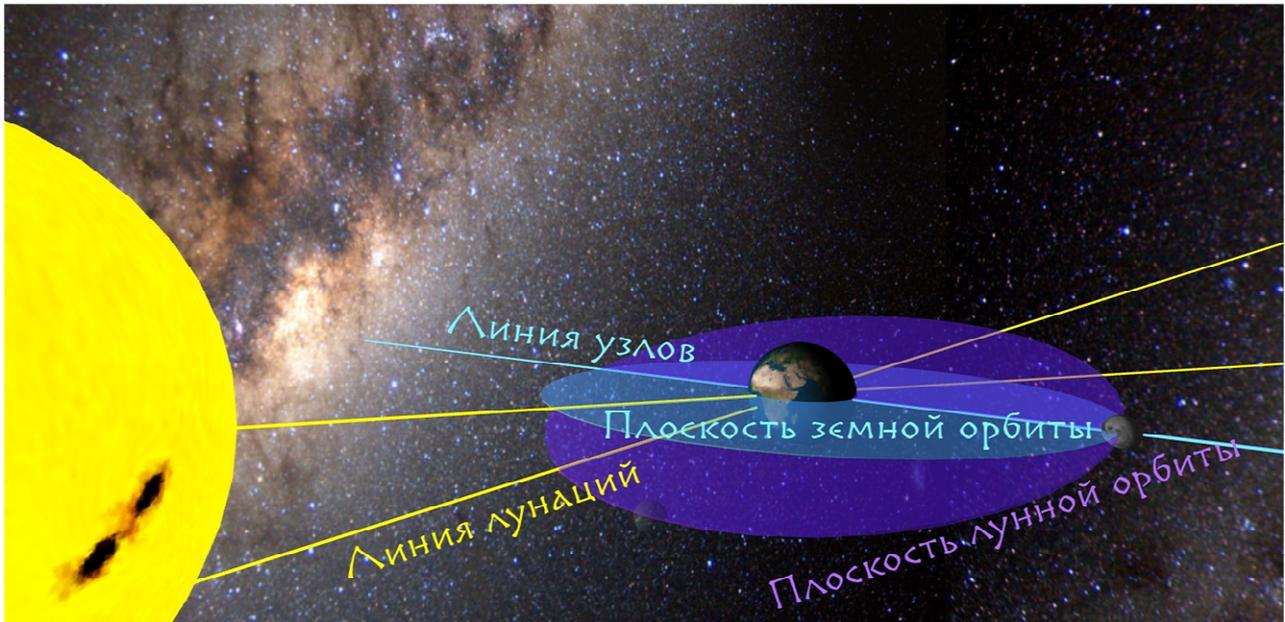


Схема движения линий узлов и лунаций

И вот здесь-то нам и пригодится сарос. Дело в том, что по истечении одного сароса с какого-либо затмения, (то есть после полного оборота линии узлов), Луна, Земля и Солнце вновь окажутся в примерно той же конфигурации, и тогда произойдёт затмение, очень похожее на своего предшественника. Правда, так как сарос содержит 6585 и ещё одну треть суток, то область видимости затмения тоже сдвинется на одну треть оборота земли (120°) на запад.

Зато после того, как пройдёт период, равный утроенному саросу, случится затмение, у которого будет достаточно похожая область видимости. Именно этим циклом затмений и пользовались древние астрономы для того, чтобы делать свои предсказания. Значит, для того, чтобы день обратился в ночь, диск Луны закрыл Солнечный, и зажглась величественная корона нужно, чтобы Луна оказалась в фазе новолуния в тот момент, когда совпадут линии узлов и лунаций? Увы, и здесь не всё так просто...



Кольцеобразное солнечное затмение 03 октября 2005 года Фото: Стефан Сейп

Кроме того, что орбиты Земли и Луны повернуты относительно друг друга на пять градусов, они обладают

ещё одним важным для солнечных затмений свойством - эксцентриситетом. Эксцентриситет земной орбиты составляет 0,0167, лунной 0,0549. Из-за этого расстояния от Земли до Луны, и от Земли до Солнца постоянно меняются, а в вместе с ними меняется и видимый угловой диаметр этих светил.

Поэтому, иногда угловой размера диска Луны оказывается меньше углового размера диска Солнца, и тогда аккуратный диск нашего естественного коронографа уже не может полностью закрыть солнечный. Если солнечное затмение случится в такой момент, то, как бы точно не совпали линии узлов и лунаций, тьма среди бела дня не наступит, и не вспыхнет солнечная корона.

В этом случае произойдёт кольцеобразное солнечное затмение. Как и следует из его названия, на всём протяжении максимальной фазы такого затмения вокруг Луны горит ослепительно яркое кольцо - всё что осталось от скрывшегося Солнца. Но несмотря на то, что в этот момент Землю освещает менее 10% солнечного диска, смотреть на него без использования специальных защитных фильтров всё равно категорически запрещается – это может привести к **полной потере зрения!**

И только тогда, когда отношение размеров диска Луны и Солнца окажется больше единицы, то есть Луна будет находиться достаточно близко к Земле, а Земля достаточно далеко от Солнца, когда Луна окажется в фазе новолуния, а линия узлов и линия лунаций совпадут, только тогда произойдёт величайшее чудо из чудес - полное солнечное затмение.

Конус лунной тени коснётся поверхности Земли и побегит по ней со скоростью более тысячи километров в час, а счастливые астрономы, которые окажутся в узкой полосе полной фазы (её ширина составляет всего сотни километров), будут ловить каждую секунду этого незабываемого зрелища. Такова непростая механика карусели небесных затмений.

Литература:

- «Астрономия» энциклопедия Аванта, 2003
- «Небо начала века», О.С. Угольников, 2000
- «Астрономия Древней Руси» Д.О. Святский, 1915. (2007)

Владимир Князь, любитель астрономии, проект «Космос в Движении»

<http://cosmosmotion.110mb.com>

(специально для журнала «Небосвод»)

Дочери Ураны

(окончание, начало см. в № 5 за 2009 год)

Вильямина Флеминг (1857 - 1911)

Вильямина Флеминг (Williamina Paton Stevens Fleming) родилась 15 мая 1857 года в г. Данди, Шотландия. Она училась в бесплатной городской школе, а с четырнадцати лет и до замужества преподавала там же. В 1877 году Вильямина вышла замуж за Джеймса Флеминга, а через год эмигрировала вместе с мужем в Бостон. Спустя еще один год, когда Вильямина была беременна, муж ее бросил. Оставшись одна с ребенком на руках, Вильямина была вынуждена наняться горничной; вот так она и попала в семью профессора Эдуарда Пикеринга.

В 1881 году Пикеринг нанял В. Флеминг для работы в обсерватории. Она должна была выполнять секретарскую работу и проводить некоторые математические вычисления, но вскоре Вильямина доказала, что способна заниматься и наукой. Она разработала систему классификации звезд по виду их спектра, полученного при прохождении света звезды через призму. Она использовала этот метод, названный позднее ее именем, для создания каталога более чем 10000 звезд, который она составляла в течение девяти лет. Эта работа была опубликована в 1890 году в виде книги, названной «Каталог звездных спектров Генри Дрэпера».

Постепенно обязанности Вильяminy Флеминг расширились, и она была назначена руководителем группы из дюжины молодых женщин, нанятых для проведения вычислений (сейчас такую работу делают компьютеры). Кроме того, она редактировала все обсерваторские публикации. Ее работа была столь безупречна, что в 1898 году ее назначили хранителем архива фотопластинок. Для астрономов собрание фотографий звездного неба бесценно. Впервые на столь высокую должность назначили женщину.



Рабочая комната Гарвардской обсерватории в 1891 г. Эдуард Пикеринг и его женский коллектив, занятый классификацией звездных спектров. Среди них: Генриетта Ливитт (третья слева, считая Пикеринга), Вильямина Флеминг (стоит) и Энни Кэннон (крайняя справа). Фото из серии снимков, сделанных для журнала «New England Magazine» и частично опубликованных в № 6 за 1892 г.

В 1906 году Вильямина Флеминг стала первой американкой, избранной в лондонское Королевское астрономическое общество. В 1907 году она опубликовала исследование открытых ею на фотопластинках 222 переменных звезд, а в 1910 году – работу – работу, в которой говорилось об открытии «белых карликов», маленьких, но очень горячих и плотных

звезд, имеющих белый цвет. Теперь мы знаем, что белые карлики – это звезды на самой поздней стадии своей эволюции. Последняя, очень важная работа Флеминг «Звезды с peculiarными спектрами» была опубликована в 1912 г. А умерла она 21 мая 1911 года в Бостоне. Все достижения этой незаурядной женщины, бывшей горничной, приобретают особый смысл, если вспомнить, что ее образование ограничилось бесплатной городской школой. Работу Вильяminy Флеминг по усовершенствованию системы спектральной классификации звезд продолжила Антония Мори.

Антония Мори (1866 - 1952)

Антония Каэтана Мори (Antonia Caetana de Paiva Pereira Maury) родилась 21 марта 1866 года в Колд Спринг-он-Хадсон (г. Нью-Йорк) в семье министра и натуралиста. Племянница Генри Дрэпера и внучка Джона Вильяма Дрэпера (физика, одного из пионеров фотографии в астрономии), она была известна не только как астроном, но и как орнитолог и натуралист. В 1887 году Антония закончила упомянутый выше женский Вассар-колледж и с 1888 года начала работать в Гарвардской обсерватории, в группе, составляющей каталог Генри Дрэпера.

Мори усовершенствовала систему спектральной классификации. Она обращала внимание не только на наличие или отсутствие опорных линий, выбранных для классификации, но также учитывала их ширину и резкость. Именно она впервые ввела в систему классификации звезд второй параметр – индексы a , b , c для звезд с диффузными, нормальными и резкими линиями. Это усложняло систему, делало ее громоздкой. Не получив одобрения Пикеринга, эта система долгое время оставалась невостребованной. Однако Мори составила каталог 681 яркой звезды северного неба с такой классификацией (1897 г.), и не зря! В 1905 году датский астроном Эйнар Герцшпрунг на основе системы Мори построил зависимость, которую мы теперь называем диаграммой Герцшпрунга-Рассела и которая является краеугольным камнем всей современной звездной астрофизики.



Когда Э. Пикеринг открыл первую спектроскопически двойную звезду Мицар, мисс Мори стала первой, кто определил ее орбитальный период в 104 дня. Сама она открыла вторую такую же звезду – бета Возничего с периодом около четырех дней. С этого времени спектрально-двойные звезды стали предметом ее исследований.

Много лет Антония Мори изучала очень сложный и интересный спектр звезды бета Лиры и в 1933 году опубликовала его подробнейшее описание. До 1948 года она почти каждый год приезжала в Гарвард для изучения новых фотографий спектра беты Лиры и проверяла, меняется ли спектр этой звезды так, как она предсказывала. Сами спектры были получены с помощью 11-дюймового

рефрактора, который вначале принадлежал Генри Дрэперу, но был подарен его вдовой Гарвардской обсерватории. Программа наблюдений мисс Мори была одной из последних программ, проведенных на этом телескопе перед отправкой его в Китай. После ухода на пенсию мисс Антония Мори несколько лет была куратором Парка Музея Дрэперов в Хастингсе на Гудзоне.

Генриетта Ливитт (1868-1921)



Генриетта Суон Ливитт (Henrietta Swan Leavitt) родилась 4 июля 1868 года в Ланкастере, шт. Массачусетс, в семье министра. Образование получила в Оберлин-колледже, а затем в Обществе университетского образования женщин, позже названного Рэдклифским колледжем и вместе с мужским Гарвардским колледжем составившего нынешний Гарвардский университет в Кембридже, шт. Массачусетс. На старшем курсе мисс Ливитт увлеклась астрономией; закончив в 1892 году колледж, она еще дополнительно прослушала курс по астрономии, но приступить к работ сразу не смогла. Несколько лет ей пришлось провести дома из-за серьезной болезни, сделавшей ее практически глухой. Однако любовь к астрономии не прошла, и в 1895 году мисс Ливитт поступила «сверх штата» (т. е. без зарплаты) в обсерваторию Гарвардского колледжа. И лишь семь лет спустя Пикеринг зачислил ее в постоянный штат сотрудников с зарплатой 30 центов в час.

Казалось бы, физический недостаток не позволял мисс Ливитт надеяться на творческую работу. Но она недолго оставалась ассистентом: проявив недюжинные способности, в 1902 году она возглавила отдел фотографической фотометрии, занятый изучением изображений звезд на фотопластинках для определения их блеска в звездных величинах.

За свою карьеру Ливитт открыла более 2400 переменных звезд (по большей части – в Магеллановых Облаках, галактиках-спутниках Млечного Пути), что составило почти половину известных в то время переменных звезд. В основном это были светила, регулярно меняющие свой блеск – цефеиды. Изучая их, Ливитт сделала свой важнейший вклад в астрономию: она обнаружила зависимость между периодом изменения блеска и самим блеском звезды. Знание зависимости период-светимость для цефеид помогло астрономам измерить расстояния, как в нашей Галактике, так и от нее до ближайших галактик. В итоге, именно эта зависимость позволила Эдвину Хабблу в 1929 году сделать важнейшее открытие в астрономии XX века – обнаружить расширение Вселенной.

Совместно с Э. Пикерингом Генриетта Ливитт разработала также стандарт фотографических измерений блеска звезд, известный как Северный Полярный ряд. В 1913 году он был принят Международным комитетом фотографических

величин под названием Гарвардский стандарт. Для разработки этого стандарта Ливитт использовала 299 фотопластинок, полученных на 13 телескопах, и с помощью логарифмических уравнений определяла блеск звезд вплоть до 17-ой звездной величины и даже слабее. На протяжении всей своей жизни мисс Ливитт не оставляла эту работу, а постоянно уточняла и расширяла ее.

При этом мисс Ливитт не имела права выбирать себе тему исследования, а должна была изучать те объекты, на которые ей указывал руководитель обсерватории. Из-за господствовавших в то время предрассудков она не имела возможности полностью раскрыть свой талант, но коллеги вспоминали ее как «обладателя самого ясного ума в Обсерватории», а современные астрономы называют ее «наиболее выдающейся женщиной Гарварда». Генриетта Ливитт проработала в обсерватории Гарвардского колледжа до конца своей жизни. В 1921 году она умерла от рака.

Энн Кэннон (1863 - 1941)

Oh, Be A Fine Girl - Kiss Me! «О, будь милой девочкой и поцелуй меня!» Уже несколько поколений астрономов с помощью этой мнемонической фразы запоминают последовательность спектральных классов звезд. По иронии судьбы эту спектральную последовательность разработала женщина.

Энни Джамп Кэннон (Annie Jump Cannon) была самой заменитой из «женщин Пикеринга». Она родилась 11 декабря 1863 года в Довере, штат Делавэр. Ее отец Вильсон Кэннон был судостроителем и сенатором штата. Энн оказалась старшей из трех дочерей Вильсона и его второй жены Мэри Джамп. Именно мать Энни была любителем астрономии; она и научила свою дочь различать созвездия и всячески стимулировала ее интерес к науке.



Энн Кэннон через лупу изучает фотопластинку.

Образование мисс Кэннон получила в колледже города Уэлсли, близ Бостона, где она среди прочего изучала физику и астрономию, а также практиковалась в спектроскопических измерениях. Окончив колледж, Энн на целые десять лет вернулась домой в Делавэр и помогала матери вести домашнее хозяйство. В 1894 году, после смерти матери, мисс Кэннон переехала в Уэлсли и начала работать младшим учителем физики. В то же время она стала «особым студентом» по астрономии в Рэдклифском колледже. Энн освоила фотографию, бывшую в то время весьма новым делом, и объездила всю Европу, делая снимки. В 1896 году Кэннон участвовала в первых американских экспериментах с рентгеновскими лучами, но при этом она всем сердцем тянулась к астрономии, поэтому в том же 1896 году начала работать в обсерватории Гарвардского колледжа.

Мисс Кэннон волилась в группу «женщин Пикеринга». Будучи с детства частично глухой, она обладала огромной способностью к концентрации, большим терпением и хорошей памятью. Все эти качества и сделали ее участие в Гарвардском проекте столь успешным. Пикеринг поручил ей заниматься классификацией звездных спектров, считая, что именно это направление астрономии играло в ту пору

важнейшую роль в изучении структуры Вселенной. Энн с удовольствием взялась за эту работу.

Кеннон продолжила работу Вильямина Флеминга и Антонио Мори. Она взялась за исследование ярких звезд Южного полушария и поначалу пыталась применить для классификации спектров довольно сложную схему Флеминга, содержащую 22 класса, а затем – схему Мори, имевшую физические корни и с порога отвергнутую Пикерингом. Оба подхода не понравились Кэннон и она развила свою, более простую систему спектральных классов, обозначив их буквами алфавита (A, B, C, ...). В основном это деление звезд на классы сохранилось до наших дней, хотя несколько видоизменилось: когда в начале XX века физики выяснили, как вид спектра зависит от температуры газа, была выделена основная последовательность спектральных классов: O, B, A, F, G, K, M, отражающая снижение температуры поверхности нормальных звезд от 40000 до 3500 К. Затем появились дополнительные классы R, N и S, отражающие вариации химического состава у относительно холодных звезд-гигантов с температурой около 3000 К. И уже в конце 1990-х годов ввели два новых спектральных класса – L и T, для звезд с температурой поверхности менее 2000 К (в период Гарвардского проекта такие звезды еще не были открыты).

У Энни Кэннон был феноменальный «глаз» на спектры. При помощи лупы она изучала фотопластинки, на каждой из которых были сотни крохотных спектров. И каждую звезду необходимо было отнести к тому или иному классу в зависимости от интенсивности линий, избранных ею в качестве шаблона. Рядом с ней работал ассистент, который тут же записывал определенный ею класс. В тех областях пластинок, где было не слишком много звезд, классификацию она проводила со скоростью более чем три звезды в минуту.

Плотные области с большим количеством звезд занимали у нее немного больше времени. Между 1918 и 1924 гг. Кэннон опубликовала девять томов своего каталога «HD» (Henry Draper), содержащего 250 тыс. звезд. И далее всю свою жизнь она занималась классификацией звезд; все тома каталога «HD» содержат около 400 тыс. звезд. Этот каталог стал настоящим «каноном»: он пользуется большим спросом у астрономов из-за высокой степени согласованности и однородности данных, поскольку это работа одного исследователя. Метод классификации Кэннон успешно используется по сей день. Кроме этого, за время работы над каталогом Энн открыла 300 переменных и пять Новых звезд.

Кэннон отдала работе более 40 лет именно в те годы, когда женщине в науке было очень непросто. Но любовь к науке и трудолюбие позволили ей достичь многого. В 1897 году Энн Кэннон стала ассистентом. В 1911, после смерти Вильямина Флеминга, Кэннон назначили куратором астрономических фотографий. Она стала первой женщиной, получившей степень доктора астрономии Гронингенского университета (1921 г.).

В 1923 году Энн Кэннон была включена в список двенадцати выдающихся женщин Америки. В 1925 она стала первой женщиной, получившей почетную степень доктора Оксфордского университета. А в 1931 году Кэннон была избрана почетным членом Королевского Астрономического общества (на полное членство в этом обществе женщины в те годы не имели права). В том же 1931 году она получила Золотую медаль им. Генри Дрэпера от Национальной Академии наук; и вновь она оказалась первой женщиной, удостоенной этой медали.

А через год она стала последней женщиной, получившей исследовательский приз им. Элен Ричардс от Ассоциации содействия научным исследованиям женщин; после этого приз перестали присуждать. Денежную составляющую своей награды Кэннон передала Американскому астрономическому обществу для учреждения награды за выдающийся вклад женщины в астрономию. Сейчас эта награда известна как Приз им. Энн Кэннон.

А в самом Гарварде, несмотря на десятилетия работы, Кэннон не получила ни какого академического признания до 1938 года, когда незадолго до смерти ей присвоили звание профессора. Умерла Энн Кэннон в 1941 году в Кембридже (шт. Массачусетс).

Сесилия Пейн-Гапошкина (1900 - 1979)



Сесилия Пейн (Cecilia Payne) родилась 10 мая 1900 года в Уэндовере, близ Лондона, и оказалась старшей из трех детей Эдварда и Эммы (Петц) Пейн. Ее отец был одаренным музыкантом, историком и адвокатом. Он умер, когда Сесилии было четыре года. Ее мать была превосходным художником; именно она приобщила детей к классической литературе.

Начальная школа в Уэндовере дала Сесилии свободное владение немецким и французским языком, а также основы латыни. Уже к 12 годам она увлекалась ботаникой, арифметикой и алгеброй. В своей неопубликованной автобиографии она описывает тренировки памяти, проводившиеся в их школе и способствовавшие развитию ее наблюдательных способностей: один раз в неделю дети должны были найти три медных гвоздика, разбросанных на школьном дворе.

После окончания начальной школы мама перевезла Сесилию вместе с другими детьми в Лондон. Там ее отдали в школу, в которой не преподавали естественные науки, и Сесилия, к тому времени уже решившая, что будет изучать природу, начала читать научные книги из домашней библиотеки. Она прочитала работы Исаака Ньютона, Эммануила Сведенборга и Томаса Хаксли, которые, по ее признанию, сыграли большую роль в формировании ее личности как ученого.

В 1919 году Сесилия Пейн поступила в Кембриджский университет и занялась ботаникой, химией и физикой. Несколько месяцев спустя она попала на лекцию Артура Эддингтона – ведущего английского астронома. Эддингтон рассказывал о теории относительности Эйнштейна и последних опытах по проверке этой теории. Лекция произвела на Сесилию огромное впечатление; после нее она решила заниматься астрономией. Однако она понимала, что после окончания университета в Англии у нее нет никаких перспектив, кроме как получить место учителя (в таком случае она считала, что лучше умереть!). Закончив университет в 1923 году, Сесилия в поисках научной работы отправилась в США. Там она приняла приглашение Харлоу Шепли (H. Shapley), недавно назначенного директором Гарвардской обсерватории, и начала работать в Гарварде.

Шепли убедил мисс Пейн написать докторскую диссертацию, и в 1925 году она стала первым ученым (не только женщиной!), получившим докторскую степень за работу, сделанную в Гарвардской обсерватории. Естественно, ученую степень присвоил ей Рэдклиффский колледж, а не Гарвардский. Эта диссертация была опубликована в серии Монографий Гарвардской

обсерватории под номером 1 и называлась «Звездные атмосферы» (1925 г.). Фактически, это была первая монография по данной проблеме. По отзывам известных астрономов Генри Рассела (H. Russell) и Отто Струве (O. Struve), это была «самая блестящая диссертация из всех, когда-либо написанных по астрономии».

Нужно заметить, что в Гарварде тогда еще не было астрономического отделения, уполномоченного присуждать ученые степени, поэтому защита происходила в среде физиков. Теодор Лайман (T. Lyman) с физического отделения и Лоуренс Ловелл (L. Lowell) – президент Гарвардского университета, были категорически против присуждения ученой степени женщине. Поэтому Шепли пришлось бороться за то, чтобы ей присудили степень доктора, и это стало их с Сесилией совместным триумфом. В своей работе мисс Пейн собрала все имеющиеся лабораторные спектроскопические данные и сравнила их с измерениями и оценками глубин спектральных линий, которые она провела на сотнях гарвардских фотографий. В то время ничего не было известно о физических условиях в звездных атмосферах и одной из ключевых диаграмм, приведенных в книге Пейн, стала предложенная ею первая температурная шкала для горячих звезд. Эту шкалу Сесилия вывела из теории тепловой ионизации, незадолго до этого разработанной Саха (Saha), Фаулером (Fowler) и Милном (Milne). Мисс Пейн определила также содержание химических элементов в звездных атмосферах и нашла «поразительное сходство с составом Земли». Но, – отметила она, – в отличие от земного вещества, звездные атмосферы, по-видимому, в основном состоят из водорода и гелия. И это было открытие, опередившее свое время. Астрофизика была еще очень молодой наукой, и на нее влияло общепринятое мнение об однородности природы, а такой признанный авторитет, как Рассел, который оказывал влияние на все области астрономии, не верил, что спектроскопические результаты могут опровергнуть господствующие концепции. Сесилия была вынуждена смягчить свои результаты оговоркой, что в ее анализ могла вкратиться ошибка.

Шепли к тому времени понял, что звезды-гиганты и сверхгиганты могут стать ключом для изучения Вселенной, и уговорил мисс Пейн заняться этой проблемой. Таким образом, темой ее второй книги стали «Звезды высокой светимости» (1930 г.). Книга была издана в серии Монографий Гарвардской обсерватории под номером 2. Будучи настоящей энциклопедией по астрофизике, эта книга несет печать огромных способностей Сесилии Пейн в деле обработки лабораторных данных и ее знаний в области астрономической спектроскопии.

После окончания этой работы Шепли поручил Пейн заняться фотографической фотометрией. Для исследования структуры Млечного Пути по переменным звездам нужны были точные определения блеска звезд сравнения на гарвардских пластинках. Это была большая работа, и публикации Пейн на эту тему появились лишь в тридцатых годах. Тем временем Сесилия открыла для себя эмиссионные и переменные звезды. Позднее она вспоминала восторг, охвативший ее при виде спектра с яркими линиями. Именно это привело ее, – как она позже вспоминала, – к наиболее захватывающему из всех ее исследований. В этой работе она отождествила атомы и ионы, ответственные за появление ярких линий в спектрах звезд типа Вольфа-Райе, и выявила, что наличие углерода отличает эти звезды от других.

В 1934 году мисс Пейн вышла замуж за Сергея Гапошкина – специалиста по затменным двойным звездам, незадолго до того принятого в штат Гарвардской обсерватории. В дальнейшем Сесилия и Сергей работали вместе и растили троих детей.

В 1939 году вышла монография Гапошкиных «Переменные звезды», и вскоре астрономы стали пользоваться ей как справочником. В конце 1930-х и в 1940-х годах чета Гапошкиных провела всестороннее исследование всех известных переменных звезд ярче десятой звездной величины. С помощью 29 ассистентов они провели 1,25 млн оценок блеска звезд на гарвардских пластинках и построили по ним около 2000 кривых блеска переменных звезд. Так был собран огромный однородный материал, дающий возможность выявить связь между характеристиками

различных переменных. Как раз этот материал дал возможность Герцшпрунгу (Hertzsprung) заметить зависимость между периодом и формой кривой блеска у цефеид.

В течение 1950-х годов Сесилия Пейн-Гапошкина (Cecilia Payne-Garoschkin) написала четыре книги, посвященные эволюции звезд, цефеидам, переменным звездам как ключу к шкале расстояний и Новым звездам. На протяжении многих лет она изучала переменные звезды в Магеллановых Облаках; позднее она вспоминала, что если бы она имела возможность начать все сначала, то начала бы именно с этой работы. Себя она считала естествоиспытателем, собирающим факты, на первый взгляд не связанные между собой, и ищущим их взаимосвязи.

В 1939 году, обсуждая с репортером вопрос о карьере женщины, Пейн-Гапошкина говорила, что положение женщин обусловлено тем, что они сами очень долго признавали распространенное мнение об ограниченности их места и дела только семьей, что со временем женщины начинают понимать, что такая односторонняя жизнь весьма убога. Сама Пейн-Гапошкина считала, что дом, материнство и карьера вполне совместимы, и она доказала это своим примером. Но при этом она понимала, что продвижение женщины в научной карьере происходит медленно, хотя и стремилась преодолеть эту ситуацию. В 1956 году она стала первой женщиной, получившей должность полного профессора в Гарварде, а также первой женщиной-заведующим (астрономическим) отделением этого университета. Она первая, в 1934 году, получила Приз им. Энн Кэннон, была избрана членом нескольких иностранных академий; в свои ряды ее избрала Американская академия искусств и наук (1943 г.). Однако, несмотря на то, что Сесилия Пейн-Гапошкина была одним из самых ярких ученых своего времени, Национальная академия наук (США) ни разу не рассматривала на выборах ее кандидатуру. В 1977 году она получила весьма престижную Премию им. Г.Н. Рассела от Американской астрономической ассоциации.

Нужно заметить, что отечественные астрономы всегда с большим уважением относились к работе Сесилии Пейн-Гапошкиной. Еще в 1956 году профессором Б.А. Воронцовым-Вельяминовым была переведена на русский язык и издана в Москве весьма своеобразная научно-популярная книга: Ц. Пейн-Гапошкина «Рождение и развитие звезд» (в те годы у нас писали ее имя как «Цецилия»). Эта книга выросла из цикла лекций, прочитанных Сесилией Пейн в Бостоне и на английском была издана в Кембридже (шт. Массачусетс) в 1952 году. Книга демонстрирует широкую эрудицию автора и своеобразие ее отношения к астрономии и к жизни. Например, разделив книгу на три части, Сесилия озаглавила их так: Действующие лица, Сцена, Драма. А начинается эта книга такими словами:

«Тот, кто решается толковать об эволюции звезд, должен быть оптимистом и обладать чувством юмора. Астрономы и являются неисправимыми оптимистами. Они вглядываются сквозь бурлящий океан земной атмосферы в недостижимые звезды и галактики; они ведут речь о температурах в миллионы градусов, о плотностях, меньших плотности газа в наших лучших вакуумах; они изучают свет, покинувший свои источники двести миллионов лет назад. По мимолетным образам они восстанавливают всю историю Вселенной.

Изучение эволюции космоса является, пожалуй, одним из самых дерзновенных взлетов человеческого воображения». Умерла Сесилия Пейн-Гапошкина (Cecilia Payne-Garoschkin) 7 декабря 1979 года.

Генриетта Своуп (1902-1980)

Генриетта Хилл Своуп (Henrietta Hill Swope, иногда транслитерируют как «Суоп») родилась в семье очень известного и уважаемого в Северной Америке человека – Джерарда Своупа и его жены Мэри Дейтон Хилл. Джерард Своуп, инженер-электрик, закончивший Массачусетский технологический институт, оказался талантливым руководителем и многие годы возглавлял крупные электро-

и радиотехнические компании, например, 20 лет был президентом компании «Дженерал электрик». Его дочь Генриетта долго работала в Гарвардской обсерватории, а затем в обсерватории Маунт Вильсон и Паломар (именно так ее одно время называли). Работая с Харлоу Шепли, она участвовала в программе, позволившей установить зависимость период-светимость для цефеид. Знание этой зависимости дало возможность определить положение Солнца в нашей Галактике и расстояния до других галактик. В 1962 году, используя фотопластинки, полученные Вальтером Бааде (W. Baade) на 5-метровом Паломарском телескопе, Генриетта Своуп определила расстояние до туманности Андромеды и получила значение в 2,2 млн световых лет.



Однако попала Генриетта Своуп в астрономию совершенно случайно. А началось все с того, что она собралась сделать карьеру в бизнесе. Лекции по астрономии в Барнард-колледже, где она училась, не вдохновили ее на занятие наукой, и после окончания колледжа в 1925 году Своуп поступила в Высшую школу коммерции и администрирования при Чикагском университете. Но, проучившись там некоторое время, она признавалась в письме к брату, что чувствует себя не на своем месте и ведет себя как крошечный мышонок среди свирепых котов. Те же мысли она высказала и в письме к другу семьи Маргарет Харвуд (Margaret Harwood), которая была в то время директором обсерватории имени Марии Митчелл. Харвуд знала о детском увлечении Генриетты звездами и убедила девушку воспользоваться возможностью, которую предоставляет женщинам обсерватория Гарвардского университета.

Это была судьба! По словам Пейн-Гапошкиной, «Генриетта Своуп ... проявила необычайное чутье на открытие переменных звезд. ... В ее умелых руках Гарвардская программа по исследованию переменных звезд в Галактике дала обильный урожай».

Результаты работы Своуп, опубликованные в Трудах Гарвардской обсерватории, попались на глаза Вальтеру Бааде, который собрался фотографировать на Паломарской обсерватории переменные звезды в туманности Андромеды. Ему нужен был сотрудник для изучения полученных фотопластинок, и Генриетта Своуп стала главной претенденткой. Ее работа дала более точное (по сравнению с грубыми оценками самого Бааде) значение расстояния до соседней галактики. Как раз за эти результаты Американское астрономическое общество

наградило ее в 1968 году премией им. Энн Кэннон. А уже на следующий год Своуп сама сделала крупное пожертвование Институту Карнеги в Вашингтоне на строительство и развитие обсерватории Лас-Кампанас в Чили. Поэтому 1-метровый телескоп этой новой обсерватории носит теперь ее имя. Кажется, это единственный телескоп, крещенный женским именем.

Доррит Хоффляйт (1907-2007)

Что общего у метеорного потока Персеиды и «Каталога ярких звезд», созданного в обсерватории Йельского университета? А то, что оба они были вехами в жизни Доррит Хоффляйт (Dorrit Hoffleit), одной из самых интересных женщин в астрономии.

Путь Доррит в астрономию начался с незабываемого природного фейерверка. Сразу после окончания Первой мировой войны, в одну из августовских ночей, она с матерью вышли на улицу, чтобы понаблюдать поток Персеид, и увидели два ярких метеора, рассекающих небо и оставляющих искрящийся след. Доррит показалось, что метеоры двигались навстречу друг другу и в какой-то момент почти столкнулись. Она запомнила эту ночь на всю жизнь и с той поры полюбила ночное небо.

Природу метеоров, осветивших небо в ту ночь, мы понимаем сегодня гораздо лучше, чем в то время. Их траектории, блеск и цвет прослеживаются на небе по отношению к ярким звездам, о которых собраны самые надежные данные. Книгу с этими данными вы обнаружите на полке в каждой профессиональной обсерватории: это йельский «Каталог ярких звезд», в котором приведены точные положения и характеристики 9100 звезд, видимых невооруженным глазом. Этот каталог – лишь часть большого вклада Хоффляйт в астрономию.

Доррит Хоффляйт родилась 12 марта 1907 года в городе Флоренс (шт. Алабама) и выросла в Нью-Касле (шт. Пенсильвания). Когда ее брат в 14 лет закончил школу и поступил в Гарвардский университет, семья Хоффляйт переехала в Кембридж (шт. Массачусетс). В семье очень гордились одаренным сыном и снисходительно относились к дочери, считая ее всего лишь девочкой. Но этой «всею лишь девочке» удалось добиться успеха в своей профессии и завоевать уважение коллег.



В Рэдклиффском колледже Хоффляйт занималась математикой и физикой, готовясь стать учителем геометрии в старших классах. Но даже блестяще закончив колледж в 1928 году, она не смогла найти работу преподавателя. Ей предложили две вакансии: место статистика с зарплатой 150 долларов в месяц, и место помощника научного

работника в Гарвардской обсерватории с зарплатой вдвое меньшей. Хоффляйт выбрала второе предложение и стала помощником Генриетты Своуп, которая разыскивала по фотопластинкам переменные звезды и строила кривые их блеска. Эта программа была частью одного из наиболее удачных долговременных проектов в Гарварде. Хоффляйт очень серьезно отнеслась к своей работе и открыла около 1000 переменных звезд на южном небе. В то же время она продолжала учебу в Гарвардском университете и получила степень магистра в 1932 году.

Это было время, когда Доррит не могла оторваться от работы и каждый день исследовала горы пластинок, работая по вечерам и по выходным. Она выискивала пластинки с яркими метеорными следами и готовила статью о кривых блеска метеоров, принадлежащих различным метеорным потокам. Когда она положила рукопись статьи на стол директора обсерватории Х. Шепли, первой его реакцией было удивление, поскольку она не имела права вести самостоятельную научную работу. Но Шепли сумел оценить важность ее исследований и направил статью в печать.

Уже через год, в 1933 году, Шепли предложил Хоффляйт подготовить диссертацию для получения степени доктора философии, а Барт Бок (B. Bok), бывший в ту пору заместителем директора, стукнул кулаком по столу и сказал ей, что она просто обязана защититься. С началом работы над диссертацией в жизни Хоффляйт настал особый период. В 1938 году в Рэдклиффе она получила степень доктора за работу по спектроскопическому определению абсолютных звездных величин (т. е. светимостей звезд) и кроме того получила награду за лучшую и наиболее оригинальную работу. Позднее она вспоминала, что не смогла бы проделать эту работу, если бы ее мама все еще жила в Кембридже, так как мама считала, что «девочке не следует ходить ночью одной», а до обсерватории приходилось идти полторы мили, иногда и в два часа ночи. Хоффляйт работала в Гарварде до начала Второй мировой войны, но затем ей, как и большинству астрономов того времени, пришлось работать над проектами, связанными с военными действиями. Это уже не были счастливые времена в жизни Доррит. Работая с военными, ей пришлось столкнуться с их полным пренебрежением к женщине как к профессиональному ученому. Только весной 1948 года Хоффляйт вернулась в Гарвард и начала исследование по определению расстояний до звезд южного полушария. С декабря 1941 г. по октябрь 1956 г. она к тому же была редактором отдела новостей научно-популярного журнала «Sky and Telescope».

Харлоу Шепли ушел на пенсию в 1952 году. Новый директор Гарвардской обсерватории Дональд Мензел (D. Menzel) не видел перспективы фундаментальных исследований, проводимых Хоффляйт, и прямо сказал ей, что ее тематика устарела. Мензел взялся за переоборудование обсерватории и начал с освобождения рабочей площади. Одним из его первых распоряжений стал приказ об уничтожении фотопластинок низкого качества, которые, как он считал, стали уже бесполезными. Это дело Мензел поручил своему помощнику, имевшему весьма слабое представление об астрономии; фотопластинки выбрасывались почти без разбора. Страшно сказать: в этой «резне» была уничтожена треть Гарвардской коллекции пластинок, поистине бесценной коллекции. Каково бы ни было качество фотографии звездного неба, запечатленный ей момент уже не восстановить; поэтому любая фотография неба уникальна и бесценна.

Для астрономов Гарвардской школы это было потрясением. В 1956 году из обсерватории ушли Барт Бок и Доррит Хоффляйт. Бок уехал работать в Австралию, а Хоффляйт перешла в Йельский университет и в обсерваторию им. Марии Митчелл на острове Нантакет. Летнюю половину года Хоффляйт директорствовала в обсерватории Марии Митчелл, а остальную часть года работала в Йеле.

На острове Хоффляйт вернулась к исследованиям переменных звезд. К тому же, ей пришла в голову идея, что на обсерватории им. Марии Митчелл – первой американской женщины-астронома, было бы уместно предоставлять работу в летнее время студенткам, которые могли бы заняться изучением переменных звезд и таким

образом положить начало своей профессиональной карьере.

Под руководством Доррит Хоффляйт более сотни студентов выполнили программу летних наблюдений, получив возможность заработать авторитет в самом начале своей трудовой деятельности в среде астрономов, большинство из которых были (и до сих пор остаются в США) мужчинами. За 22 года работы в обсерватории многие из учениц Хоффляйт достигли больших успехов в науке, а сама она получила многочисленные награды. В 1987 году ее именем был назван астероид. Доррит умерла 9 апреля 2007 г. Она оставила очень интересные мемуары – «Misfortunes as Blessings in Disguise: The Story of My Life», Cambridge: AAVSO, 2002.

Маргарет Бербидж (1919-)



М. Бербидж в период изучения активных галактик.

Элеонора Маргарет Бербидж (Eleanor Margaret Burbidge) – одна из наиболее известных женщин в астрономии. Сегодня ее фундаментальный вклад в различные области астрономии общепризнан. Вместе с мужем Джефффри Бербиджем (G. Burbidge), В. Фаулером (W. Fowler) и Ф. Хойлом (F. Hoyle) она показала, как в ядерных реакциях, происходящих в центральных областях звезд, из легких химических элементов, таких как водород и гелий, образуются тяжелые элементы – углерод и кислород. Ее более позднее исследование вращения галактик дало возможность впервые точно определить массы галактик. В 1960-е годы она заинтересовалась недавно открытыми объектами – квазарами, мощными радиострочниками с колоссально большими доплеровскими смещениями линий в спектрах (так называемое «красное смещение»). Эти смещения указывают на их удаление от нас с большими скоростями и на то, что это одни из самых далеких объектов Вселенной, известных на сегодняшний день. Бербидж и ее сотрудники (многие из которых были ее учениками) получили спектры слабых галактик и квазаров с различными смещениями линий одних и тех же химических элементов и, следовательно, находящихся на различных расстояниях от нас.

В 1947 году, после получения докторской степени в Лондонском университете и уже работая исполнительным директором университетской обсерватории, Маргарет Бербидж обратилась в престижное Общество Карнеги с просьбой принять ее в члены этого общества и дать стипендию на проведение научных работ в обсерватории на Маунт-Вильсон, где она надеялась воспользоваться большим телескопом и хорошей погодой Калифорнии. Ответ был краток и однозначен – женщин не принимаем.

Восемь лет спустя Джефффри Бербидж – теоретик, не умевший наблюдать на телескопе, получил грант от Общества Карнеги. Маргарет, которая к тому времени стала сотрудником Калифорнийского технологического института, официально не имела права работать с телескопом на Маунт-Вильсон, и чтобы как-то выйти из положения Джефффри заказывал наблюдательное время на телескопе на свое имя, а Маргарет делала вид, что просто

сопровождает его в поездке на обсерваторию. Поскольку в гостинице для наблюдателей на Маунт-Вильсон была лишь одна большая спальня, рассчитанная только на мужчин (в шутку ее называли «мужским монастырем») и не было ни одной ванной комнаты, которой могла бы воспользоваться женщина, Бербиджам приходилось останавливаться в летнем домике на горе, который отапливался дровяной печкой и не имел ни душа, ни горячей воды. Только так Маргарет удавалось проводить свои наблюдения.

Когда Бербиджи попросились на работу в Чикагский университет, то по действующему в то время закону, направленному против семейственности, место смог получить только один из них, и этим одним стал Джеффри. А Маргарет стала сотрудником Йеркской обсерватории; позже она получила федеральный грант. Закон против семейственности помешал им и в тот момент, когда они в 1962 году поступали на работу в Калифорнийский университет в Сан-Диего. Правда, их взяли на работу, но в разные отделы. Джеффри оказался в отделе физики, а Маргарет – в отделе химии. Когда два года спустя закон о семейственности был упразднен, Маргарет перешла в отдел физики на должность полного профессора. В 1971 году Маргарет Бербидж стала директором Королевской Гринвичской обсерватории в Англии – первой женщиной, получившей этот пост. По старинной традиции, неукоснительно выполнявшейся несколько столетий, директор Гринвичской обсерватории автоматически получал почетное звание Королевского астронома. Но когда Маргарет стала директором обсерватории, это звание получил другой ученый. Через два года Маргарет Бербидж вернулась в Калифорнийский университет и продолжила изучать квазары и активные галактики. С 1979 по 1988 г. она работала директором Центра астрофизики и космических наук Калифорнийского университета в Сан-Диего.

Маргарет Бербидж не раз была награждена за свою работу. В 1959 году она вместе с мужем получила премию им. Уорнера от Американского астрономического общества, присуждаемую молодым астрономам за существенный вклад в науку. В 1982 году, впервые почти за сто лет существования этой награды, Золотая медаль им. Брюса была присуждена женщине – Маргарет Бербидж. Через два года она получила Национальную медаль по науке от президента Рональда Рейгана. В 1976-1978 гг. она была президентом Американского астрономического общества. Её избирали президентом Американской ассоциации за прогресс в науке, а также членом Совета директоров Тихоокеанского астрономического общества. Но в 1971 году, когда ее решили наградить Премией им. Энн Кэннон, она отказалась принять награду, так как эта премия предназначалась специально для женщин, а Маргарет считала, что время дискриминации женщин прошло и не следует делить награды на мужские и женские.

Вера Рубин (1928-)



Исследования Веры Рубин (Vera Rubin) сыграли большую роль в изменении наших представлений о Вселенной. Почти 300 лет астрономы считали, что только то, что они видят в телескоп – это и есть Вселенная. Но исследования Рубин по изучению вращения спиральных галактик показали, что все, что мы видим и фотографируем – звезды, газовые туманности и т. д., все это составляют примерно 10% массы галактики, а примерно 90% этой массы мы вообще не видим, и она существует в форме какого-то «темного вещества», не похожего ни на что известное до сих пор ученым. Наличие такого темного вещества, вообще говоря, допускалось теоретиками, поэтому работа астрономов фактически стала наблюдательным подтверждением этих теоретических разработок. На протяжении последних лет попытки определить, из чего состоит это темное вещество – из нейтронов, нейтрино или еще каких-то экзотических частиц, стали модной темой в астрономии. Наряду с большим вкладом в решение вопроса о темном веществе, исследование Верой Рубин вращения галактик сделало ее главным экспертом по проблеме движения звезд внутри звездных систем.

Вера Рубин выросла в Федеральном округе Вашингтон. Еще в детстве она с интересом наблюдала из окна своей спальни за движением звезд на небе. Ее отец, инженер-электрик, поощрял интерес дочери к науке и для начала помог ей собрать небольшой телескоп. Вместе они ходили на занятия в местный клуб любителей астрономии. Вера поступила в Вассар-колледж потому что, во-первых, в то время большинство других колледжей, где учили астрономии, не принимали девушек, а во-вторых, это был колледж, где училась Мария Митчелл, кумир Веры Рубин.

После окончания колледжа Вера вышла замуж за аспиранта Корнеллского университета и переехала к нему. Приятные впечатления от учебы в Вассаре сменились отрицательными эмоциями, связанными с попыткой дальнейшей учебы; начало 1950-х было еще весьма застойным временем. Например, когда Вера обратилась в Принстон, ей ответили, что женщин они не принимают. В своей дипломной работе она исследовала красное смещение и блеск спиральных галактик; ее целью было выявить пекулярные движения звездных систем на фоне общего однородного и изотропного (хаббловского) расширения. Вера обнаружила, что спиральные галактики, имеющие одинаковый блеск, а значит, находящиеся на одинаковом расстоянии от нас, в определенном направлении удаляются быстрее, чем в остальных направлениях. Когда Рубин в 1950 году представила свои результаты на собрании Американского астрономического общества, ее безжалостно раскритиковали.

По иронии судьбы как раз эта работа помогла Жерару де Вокулёру (G. de Vaucouleurs) выдвинуть свою идею о сверхскоплениях галактик. Позднее Вера Рубин вместе со своим коллегой Кентом Фордом (Kent Ford) вернулась к теме пекулярных движений галактик и опять обнаружила анизотропное расширение нашей окрестности Вселенной; на этот раз ее результаты уже не были отвергнуты. Тот факт, что многие ближайшие галактики преимущественно движутся в направлении созвездий Гидры и Центавра, сейчас называют эффектом Рубин-Форда.

После окончания Корнеллского университета Вера Рубин переехала вместе с мужем в округ Вашингтон, где в Джорджтаунском университете под руководством Георгия Гамова сделала диссертацию о распределении галактик. Начав работать в отделе земного магнетизма в Институте Карнеги, Рубин вновь объединилась с Кентом Фордом, разработавшим очень чувствительный спектрограф. Они начали измерять скорости звезд в спиральных галактиках в зависимости от их расстояния от центра звездной системы и обнаружили, что звезды на периферии спиральных галактик обращаются вокруг центра не так медленно, как можно было бы ожидать. Из этого следовало, что во внешних частях галактик сосредоточена огромная масса, хотя там наблюдается лишь небольшое число звезд. Эта невидимая масса позднее стала называться «скрытым веществом» или «темным веществом» галактик. Многие астрономы отвергали идею о том, что галактики содержат большое количество темного вещества, но наблюдения

Рубин были настолько убедительными, что оппоненты вынуждены были согласиться. Вера Рубин продолжает изучать динамику спиральных галактик. Она также очень активно поддерживает женщин и популяризирует науку в среде молодежи. Она получила почетные степени в Йельском и Гарвардском университетах. Выбиралась в Совет директоров Тихоокеанского астрономического общества и является членом Национальной академии наук и Американской академии искусств и наук. Вместе с мужем Вера Рубин выростила четверых детей, и все они стали учеными. Её дочь Джудит Янг (Judith Young) – профессор Массачусетского университета, она занимается эволюцией галактик. Рубин и Янг – одна из немногих пар мама-дочь в среде астрономов.

Маргерита Хак (1922-)

Итальянский астроном Маргерита Хак (Margherita [Daisy] Hack) родилась в 1922 году во Флоренции. В 1945 году она окончила Флорентийский университет и в 1947-1954 гг. работала в астрофизической обсерватории в Арчтри (Италия). Затем она занимала должности приглашенного профессора или исследователя в университетах Франции, Нидерландов, Мексики, Турции, в Калифорнийском университете в Беркли и в Институте перспективных исследований в Принстоне. В англоязычных странах ее имя претерпело метаморфозу: в 1964 году Дейзи Хак вернулась в Италию и получила должность профессора астрономии в университете г. Триест; с этого времени и вплоть до 1987 года она была также и директором обсерватории Триеста. Затем она стала директором регионального Межуниверситетского центра по астрофизике и космологии в Триесте.



Дейзи Хак исследует атмосферы звезд и наблюдаемые проявления звездной эволюции. Она внесла большой вклад в изучение и спектральную классификацию горячих массивных звезд. Особое внимание она уделяет В-звездам с эмиссионными линиями в спектре (т. е. звездам типа Ве) и другим звездам с оболочками. Это быстро вращающиеся звезды, выбрасывающие большое количество вещества, образующего иногда кольца или оболочки вокруг звезд. Ее интерес распространяется и на пекулярные двойные системы. Она предложила новые модели этих звезд, основанные на спектральных наблюдениях, причем не только в визуальной, но и в ультрафиолетовой областях. Вместе с Отто Струве она подготовила и после его смерти опубликовала четырехтомную серию сборников «Звездная спектроскопия».

Член Национальной Академии деи Линчеи (1978), она написала несколько учебников по общей астрономии и спектроскопии для студентов, а также несколько популярных книг и множество статей по астрономии. Много времени она отдает работе с любителями астрономии как главный редактор научно-популярного журнала *l'Astronomia*.

Беатрис Тинсли (1941-1981)

Беатрис Тинсли (Beatrice Tinsley) прожила недолгую, но яркую жизнь. Она быстро завоевала репутацию весьма уважаемого астронома-теоретика и успела внести фундаментальный вклад в теорию эволюции галактик.

Когда она начинала свои исследования, мало что было известно о жизненных циклах галактик и звезд внутри них. Беатрис рассчитала наблюдательные параметры звезд разного возраста, их отличие в зависимости от химического состава и выявила наблюдательные проявления этих различий. Она была одной из первых, кто обратил внимание на связь галактик с их окружением, и стимулировала работы по изучению столкновений и слияний галактик.



Ее идея о том, что галактики заметно меняются за время гораздо более короткое, чем возраст Вселенной, побудила многих астрономов исследовать далекие галактики, чтобы изучить их эволюцию с возрастом. Наиболее известной ее работой стала теоретическая модель эволюции галактик, самая реалистичная из всех, существовавших в то время. В этой модели сочетается детальный анализ звездной эволюции с данными о звездной динамике и ядерной физики. Эта модель позволила построить первую внушающую доверие картину эволюции протогалактики. Беатрис Тинсли родилась на северо-западе Англии в 1941 году. После второй мировой войны ее семья переехала в Новую Зеландию, где отец вначале работал министром, а затем мэром. Беатрис закончила университет в городе Крайстчерч, а позже, выйдя замуж за физика, переехала в Даллас (шт. Техас, США). В 1964 году она поступила на работу в недавно открытый отдел астрономии Техасского университета в городе Остин. Диссертация Тинсли ознаменовала начало современного детального изучения эволюции галактик. В 1974 году Американское астрономическое общество присудило ей премию им. Энн Кэнон, Американская ассоциация университетских женщин наградила ее за выдающийся вклад в астрономию.

Однако, несмотря на растущую известность и репутацию, Тинсли не смогла найти себе в Далласе работу по специальности, и в конце концов, разочаровавшись, она вынуждена была покинуть Даллас, оставив мужа и двоих приемных детей, чтобы поискать работу в других местах. После года, проведенного в Ликской обсерватории, она в 1975 году была назначена адъюнкт-профессором астрономии в Йельском университете. Здесь она стала очень известной и любимой за помощь и поддержку, которую оказывала студентам и молодым коллегам. В 1978 году ее назначили полным профессором, и в это же время она узнала, что больна раком. Несмотря на свою болезнь, Тинсли продолжала плодотворно работать вплоть до конца жизни в 1981 году. Американское астрономическое общество в 1986 году учредило Премию имени Беатрис Тинсли за выдающийся творческий и новаторский вклад в астрономию и астрофизику.

Джоселин Белл (1943-)

Имя Джоселин Белл (Susan Jocelyn Bell Burnell) упоминается всегда, когда речь заходит о замечательном открытии XX века – обнаружении в 1967 году радиопульсаров, оказавшихся теоретически предсказанными нейтронными звездами, импульсы которых вначале были приняты за сигналы внеземных цивилизаций. В середине 1960-х Джоселин Белл стала аспиранткой Кембриджского университета и начала работать вместе со

своим руководителем, известным английским радиоастрономом Энтони Хьюишем (Antony Hewish) над проектом по обнаружению и исследованию недавно открытых квазаров.

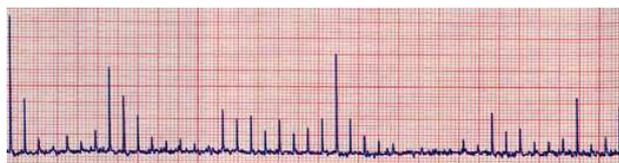


В Кембриджской радиообсерватории

Наблюдения проводились на новом, только что построенном радиотелескопе с уникальными характеристиками. Расположен он был за городом и внешне отнюдь не впечатлял: на обычном сельском лугу площадью в 4,5 акра (около трех футбольных полей) были воткнуты тысячи «жердей», соединенных между собой проволочками – это ряды простейших антенн, соединенных кабелем для взаимного усиления сигналов, приходящих с определенного направления. Выглядел этот уникальный инструмент весьма уныло; фотографии таких радиотелескопов обычно не помещают в газетах. В чем же была его уникальность? А в том, что он мог различать быстропеременные радиосигналы.

Радиоастрономия – наука космического шепота. Знакомая каждому ситуация: если вокруг вас все галдят, то трудно расслышать издали шепот вашего товарища (например, когда вы стоите у доски, а он подсказывает вам что-то с задней парты). В этом случае скороговорку не разобрать; сообщение удается принять только в том случае, если товарищ говорит медленно и повторяет фразу по несколько раз. В радиоастрономии это называется накоплением сигнала. Чтобы на фоне земных и аппаратурных помех выделить идущий из космоса слабый «полезный сигнал», приходится складывать импульсы, пришедшие за большой интервал времени. При этом, разумеется, информация о быстрых вариациях полезного сигнала пропадает. А эта информация может быть весьма полезной. Например, если вам покажут фотографию звездного неба, сделанную с длительной экспозицией, то вы не отличите на ней планету от яркой звезды. Но, глянув на небо глазом и заметив, что одни светила «мигают», а другие – нет, вы сразу скажете, какое из них – планета. Разумеется, планета та, что не мигает. В данном случае быстрая переменность блеска позволяет отделить светила с малым угловым размером (звезды) от светил большего углового размера (планет), хотя нашему глазу и те, и другие кажутся «точками».

Этот же принцип был положен в основу нового кембриджского радиотелескопа. Его приемники впервые могли анализировать быстрые вариации радиопотока от космических объектов, излучение которых рассеивается межзвездной и межпланетной средой так же, как звездный свет преломляется в земной атмосфере. Поэтому такой телескоп мог отделить очень далекие объекты, имеющие малый угловой размер (квазары!) от более близких к нам источников.



Запись на самописце радиосигнала от пульсара PSR 0329+54, имеющего период 0,7145 сек.

Первые два года своей аспирантуры в Кембридже Джоселин Белл провела, помогая строить телескоп. Она резала и соединяла провода, а время от времени сама кувалдой сбивала антенны в грунт. А когда в 1967 году телескоп вошел в строй, задача Белл изменилась. Теперь она должна была анализировать принятые сигналы, которые старый механический самописец вычерчивал перышком на выходящей из него бумажной ленте; что-то вроде кардиограммы Вселенной. За каждые четыре дня наблюдений из прибора выходило около 150 метров этой ленты, каждый миллиметр которой нужно было скрупулезно изучить и попытаться выявить мигание радиозвезд на радионебе.

После нескольких недель анализа Белл обратила внимание Хьюиша на небольшой источник радиоизлучения, запись которого занимала всего-то один сантиметр ленты. Этот объект мигал столь необычно, что Джоселин не могла ничего понять. Было решено сделать высокочастотную запись источника и оказалось, что он действительно излучает серию ритмических импульсов. Эти биения были очень четкие; они выглядели намного правильнее и регулярнее, чем можно было ожидать от любого ранее известного астрономического объекта. Импульсы приходили ровно через 1,3373 сек. Белл начала следить за странным источником и заметила, что он от ночи к ночи меняет свое положение на небе с такой же скоростью, как и звезды, подтверждая тем самым, что это не искусственный сигнал, который мог бы приходиться от спутника, самолета или наземной радиостанции. Дальнейшие несколько месяцев исследований на кембриджском радиотелескопе больше напоминают детективную историю.

Напомним, что конец 1960-х был сложным и интересным временем. С одной стороны – Холодная война, т. е. отчаянная гонка в военно-технической области между «лагерем социализма» и «лагерем капитализма»; попытки подавить соперника идеологически (например, «Мы будем на Луне первыми!» – утверждала каждая сторона); взаимная подозрительность и слежка за всеми новыми техническими идеями потенциального противника. А с другой стороны – выросшая на достижениях космонавтики уверенность, что не за горами связь с внеземными цивилизациями; поток сообщений о «летающих тарелках»; всеобщее увлечение научной фантастикой. По всем этим причинам открытие радиопульсаров принимает вначале курьезную форму, не свойственную научной работе. Например, открытие английских радиоастрономов на несколько месяцев засекречивается: рискуя потерять приоритет, о нем не сообщают в печать, к лаборатории не подпускают журналистов. В то же время, атмосфера работы отнюдь не мрачно-военная: вслед за первым пульсирующим источником Белл выявила второй, третий, четвертый; сотрудники лаборатории некоторое время заигрывают с идеей о сигналах внеземных цивилизаций и обозначают необычные объекты как LGM 1, LGM 2, LGM 3, ... от английского Little Green Men («маленькие зеленые человечки» – так некоторые «свидетели» описывали пилотов НЛО).

Первая публикация появляется лишь в начале 1968 года – в феврале Хьюиш, Белл и их соавторы объявили об этом открытии в статье, опубликованной в журнале «Nature», и предположили, что радиоимпульсы могут быть результатом пульсаций белых карликов или же нейтронных звезд (в то время существование нейтронных звезд было еще чистой теорией). После этого астрономы разных стран начали наблюдать пульсары и строить их теоретические модели; в результате оказалось, что импульсы приходят от быстро вращающихся нейтронных звезд. Объекты Джоселин Белл стали называться пульсарами. Когда репортеры узнали, что один из авторов статьи – женщина, они начали осаждать

Кембридж. Белл стала популярной, как кинозвезда; репортеры хотели знать о ней все, они постоянно интервьюировали и фотографировали ее.

Но Белл занималась своей диссертацией и продолжала наблюдать. Среди прочего она измерила угловые диаметры примерно 200 пульсаров. После защиты диссертации (в которой о пульсарах упоминалось лишь в Приложении) Джоселин вышла замуж (теперь она Jocelyn Bell Burnell) и покинула Кембридж. В течение многих лет она занималась исследованиями в различных областях спектра – от гамма-излучения до радио.

В 1974 году за открытие пульсаров Энтони Хьюиш получил Нобелевскую премию по физике, кстати, впервые присужденную астроному, а про Джоселин Белл Нобелевский комитет «забыл»; многие ученые считают это несправедливым.

Однако Джоселин Белл удостоена многих других высоких наград и званий, в 1986 году ей присудили Премию им. Беатрис Тинсли, учрежденную в том же году Американским астрономическим обществом за выдающийся творческий вклад в астрономию. В 1991 году Белл стала полным профессором физического факультета Открытого университета Великобритании. Это один из самых крупных университетов страны и его лекции транслируются по национальному телевидению. В 2002-4 гг. она была президентом Королевского астрономического общества, а сейчас она президент Института физики (Institute of Physics), благотворительная организация, поддерживающая развитие, приложение и популяризацию физики).

Вирджиния Тримбл



Сегодня, когда уже нет Карла Сагана, пожалуй, именно Вирджиния Тримбл (Virginia Louise Trimble) самый публичный астроном в США. Ежегодно она читает лекции в нескольких университетах, делает обзорные доклады на нескольких научных конференциях, выступает по телевидению и радио, дает интервью и пишет десятки научно-популярных статей. Область своих научных интересов Вирджиния Тримбл определяет «весьма скромно»: структура и эволюция, по крайней мере, звезд, галактик и Вселенной, а также история научных исследований и наукометрия. При этом она выполняет обязанности редактора ведущего астрофизического журнала – *Astrophysical Journal*, занимает посты вице-президента Международного астрономического союза и вице-президента Американского астрономического общества (руководя в нем отделением истории астрономии); она также член Исполкома Американского физического общества и глава его отделения астрофизики... Одним словом, ее активность и работоспособность вызывают восхищение. Вирджиния Тримбл получила степень бакалавра по физике и астрономии в 1964 году в Калифорнийском университете (Лос-Анжелес); спустя год, уже в Калифорнийском технологическом институте она получила степень магистра, а еще через три года, в 1968 году, там же защитила диссертацию. После этого она год проработала преподавателем в Смит-колледже и еще два года в качестве молодого ученого имела стипендию в

Кембриджском университете (получив там в 1969 г. почетную степень магистра). В 1971 году Вирджиния Тримбл начала работать на физическом факультете Калифорнийского университета в Ирвине, и до сих пор она делит свой год пополам, работая полгода полным профессором в Ирвине и полгода – приглашенным профессором астрономии в Мэрилендском университете, на восточном побережье США. Как было сказано в одной публикации о ней, Вирджиния осциллирует с частотой 31,7 нГц между этими двумя университетами. Ее последние научные работы посвящены статистическому изучению характеристик двойных звезд и ... вопросам социологии в физике и астрономии. Профессор Тримбл является автором более 500 публикаций. Совершенно очевидно, что такой азарт не связан ни с финансами, ни с честолюбием, а объясняется исключительно влюбленностью человека в свое дело. Любопытно было бы проследить, какие события детства и юности формируют у человека страсть к науке. Для нас сейчас это не отвлеченная, а весьма насыщенная проблема: при слабом финансировании науки только талант, граничащий с паранойей, способен добиться результата. Про свое детство Вирджиния Тримбл вспоминает, что до 13 лет у нее не было ни одной куклы, зато были строительный конструктор, химический набор и множество линз, призм и цветных светофильтров; одним словом, тех игрушек, которые мы привыкли видеть в руках мальчишек. Правда, телескопа у Вирджинии в детстве не было. «Я даже не просила его купить, – объясняет она, – поскольку всегда была очень близорукой. Так что фактически я была лишена возможности любоваться звездным небом». Первый телескоп, на котором ей пришлось наблюдать, был 48-дюймовый Шмидт в обсерватории Маунт-Паломар. «Будучи дипломницей Калтеха, я удостоилась сомнительной чести стать второй женщиной в истории, допущенной к наблюдениям в Паломаре», – вспоминала Вирджиния. Сейчас профессор Тримбл является членом многих национальных и международных организаций, таких, например, как Королевское астрономическое общество в Лондоне. Она была степендиатом многих благотворительных фондов и академий. Неоднократно ей предоставлялось почетное право читать циклы публичных лекций в лучших аудиториях многих стран (а лектор она блестящий!). В 1986 году Национальная академия наук (США) наградила ее премией как выдающегося мастера научных обзоров. Еще долго можно было бы перечислять дела и награды Вирджинии Тримбл. Но невольно хочется спросить: а может ли быть личная жизнь у женщины, до такой степени загруженной научной и общественной работой? Оказывается, может. Вирджиния Тримбл много лет была замужем за известным американским физиком Джозефом Вебером (Joseph Weber, 1919-2000), создателем первых детекторов гравитационных волн. Их связывала не только семейная жизнь, но и плодотворная совместная работа. После смерти мужа миссис Тримбл учредила в память о нем премию, которую Американское астрономическое общество вручает «за достижения в области астрономического приборостроения».

Катерина Цесарски (1943-)

Катерина Цесарски (Catherine Jeanne Cesarsky) – редкий пример не только научного, но и административного таланта. Эту хрупкую женщину в 1999 году назначили директором международной научной структуры – Европейской южной обсерватории (ESO), ставшей под ее руководством крупнейшей астрономической организацией в мире.

Катерина родилась в 1943 году во Франции. Закончила университет в Буэнос-Айресе и в 1971 году получила докторскую степень в Гарвардском университете. Затем она некоторое время работала в Калифорнийском технологическом институте. В 1974 г. переехала во Францию и начала работать в Комиссариате по атомной энергии. Сначала она была руководителем группы теоретиков в отделе астрофизики, затем руководила всем отделом астрофизики (1985-1993 гг.), входящим в Управление естественных наук Комиссариата, а с 1994 года

возглавила и само это Управление, которое объединяет исследования по физике, химии, астрофизике и наукам о Земле при штате в 3000 сотрудников.



Катерина Цесарски известна своими научными достижениями в различных областях. В начале научной карьеры она занималась астрофизикой высоких энергий, которая включает в себя изучение космических лучей, вещества и полей в межзвездной среде, а также механизмов ускорения частиц при взрывах сверхновых. Затем Цесарски занялась инфракрасной астрономией. Она была одним из основных наблюдателей на камере ISOCAM, установленной на борту Инфракрасной космической обсерватории (ISO) Европейского космического агентства и работавшей на околоземной орбите в 1995-98 гг. В программе наблюдений на приборе ISOCAM было всестороннее изучение инфракрасного излучения от различных галактических и внегалактических источников. Эта программа дала новые интересные результаты по проблемам происхождения звезд и эволюции галактик. В 1998 году Катерину Цесарски наградили премией Комитета по космическим исследованиям (COSPAR). Она член многих национальных и международных организаций по физике, астрофизике и космическим исследованиям. С 1997 года она вице-президент Международного астрономического союза (МАС) и главный редактор журнала «Astronomy and Astrophysics». В 2006 г. она избрана президентом МАС, став первой женщиной на этом высоком посту. И в личной жизни у нее все в порядке: она замужем и имеет двух детей. Как несхожи между собой биографии женщин-астрономов. Взять хотя бы Маргарет Бербидж, Катерину Цесарски и Вирджинию Тримбл: насколько сильно различается их стиль жизни в науке. Но эти женщины утверждают своими делами одно: в современном мире женщина-ученый стала полноправной личностью, способной на высшие достижения в любой области. Это заслуга XX века.

Российские женщины-астрономы

В дореволюционной России женщин не принимали в университеты, поэтому состоятельные девушки, желающие получить высшее образование, уезжали в Европу. Только в самом конце девятнадцатого века в Петербурге открылись Высшие женские Бестужевские курсы, где женщины могли получить хорошее образование на физико-математическом и историко-филологическом факультетах. В первые годы на физико-математическом факультете было совсем немного слушательниц, и профессора имели возможность близко познакомиться с каждой из них, узнать ее способности и научную подготовку, а по окончании курсов могли дать рекомендацию и совет. Но путь в науку этих трудолюбивых и преданных своему делу юных дам был довольно трудным. На работу в университеты и обсерватории их принимали лишь на самые

низшие должности вычислителей, часто внештатные. Не все женщины соглашались на это: если дама не была состоятельной, она просто не могла обеспечить себя на такой малооплачиваемой должности, которая, к тому же, не давала никаких служебных прав и не обеспечивала пенсию. К тому же, мужчины-астрономы не всегда приветливо встречали своих коллег-женщин, скептически относясь к их возможностям. Обычно мужчины-руководители не допускали дам к наблюдениям и не поручали им самостоятельные темы для исследования. Но самые упорные и увлеченные женщины соглашались на любые условия, лишь бы заниматься любимым делом. После революции 1917 года формальная дискриминация женщин была упразднена. Женщина получила право заниматься любым делом: от таскания шпала до карьеры высокого партийного чиновника. Во многих университетах на физических и математических факультетах начали открывать астрономические отделения. Многие национальные республики создали свои обсерватории. Как правило, это были научные поселки, расположенные вдали от больших городов. Этим они отличались от американских и большинства европейских обсерваторий, куда научные сотрудники приезжают на короткое время только для наблюдений. В советских же обсерваториях люди жили и работали десятилетиями, там же растили своих детей (практически, это осталось неизменным и по сей день). Большие астрономические институты были только в Москве и Ленинграде, но там, окончив астрономическое отделение университета, было очень сложно поступить на работу или в аспирантуру, особенно для иногородних, не имевших жилья и прописки в столичном городе. Поэтому многие, еще будучи студентами и проходя практику на какой-нибудь обсерватории, старались показать себя с лучшей стороны, чтобы после окончания университета не идти работать учителем, а заниматься любимым делом. К началу 1990-х годов 35% всех дипломированных астрономов СССР составляли женщины, которые работали во всех областях исследований. Они были и теоретиками, и наблюдателями, и программистами, а иногда и всем этим одновременно. Работая в большом институте в Москве или Ленинграде, все равно необходимо получать наблюдательный материал, а для этого нужно время от времени ездить на обсерватории и наблюдать. Ехать нужно не куда и когда захочется, а в то место, где есть пригодный для твоих целей телескоп и соответствующие погодные условия. Поэтому, не взирая на самочувствие, семейные условия и детей, женщины ездят по разным обсерваториям и иногда в тяжелых условиях получают наблюдательный материал. Не легче приходится и тем женщинам, которые постоянно живут на обсерватории. Если и муж работает на этой же обсерватории, и маленькие дети живут там же, то женщине приходится совмещать роль жены и матери с ролью ночного наблюдателя. А тем, у которых семья живет в городе, приходится разрываться между семьей и работой. Но есть еще одна категория женщин-астрономов. Это одинокие женщины, для которых работа составляет весь смысл их жизни. Находясь постоянно в маленьком поселке, вдали от городской цивилизации, перенося все тяготы жизни в замкнутом коллективе, где все время приходится сталкиваться с одними и теми же лицами на работе, дома, в кино и на рынке, эти женщины находят отдохновение ночью у телескопа. А нужно сказать, что наблюдения на телескопах в обсерваториях XX века было физически нелегким делом. Поэтому все советские и российские женщины-астрономы, чем бы они ни занимались, достойно делали свое дело, и не имеют значения, получали они за это высокие ученые звания и должности или нет. Все они героини, трудно выделить кого-либо из них.

Алиса Геноевна Тоточава, астроном, кандидат физико-математических наук, автор статьи

Владимир Георгиевич Сурдин, кандидат физико-математических наук, Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга, МГУ <http://infm1.sai.msu.ru/~surdin/>, редактор статьи

Записки наблюдателя туманных объектов

(продолжение, начало см. в предыдущих номерах)

Глава 10. Июнь

О законе подлости и о том, как с ним бороться.

Ода Змееносцу.

Любители астрономии, во всяком случае, отечественные, – это люди, которые в полной мере ощущают на себе действие закона подлости. Погода средней полосы России, как известно, не балует избытком ясных ночей, а поэтому приходится ловить каждый удобный момент для наблюдений. Бывает так, что вроде бы распогодилось, последние тучки унесены ветром и ютятся возле горизонта, ясный день переходит в прозрачный вечер, на небе загораются первые звездочки, а сам с замиранием сердца начинаешь готовиться к наблюдениям. И уже не важно, «рабочая» это ночь или «выходная»; телескоп выносится во двор или на балкон, для пущего комфорта можно захватить пару табуреток (одна для сидения, другая под ноутбук), разумеется, никуда не деться от коробочки с аксессуарами и тонкого, но плотного одеяла, которым я привык накрываться с головой, наконец, выносится ноутбук, и обнаруживается, что хрустальное великолепие небесного свода скрыто под грязными обрывками все прибывающих туч. Иногда для такой метаморфозы бывает достаточно двух-трех минут.

Чаще всего подобное происходит, если наблюдения ведутся с балкона. В таком случае тучам проще затаиться на другой, скрытой домом стороне и в самый последний момент триумфально выскочить и распозлзтись по всему небу. Сие есть проявление закона подлости в этаком «локальном масштабе» что ли. В глобальном же варианте дело, как известно, обстоит так: с каждым новым днем от мая к июню ночи становятся теплее, а значит, комфортнее, небо реже затягивается тучами, а долгожданный млечный путь со всеми прелестями – яркими диффузными туманностями и россыпями скоплений – поднимается все выше. При этом время, отведенное для наблюдений, тает буквально на глазах: с каждой ночью продолжительность этой самой ночи уменьшается и на широте столицы лишь первая неделя месяца кое-как способна удовлетворить потребности любителя астрономии.

Чуть лучше обстоит дело на широте моей дачи – в 3° южнее Москвы. Худо-бедно, можно наблюдать весь июнь, но для этого приходится заранее продумывать план наблюдений – буквально с точностью до минуты, а полная темнота наступает только около часа ночи. Разумеется, это не повод откладывать созерцание звездного неба, но уж больно долго приходится ждать, и слишком скоротечны мгновения общения с вечностью.

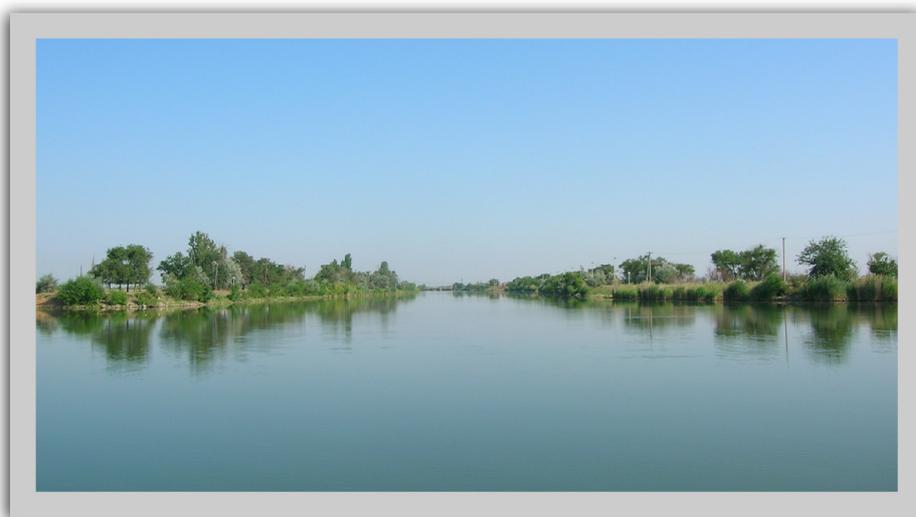
К счастью, страна наша широка, и у многих наших сограждан есть родственники в самых разных ее уголках. Не является исключением и моя семья – родители моей супруги родом из Волгограда, а одна из бабушек живет в Береславке – поселке Волгоградской области.

Расстояние от Москвы до Волгограда – тысяча километров, а преодолеть его на поезде утомительно и душно. На автомобиле – гораздо быстрее и интереснее: поселки и города Подмосковья сменяются равнинами Рязанской области, за ними сочно-зеленые поля и стены

лесопосадок Тамбовщины, широкие воронежские степи и, наконец, знойные просторы Нижнего Поволжья.

Еще лучше на самолете – каких-то полтора часа пути и мы уже вдыхаем жгучий воздух юга России. Это вам не какое-нибудь Подмосковье, где лето только-только началось, здесь земля такая жаркая, а солнца настолько много, что вся трава уже выгорела. Безусловно, стоит отметить, что тут все лето такое, но жара не изматывает как в Москве – сказывается низкая влажность.

Береславка находится в пятидесяти километрах от города-героя – на берегу Волго-Донского канала. Бывшее когда-то крупным сельскохозяйственным центром, село ныне подзапустило, здание совхоза, одного из лучших в Советском Союзе, заросло сорными деревцами и растеряло оконные стекла, а бюст Ильича в лучах заката смотрится совсем сюрреалистично – будто обнаруживаешь следы забытой цивилизации.



Волго-донской канал в ясную погоду

Ночь на юге даже в июне, самом светлом месяце, наваливается быстро: золотистый закат, едва отблестав, переходит густые иссиня-лиловые сумерки, на небе первыми появляются бриллиантовая Вега и гранатовый Арктур, глядишь, а уже и весь небосвод усыпан россыпями алмазной пыли. Млечный путь зажигается, словно, ртутная лампа: сначала, еле заметный для глаза, робко перемигивается, потом загорается вполсилы, а уже минут через десять сияет во всем своем великолепии.

По правую сторону от млечного пути расположено одно из моих любимых летних созвездий – созвездие Змееносца. Не броское, но обширное, не богатое на знаковые дип-скай объекты, но обильное на не столь популярные, но ничуть не менее интересные туманные пятнышки. Тут и прекрасная парочка жемчужин M 10 и M 12, и пылевые туманности на юге, и даже крупная галактика.

Рассеянное скопление IC 4665, лежащее неподалеку β и γ Змееносца я открыл в пору своей юности независимо от Каролины Гершель, правда, спустя двести десять лет после нее, но, тем не менее. В виду этого сей туманный объект мне дорог совершенно особой любовью, равно как несколько других, тоже нечаянно обнаруженных. Ведь отыскать на небе в небольшой телескоп далекую галактику или рассеянное скопление приятно, но приятно вдвойне, если открываешь нечто незапланированное. В такие моменты ощущаешь себя словно на месте Шарля Мессье, хотя, конечно, сомневаюсь, чтобы он испытывал восторг при их обнаружении – все-таки он был ловцом комет, а они – досадными недоразумениями, кометами не являющимися.

Скопление IC 4665 полюбились мне и потому, что оно было первым из каталога NGC в списке моих достижений. Тогда, в четырнадцать лет я считал, что объекты из каталога Дрейера удостоивают внимания лишь особо продвинутых любителей астрономии, поэтому даже

это яркое рассеянное скопление влило в меня массу оптимизма относительно моих возможностей и возможностей моего тогдашнего 60-мм очкового рефрактора. Как выяснилось позже, IC 4665 имеет интегральный блеск около 4,5^m и, в принципе, может быть замечено очень ясными ночами как мерцающее призрачное пятнышко чуть левее и выше β Змееносца.

Скопление состоит из пары десятков гзучих бело-голубых звездочек примерно одинаковой звездной величины, расположенных в форме креста. К слову сказать, этот объект в отличие от своих сородичей расположен довольно далеко от галактической плоскости, а возраст скопления весьма мал – он составляет около 50 млн лет, то есть того же порядка, что и столкновение Земли с гигантским метеоритом, повлекшим за собой, по одной из гипотез, вымирание динозавров в результате глобального похолодания. Интересно как получается – насколько даже в таком коротком (в сравнении со всей историей планеты) временном интервале изменился вид небосвода. Одни туманные объекты пропали другие, наоборот, зажглись. Кто знает, насколько красивым могло быть наше земное небо многие миллионы лет назад, какие самые яркие звезды украшали ночную твердь, какие туманности и галактики, быть может, освещали небосвод... Ведь за 50 млн лет могло довольно ощутимо поменяться и расположение нашей галактики относительно своих соседок.



Примерно в трех градусах восточнее IC 4665 расположен еще один весьма интересный объект, правда, не вполне «туманный». Это ближайшая к Солнцу звезда северного полушария – Летящая звезда Барнарда. Побывать в южных широтах, чтобы полюбоваться Альфой Центавра – предприятия весьма затратное, а вот для того, чтобы увидеть звезду Барнарда, необходим лишь небольшой телескоп да подробная карта данного участка неба.

Какие ассоциации вызывает у меня эта красная звездочка почти десятой звездной величины? Ну, наверное, мысли о том, насколько разнообразен мир небесных светил, коль встречаются такие малютки, излучающие света в тысячи раз меньше нашего, в общем-то, скромного Солнышка. Оно же с расстояния Летящей звезды в 6 световых лет смотрелось бы как яркая звезда наподобие Капеллы. Жаль только, что в пределах нескольких градусов от звезды Барнарда нет светил такой яркости, чтобы наглядно прочувствовать это различие.

Однако звезда Барнарда знаменита не только этим. Оценки возраста этой звезды, предпринятые учеными, называют цифру около 10 миллиардов лет, а ведь это почти равняется возрасту нашей галактики! Так вот, наблюдая эту тусклую красную звездочку, мы смотрим на объект такой степени древности, что захватывает дух.

Все мы знаем, что Летящая звезда получила свое название за стремительное собственное движение, максимальное из всех звезд на небе. Примерно за 160 лет

она проходит 30 минут дуги – поперечник лунного диска, а проведя точные зарисовки с интервалом, скажем, лет в десять, можно обнаружить это смещение самостоятельно. Последняя моя зарисовка звезды Барнарда относится как раз к 1995 году, значит в следующем году, спустя целых три пятилетки можно попытаться зарисовать ее положение и убедиться в подвижности «сферы неподвижных звезд». Ну, во всяком случае, я на это надеюсь.

Наверняка многим любителям, увлекающимся астрономией с конца восьмидесятых – начала девяностых был известен факт наличия у звезды Барнарда нескольких планет, а также упоминание в ряде научно-популярных книг звездолета «Дедал». Проект этого ядерного звездолета был выполнен английскими учеными и предполагал весьма быструю доставку зонда (в течение пятидесяти лет) к звезде Барнарда. Помню, с каким упоением перечитывались главы о том, что еще при нашей жизни мы можем увидеть красочные снимки планет за пределами Солнечной системы. Но позже выяснилось, что планет у Летящей звезды нет, во всяком случае, тех, что были ранее «обнаружены», что постройка «Дедала» потребует интеграции всех человеческих и природных ресурсов, и человечество быстро «забыло» и о звезде-соседке, и о звездолете.

Но даже звезда Барнарда не является главной достопримечательностью Змееносца – небесного отражения бога Асклепия, помещенного на хрустальный купол на пике своей карьеры – великий врачеватель пришел к мысли о воскрешении мертвых. За что и был наказан: сначала молнией от Зевса, а потом и ссылкой на небосвод. Созвездие Змееносца нельзя представить себе без Змеи – настолько органично смотрятся эти созвездия на небесной сфере. Стоит ли упоминать о том, что Змея вообще созвездие уникальное, состоящее из двух не соединенных друг с другом частей? Мне сложно сказать, какая из достопримечательностей Змееносца интереснее или «главнее», все они очень и очень интересны, а разнообразны настолько, что никто не останется без подарка: ни созерцатель туманных объектов, ни «переметчик», ни наблюдатель планет.

К слову о планетах. Многие, даже не связанные с астрономией люди слышали, что созвездий, по которым движется Солнце, Луна и планеты, и называемых зодиакальными на самом деле не двенадцать, как принято считать в астрологии, а тринадцать. Тринадцатым, незаслуженно обделенным оказался наш сегодняшний герой – товарищ Асклепий, в созвездии которого Солнце проводит в три раза больше времени, чем в предшествующем ему созвездии Скорпиона. А именно в виду того, что в созвездии Змееносца лежит существенный «кусочек» эклиптики, оно часто служит пристанищем для Луны, планет и астероидов.

В списке почетных достопримечательностей Змееносца – последняя зафиксированная человеком вспышка сверхновой звезды в Галактике. Как известно, это произошло в 1604 году, звезда достигла блеска -3^m, а наиболее подробное ее описание составил Иоганн Кеплер, в честь которого звезда и получила свое имя.

Мои каникулы в Береславке продолжают не больше недели, поэтому о том, чтобы взять туда 15-см трубу обычно речи не идет, и я довольствуюсь своим походным 70-мм ахроматом от SkyWatcher, а иногда, когда совсем лень – биноклем 20×60. Большого и не надо, ведь небо в Береславке такое темное, что многие туманные объекты видны невооруженным глазом.

Иногда приятно удивляешься тому, каким черным и каким звездным, оказывается, может быть небо. В Береславке звезды такие жирнющие и висят так низко, что можно дотронуться рукой, млечный путь спадает двумя белесыми потоками вниз, а южные созвездия приподнялись над горизонтом, обнажив дюжины новых дип-скай объектов.

Что же касается Змееносца, то можно со всей ответственностью заявить, что у этого небесного жителя грязные ноги, которыми он мутит искрящуюся молочную реку. Возле южной границы созвездия, на границе с созвездиями Скорпиона и Стрельца располагается мощный комплекс протяженных пылевых туманностей, в астрономическом простонародье называемый «Черным

Конем» или «Темной Лошадкой» - кому как нравится. Когда село уснет, и не останется ни одного горящего фонаря на улице, темный конский силуэт проглядывается глазом, а в бинокль вообще представляет собой сказочное зрелище. Данный пылевой комплекс состоит из ряда темных туманностей (среди которых известные «Змея», «Мундштук» и «Чубук курительной трубки»), основную работу по систематизации которых осуществил ни кто иной как Эдвард Барнард – первооткрыватель Летящей звезды.

Внутри этого пылевого комплекса, на бедном звездами фоне лежит замечательная планетарная туманность NGC 6369. Она не часто привлекает внимание любителей астрономии. Это неудивительно, ведь все внимание, как правило, уделяется таким прекрасным объектам, как «Кольцо» в Лире и «Гантель» в Лисичке.

Туманность NGC 6369, прозванная за свой невысокий блеск «Маленьким привидением» может быть обнаружена в инструменты от 10 см в поперечнике рядом с темным пылевым облаком B77 и пылевой туманностью B72 («Змея») как опалесцирующее овальное сияние. Для того чтобы различить кольцевую форму туманности, потребуется телескоп диаметром не менее 150, а для новичка - 200 мм.



Туманность лежит в сильно запыленном районе млечного пути, поэтому предпринятые попытки определения расстояния до нее сильно рознятся по результату, предсказывая значения от 2 до 5 тысяч световых лет. На снимках полученных при помощи крупных телескопов (и, в частности, космического телескопа «Хаббл») заметна сложная структура объекта, смещенность центральной звездочки относительно центра туманности и красноватый цвет внешних слоев кольца, за что NGC 6369 получила название «Призрак Марса». Центральная звезда - белый карлик типа звезд Вольфа-Райе температурой 70000K - недоступен для любительского наблюдения, поскольку имеет блеск около 16^m.

Исключительное все-таки наслаждение – лежать летней полночью на раскладушке и с биноклем в руках бродить по звездному небу, вглядываясь в россыпи разноцветных самоцветов скоплений, пересыпанных алмазной пылью млечного пути, отмечая жемчужины шаровиков; туманности же – словно кусочки небесной ваты, застрявшие меж иголочек звезд. Нет-нет, да и чиркнет в поле зрения метеор. Где-то далеко залает и умолкнет собака, где-то совсем рядом еле слышно прошелестит летучая мышь. А небо такое огромное, что ведешь биноклем, пролистывая тысячи звезд, а оно все не кончается...

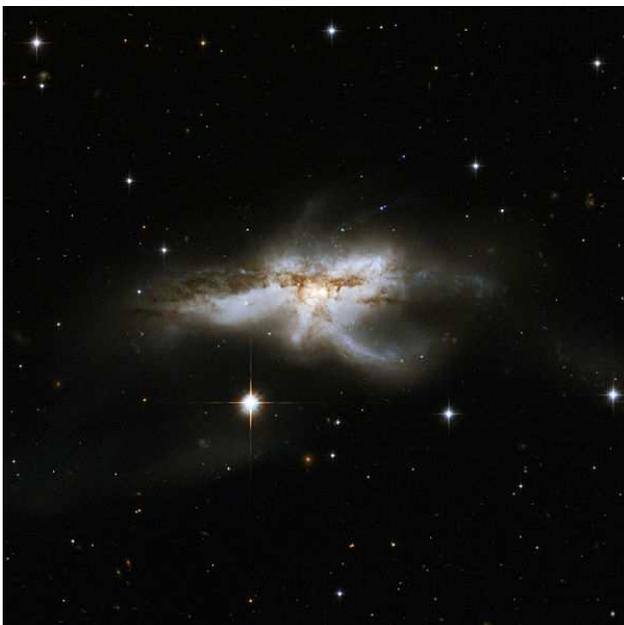
Созвездие Змееносца – как Греция – в нем «всё есть». Мы уже упомянули необычные звезды, зодиак, шаровые и рассеянные скопления, млечный путь, самые разнообразные туманности, но все же чего-то не хватает. Правильно – галактик – и они есть!

Самой яркой и доступной для наблюдения галактикой является NGC 6384 – спираль с перемычкой. Она достаточно сложна для моего 150-мм инструмента в условиях моей дачи, возможно, что в Волгоградской области она выглядела бы поинтереснее, но известные

проблемы с транспортировкой астрономического оборудования заставляют меня оказаться от сего мероприятия. Я не очень люблю говорить обезличенно о туманных объектах: «либо хорошо, либо ничего», поэтому оставлю эту галактику «в стороне», для спортивной фиксации и перейду к другой, на мой взгляд, более интересной.

Галактику NGC 6240, честно говоря, я никогда не видел, да и думаю, что она не из простых: блеск ее равен 12,9^m, а размеры – 2' × 1'. По моим предположениям, чтобы хоть с небольшой степенью комфорта ее различить, потребуется телескоп от 250-мм в диаметре. В каталогах этот объект удостаивается только исключительных префиксов: «ультраяркая в ИК», «крайне пекулярная», - можем мы прочитать в статьях. А дело тут вот в чем.

NGC 6240 – есть результат столкновения двух меньших галактик. При таких взаимодействиях столкновений звезд не происходит, галактики, по сути, состоят из пустоты, а звезды занимают в них пренебрежимо малую часть объема. В данном случае перед нами довольно сложная и возмущенная структура, на снимках которой при помощи крупных телескопов отчетливо различимы два ядра и многочисленные петли, вытянутые приливными силами.



Помимо этого профессиональный интерес у ученых вызывает тот факт, что галактика NGC 6240 излучает крайне много энергии в инфракрасном диапазоне. Светимость этой галактике в указанном спектральном интервале составляет свыше 10¹² солнечных! Пока нет четкого понимания механизма столь мощного теплового свечения объекта. Ряд ученых пытаются возложить всю ответственность на сверхмассивную черную дыру в центре образования, другие объясняют этот факт наличием большого количества межзвездной пыли и интенсивными процессами звездообразования. Наконец, третья группа ученых склоняется к тому, что имеют места оба этих процесса.

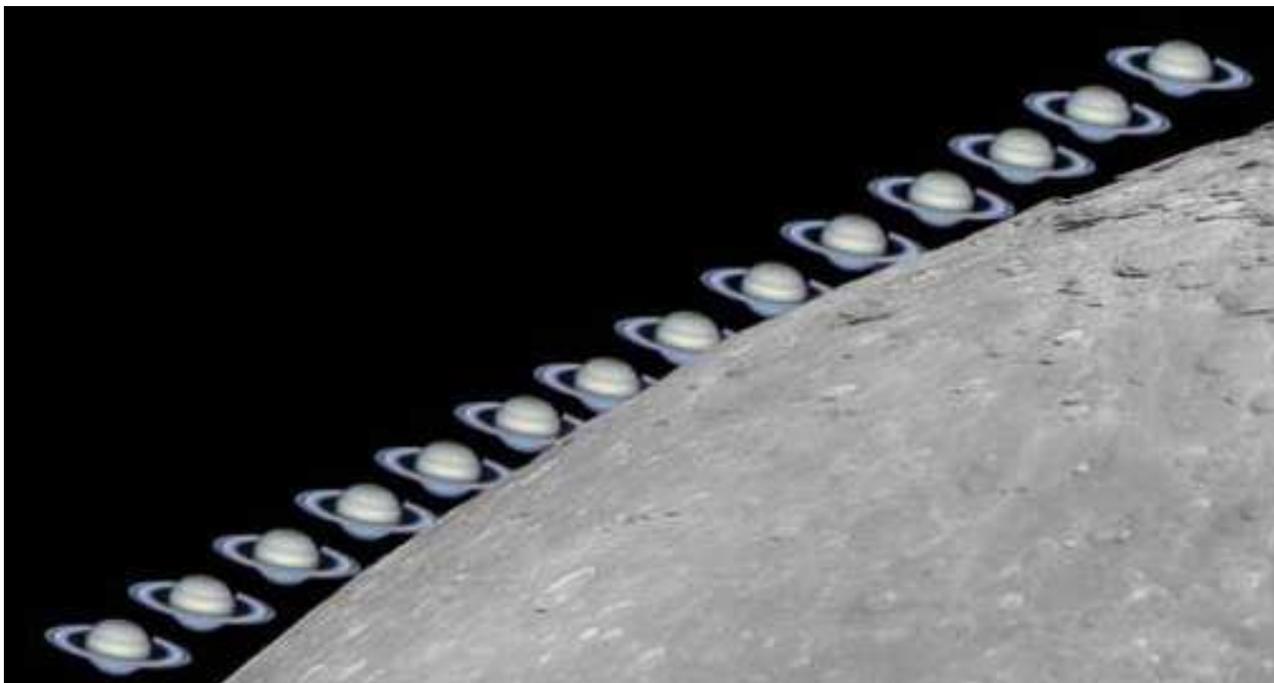
Возможно через несколько лет, когда значительная часть туманных объектов, доступных моему 150-мм другу окажется в списке пройденных, а я поселюсь где-нибудь южнее Московской области и разживусь новым 300-мм телескопом, галактика NGC 6240 станет одной из первых в моей программе наблюдений.

Виктор Смагин, любитель астрономии

<http://naedine.org>

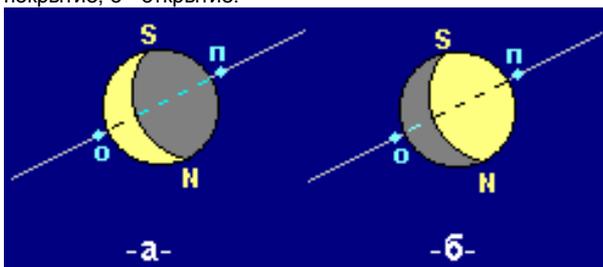
(специально для журнала «Небосвод»)

Астрономические наблюдения для начинающих Покрытия звезд и планет Луной



Комбинированный снимок касательного покрытия Сатурна Луной 2 марта 2007 года. Фото Пит Лоуренс (<http://digitalsky.org.uk>) с сайта: <http://astronet.ru>

Движение Луны вокруг Земли в своих тонкостях трудно поддается описанию, т.е. теория движения Луны является очень сложной. В своем движении на небе Луна время от времени покрывает своим диском ту или иную звезду. Но... точность, с которой астрономы могут предсказать это явление, гораздо меньше той, с которой предвычисляются многие другие небесные явления. Поэтому наблюдения покрытий звезд Луной, регистрация моментов этих явлений с точностью до 0,5 секунды имеют научную ценность. Чтобы наблюдения, проведенные любителем астрономии, имели научную ценность, ему также необходимо знать свои географические координаты с точностью до 1,5'. Проводятся наблюдения с помощью небольшого телескопа. Покрытие звезды Луной может быть в одном из двух вариантов: покрытие темным краем диска Луны (до полнолуния) и покрытие ярким краем (после полнолуния), как это показано на рисунке слева. Покрытия звезд Луной: а - покрытие темным краем (от новолуния до полнолуния), б - покрытие ярким краем (от полнолуния до новолуния). Стрелками показывают относительное движение звезды в поле зрения телескопа (изображение перевернутое). п - покрытие; о - открытие.



Удобнее (и точнее) наблюдать исчезновение звезд за темным краем лунного диска, т.е. в промежутке от новолуния до полнолуния. В последующие две недели лучше регистрировать открытие - появления звезды из-за темного лунного диска.

Регистрация времени производится следующим образом. Наблюдатель держит палец на кнопке секундомера и в момент исчезновения (или появления) звезды нажимает ее, пуская секундомер. Затем подходит к выверенным часам и нажатием кнопки останавливает секундомер в тот момент, когда секундная стрелка часов показывает нуль секунд. Отнимая от показания часов показания секундомера,

находят момент покрытия (открытия).

Наблюдения покрытий звезд Луной, если они проводятся регулярно и с достаточной точностью, имеют важное научное значение. Они позволяют изучать движение, фигуру Луны, неравномерности вращения Земли и др.

Во времена СССР результаты наблюдений покрытий звезд и планет Луной рекомендовалось посылать в Астрономическую обсерваторию Киевского университета (ее адрес на тот период: 252053, Киев-53, ул.Обсерваторная, 3, Астрономическая обсерватория Киевского университета). Возможно, что жителям Украины следует обращаться за сведениями о покрытиях именно туда.

Особенно интересны (и полезны) наблюдения покрытий Луной звезд ярких звездных скоплений, например Плеяд. Но, к сожалению, подходящие условия прохождения лунного диска на фоне этого скопления случаются не каждый год. Покрытие Луной Плеяд наблюдалось в Москве, например, 21 февраля 1991 года.

Особый интерес представляют наблюдения покрытий Луной. Покрытия звезд Луной происходят таким образом, что наблюдатель видит исчезновение звезды на восточном крае лунного диска и появление ее вновь - на западном. Поскольку Луна не имеет атмосферы, исчезновение звезды при покрытии происходит почти мгновенно - словно кто-то "выключил" звезду; особенно это заметно, когда ее покрывает темный край лунного диска. (Наиболее благоприятные условия наблюдения покрытий складываются в первых числах лунного месяца, когда солнечный свет, отраженный земной атмосферой, освещает темную часть Луны, делая ее более заметной ("пепельный свет"). В этом случае довольно хорошо видно, как звезда приближается к темному краю лунного диска, и маловероятно, что покрытие произойдет для вас неожиданно.) Постепенное или скачкообразное исчезновение звезды за лимбом в некоторых случаях говорит о покрытии тесной двойной системы звезды. Ослепительный блеск светлого лунного лимба создает значительные трудности при подобного рода наблюдениях; поэтому покрытия звезд стараются наблюдать перед полнолунием, а их появление из-за лимба - в последние числа лунного месяца. Исключение составляют яркие звезды, покрытие и появление которых можно наблюдать

вне зависимости от фазы Луны. Наблюдения покрытий звезд лучше проводить с помощью длиннофокусных телескопов с малой светосилой (большим фокальным отношением); в крайнем случае можно использовать телескоп с большим увеличением, чтобы в его поле зрения оказывалась возможно меньшая часть Луны. В этом случае в глаз наблюдателя попадает гораздо меньше света от Луны, что значительно облегчает наблюдение звезд. Наблюдение исчезновения звезд за лимбом не вызывает особых трудностей, поскольку за звездой легко следить вплоть до ее покрытия. Другое дело - появление звезд из-за лимба, которое всегда несколько неожиданно, поэтому здесь возникают немалые трудности. Для наблюдений покрытий звезд Луной наиболее удобна экваториальная установка телескопа, снабженного окуляром с широким полем зрения и крестом нитей. Совместив траекторию видимого перемещения звезды с одной из нитей, вы сразу установите точку появления звезды из-за лимба, если знаете точку ее захода за лимб.



Луна и Плеяды. Комбинированный снимок <http://meteoweb.ru>

Наблюдения покрытий небесных тел можно проводить с инструментами практически любых размеров. При этом нет необходимости в сложных устройствах для регистрации времени, и хотя арсенал этих средств довольно богат, в практике любительских наблюдений довольно часто ограничиваются обычными или цифровыми секундомерами. Основная трудность возникает при определении точного момента того или иного события по всемирному (или местному времени) времени (ошибка не должна превышать долей секунды). Поэтому часы следует сверить по сигналам точного времени, передаваемым по радио; это необходимо сделать до и после наблюдения, чтобы учесть изменения в ходе часов и точнее зарегистрировать момент интересующего вас события. Опытные наблюдатели при регистрации наступления момента покрытия достигают точности 0,1 с. Поскольку реакции наблюдателей на быстрые изменения различны, неизбежны различия в зарегистрированном ими времени наступления одних и тех же явлений. Это так называемое личное уравнение обычно учитывается только при окончательном анализе наблюдений.

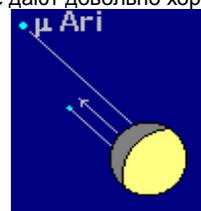
Касательные покрытия. Касательные покрытия происходят, когда Луна при движении по небу слегка "задевает" звезду (планету) северным или южным краем диска. В этом случае из-за неровностей лунной поверхности звезда в процессе покрытия может исчезать и появляться неоднократно! Касательное покрытие представляет собой удивительное зрелище, поэтому старайтесь по мере возможности не пропустить этого явления. Однако, здесь требуется более тщательная подготовка, чем при наблюдении обычных покрытий. Дело в том, что

касательное покрытие можно наблюдать только в пределах узкой полосы на поверхности Земли.



Поэтому для наблюдения необходимо заранее установить переносной телескоп в нужном месте. Особенно ценных результатов можно добиться, если в работу одновременно включатся несколько наблюдателей, установив телескопы в различных пунктах в пределах полосы наблюдений. Такие совместные наблюдения позволяют (по различиям моментов времени исчезновения и появления звезды) построить довольно точную картину распределения неровностей на краю лунного диска.

Неожиданность исчезновения и появления звезды при касательном покрытии значительно усложняет процедуру регистрации точных моментов начала и конца события. При наблюдениях такого рода лучше всего записывать на один магнитофон как сигналы точного времени, так и "метки" начала и конца каждого появления и исчезновения звезды. Такими "метками" могут служить громко произнесенные слова (например, "есть" и "нет") или короткие звуковые сигналы. Однако лучше всего поступить следующим образом: включить непрерывный звуковой сигнал, пока звезда не видна, и отключить его, как только она появляется вновь. Если во время наблюдений нет возможности записать на магнитофон одновременно и сигналы точного времени, передаваемые по радио, то их можно узнать по телефону и записать на магнитофон до и после покрытия. Правда, процедура определения точного времени в этом случае не столь точна, поскольку из-за колебаний температуры и напряжения в электрической сети или в батареях скорость записи магнитофона также меняется. Тем не менее тщательно проведенные наблюдения все же дают довольно хорошие результаты.



Вечером 14 января 1992 года на востоке Подмосковья мне довелось наблюдать два покрытия звезд Луной. Луна была в возрасте 9 дней, поэтому уже достаточно сильно "засвечивала" вечернее звездное небо. В 18ч410м по московскому времени, осматривая окрестности Луны в телескоп "Алькор" при увеличении в 33 раза, восточнее темной части Луны, примерно в 60' от лунного диска, обнаружил звезду 6-7 звездной величины. По мере приближения к ней лунного диска, звезда все более "засвечивалась" лунным светом (не смотря на то, что Луна приближалась к ней своей темной стороной). Напомню, что возраст Луны в тот момент составлял примерно 9 дней. В итоге, отметить точный момент покрытия не удалось (покрытие состоялось где-то в 18ч453м - 18ч456м). Но в 20ч453м восточнее темной части Луны оказалась звезда m Овна (5,7 m). Она была видна очень близко к темной части лунного диска. В 21ч07 m 23с (MSK) звезда скрылась за лимбом.

В заключении стоит напомнить, что видимый диаметр Луны на небе около 30' (0,5°), а за 1 час Луна примерно на столько же смещается на фоне звездного неба с запада на восток. Кстати, видимый диаметр таблетки аналгина (отечественного производства) с вытянутой руки как раз составляет примерно 30'.

Олег Малахов, любитель астрономии

<http://meteoweb.ru>

(публикуется с любезного разрешения автора и сайта)

ИЮЛЬ – 2009



Обзор месяца

Основными астрономическими событиями месяца являются: 4 июля - Земля в афелии 1,0168а.е. = 152,105 млн.км., 7 июля - полутеневое лунное затмение, 8 июля - соединение Юпитера и Нептуна, 13 июля - верхнее соединение Меркурия с Солнцем, 22 июля - полное солнечное затмение (Индия, Китай). Дальний Восток). Солнце движется на максимальном расстоянии от Земли по созвездию Близнецов до 20 июля, а затем переходит в созвездие Рака и остается в нем до конца месяца. Склонение дневного светила постепенно уменьшается, как и продолжительность дня, которая изменяется с 17 часов 29 минут в начале месяца до 16 часов 05 минут к концу описываемого периода. Вечерние астрономические сумерки сливаются с утренними до 22 июля. После этой даты время темного неба начнет быстро увеличиваться и к концу месяца превысит два с половиной часа. Эти данные справедливы для широты Москвы, где полуденная высота Солнца в течение месяца уменьшится с 57 до 52 градусов. На широте С. Петербурга в начале месяца еще имеют место белые ночи. Южнее московской параллели день будет короче, а севернее - длиннее (выше 70 параллели до середины месяца еще продолжается полярный день). Весьма благоприятные условия для наблюдения звездного неба сохраняются в южных широтах страны. Для средних широт глубокое звездное небо откроется лишь к концу июля. Для наблюдений Солнца июль - один из самых благоприятных месяцев в северном полушарии Земли. Нужно лишь всегда помнить о безопасности для зрения при использовании телескопа или бинокля в таких наблюдениях, и **обязательно (!) применять солнечный фильтр**. Луна начнет свой путь по июльскому небу в созвездии Девы (в нескольких градусах южнее Спикки) при возрастающей фазе 0,65. В полночь 2 июля лунный овал приблизится к границе созвездия Весов, в котором проведет следующие два дня. Хотя фаза Луны растет - склонение ее уменьшается, поэтому ночное светило, хотя и находится на небе все темное время суток, но это время исчисляется лишь несколькими часами. По созвездию Скорпиона почти полный лунный диск ($\Phi = 0,9$) будет перемещаться 4 июля, сблизившись с Антаресом в середине суток. Следующие сутки Луна потратит на прохождение созвездия Змееносца, а в созвездии Стрельца перейдет около полночи 6 июля при фазе 0,98. В этом созвездии 7 июля ночное светило вступит в фазу полнолуния (находясь почти на максимальном удалении от Земли), при котором произойдет полутеневое лунное затмение. Но видимость данного затмения неблагоприятна для России и стран СНГ. Точнее, на этой территории затмения не будет видно вовсе, за исключением самых восточных районов страны. Более того, склонение Луны в это время близко к минимальному и севернее широты 65 градусов, она не восходит вообще. Лишь в Америке и Австралии можно будет наблюдать все фазы затмения. Но и тут нужно будет применить чувствительные фотокамеры, т.к. максимальная фаза затмения составит всего 0,18 (затмится северный край Луны). Миновав созвездие Стрельца, ночное светило будет подниматься все выше по эклиптике, уменьшая при этом фазу. 9 и 10 июля она пройдет по созвездию Козерога, а к полночи 11 июля сблизится с Юпитером и Нептуном. Через двое суток (миновав созвездие Водолея) Луна сблизится с очередной планетой - Ураном, уменьшив фазу до 0,7. В это время лунный овал будет находиться уже в созвездии Рыб.

К полуночи 16 июля созвездия Овна достигнет уже полудиск Луны, т.к. она вступит в фазу последней четверти. Находясь на утреннем небе, тающий серп еще больше увеличивает склонение и к началу суток 18 июля пересечет границу созвездия Тельца при фазе 0,25. Утренние часы этого и нескольких последующих дней будут самыми зрелищными за весь описываемый период. Тонкий серп будет находиться близ Плеяд, Венеры и Марса. Лучше всего это сочетание светил будет наблюдаться на юге страны. 20 и 21 июля в ведении Луны будет созвездие Близнецов, а затем перейдет в созвездие Рака и наступит кульминационное новолуние 2009 года и 21 века. 22 июля произойдет полное солнечное затмение с максимальной продолжительностью полной фазы в нынешнем столетии. Лучшее затмение будет наблюдаться в Китае. Прейдя на вечернее небо, растущий серп в этот же вечер 22 июля сблизится с Меркурием в фазе 0,1, а затем на лунном пути до конца месяца окажется только Сатурн, гораздо южнее которого Луна пройдет вечером 25 июля, имея фазу 0,17. Вновь уменьшая склонение, но увеличивая фазу, ночное светило перейдет в созвездие Девы 26 июля, а к полночи 28 июля снова пройдет южнее Спикки. Через сутки естественный спутник Земли приобретет вид полудиска, вступив в фазу первой четверти, а затем второй раз за месяц пройдет по созвездиям Весов и Скорпиона, где и закончит свой путь по июльскому небу при фазе 0,77, вступив в соединение с Антаресом. Из больших планет лучшие условия для наблюдений будет иметь Юпитер (в созвездии Козерога), который находится близ противостояния и виден всю ночь. Меркурий в начале месяца находится на утреннем небе, двигаясь вслед за Солнцем по созвездию Тельца. 4 июля он перейдет в созвездие Близнецов, где 14 июля пройдет точку верхнего соединения с Солнцем. Затем планета выйдет на вечернее небо, 17 июля достигнув границы созвездия Рака, в котором пробудет до 26 июля. Оставшие дни месяца Меркурий проведет в созвездии Льва, приблизившись к Регулу до нескольких градусов. Весь месяц условия наблюдений быстрой планеты неблагоприятны. Венера постепенно увеличивает утреннюю видимость (достигающую двух часов), перемещаясь весь месяц по созвездию Тельца, соседствуя с Гиадами и Плеядами. Лишь в самом конце июля Утренняя Звезда посетит созвездие Ориона. В первую половину дня благодаря высокой яркости (-4m) возможны наблюдения Венеры невооруженным глазом. Марс (+1,1m) весь месяц находится рядом с яркой Венерой, поэтому отыскать его не составит труда даже на светлом утреннем небе. Первые два дня загодочная планета находится в созвездии Овна, а затем переходит в созвездие Тельца, и также движется между Гиадами и Плеядами. Юпитер вступает в соединение с Нептуном 8 июля, проходя в полуградусе южнее восьмой планеты. Видимость обеих планет составляет около 5 часов. Контраст между планетами велик. Если Юпитер сияет как звезда -2,8 величины (угловой диаметр 48 секунд дуги), то Нептун (7,9m) можно найти только в бинокль. Сатурн (+1m) имеет вечернюю видимость и медленно движется по созвездию Льва. Уран находится в созвездии Рыб и может быть найден в безлунные ночи невооруженным глазом в безлунные ночи конца месяца. Отыскать самые далекие планеты можно с помощью звездных карт в КН за январь 2009 года. Основными кометами месяца являются две хвостатые странницы. Это P/Korff (22P), которая перемещается по созвездию Водолея, и P/Christensen (P/2006 W3) движущаяся по созвездиям Пегаса (до 9 июля) и Лебеда. Обе кометы имеют блеск около 8m, поэтому их поиски не представляют затруднений. Яркими астероидами в июле будут Церера и Ирида. Только они превысят блеск 9m, из доступных для наблюдений малых планет. Первая из них движется по созвездиям Льва и Девы, а вторая находится в созвездии Стрельца. В конце месяца достигнут максимума действия метеорные потоки Северные и Южные дельта-Аквариды. Из ярких долгопериодических переменных звезд 5 июля максимум блеска ожидается у W And (7,4m). Данные о других переменных приведены в таблице ниже. Оперативные сведения о явлениях на <http://astroalert.ru>. Ясного неба и успешных наблюдений! Эфемериды - в КН № 7 2009 год (ссылка на 2 стр. обложки)

Александр Козловский

Как сосчитать звезды на небе, не выходя из дома

Года три назад меня заинтересовала интересная задачка, которую я назвал задачей о числе звезд видимых на небе. Иначе говоря, я хочу разработать ряд моделей для теоретического расчета распределения звезд по блеску в различных направлениях небесной сферы (число звезд до данной звездной величины в одном квадратном градусе в заданном направлении), расчета распределения видимых звезд по цвету и т. п. То есть, своего рода, теоретически нарисовать картинку звездного неба.

При сильно упрощающих предположениях она решается просто и решение можно найти в любом учебнике по звездной астрономии (теорема Зеелигера). Если же решать задачу более реалистично, она становится очень сложной и как оказалось, называется задачей популяционного синтеза. А вообще задача эта комплексная, творческая и очень интересная. Комплексная – потому что на конечный результат, если глубоко копать, влияет очень много факторов: от спектральной чувствительности человеческого зрения до звездной эволюции, межзвездного поглощения света и статистики двойных систем. Творческая – потому что необходимо совмещение простоты и реалистичности модели. Интересная – потому что сложная.

Обычно в астрофизике решаются обратные задачи, например по наблюдательным данным строятся изохроны звезд. Меня интересует прямая задача – предсказание наблюдений по вводным теоретическим представлениям и начальным условиям (число которых я постараюсь свести к минимуму) и вообще вопрос о возможности таких предсказаний, т.к. имеется случайная составляющая. Наглядный пример – крайне неоднородное распределение межзвездного поглощения, модель которого необходима для решения моей задачи (причем трехмерная).

При углублении в вопрос выяснилось что я не первый кто поднял эту задачу. Оказалось что эта задача неоднократно рассматривалась в течении последних 100 лет для разных приложений. И сейчас, если необходимо, часто прибегают к ее решению. Впервые уравнения звездной статистики были выведены Карлом Шварцшильдом на рубеже XIX и XX столетий для интерпретации звездных подсчетов. Также мне известно о работе американцев Бэжэла и Сонейры, которые в начале 80-ых годов применили моделирование для предсказания свойств каталога гидрирующих звезд для космического телескопа Хаббла. Сейчас таким моделированием в мире занимается несколько групп, одной из самых успешных является исследовательская группа из Безансона (Франция), под руководством Annie Robin. Во всех этих работах, так или иначе поднимаются заинтересовавшие меня вопросы.

Для оценки точности результатов теоретических расчетов эти результаты надо сравнивать с фактическими наблюдательными данными. Чтобы это сделать я составил таблицу, в которой приведено полное число звезд на небесной сфере N , блеск которых превышает данную звездную величину m . Т.е. в таблице описывается функция $N(m)$.

Наблюдаемое число звезд на всем небе N до данной визуальной звездной величины m

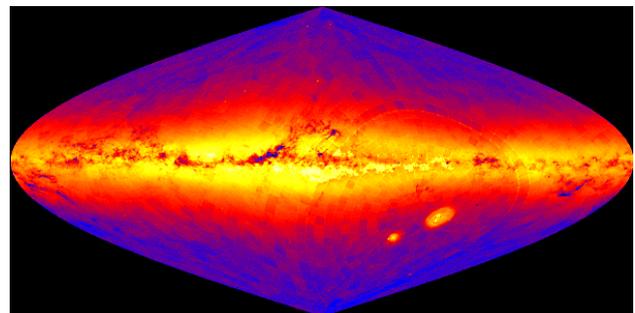
m	N
-2	0
-1	1
0	4
1	14
2	40
3	100
4	500
5	1600
6	4850
7	14300
8	41000
9	117000
10	324000
11	870000
12	2300000

m	N
13	5700000
14	14000000
15	32000000
16	71000000
17	150000000
18	300000000
19	560000000
20	1000000000
21	2000000000

Используя эту таблицу, я попытался найти эмпирическую формулу в виде: $\lg N(m) = a + bm - cm^2$, где a , b и c – некоторые постоянные коэффициенты. Применив способ наименьших квадратов, были получены значения коэффициентов, в итоге получилась формула $\lg N(m) = 0,382 + 0,599m - 0,00828m^2$. В пределах наблюдаемых звездных величин эта формула очень хорошо согласуется с табличными данными. Однако для экстраполяции в сторону увеличения звездных величин эта формула неприменима, так как отрицательный член при m^2 должен при возрастании m рано или поздно превысить по своей абсолютной величине сумму двух первых положительных членов $a + bm$. Это значит, что, начиная с некоторой звездной величины m_1 , число звезд от самых ярких до m_1+1 станет меньше, чем число звезд до m_1 , т.е. $N(m_1+1) < N(m_1)$, что является абсурдным.

Для экстраполяции применима эмпирическая зависимость Сирса и ван-Райна: $\lg(dN(m)/dm) = am + bm - cm^2$, где a , b и c – также некоторые постоянные коэффициенты (их можно получить, используя метод наименьших квадратов и данные из таблицы). Эта зависимость очень хорошо согласуется с наблюдательными числами звезд. Ее можно использовать для расчета полного количества звезд в нашей Галактике (!). Не буду расписывать вывод, приведу только окончательную формулу: $N_G = (\pi \times \text{mod}/c)^{1/2} \times 10^{(a + b2/4c)}$, здесь π – число пи, x – знак умножения, $\text{mod} = \lg e = 0,43429\dots$

Приведенная таблица характеризует число звезд всего неба. А интересно исследовать распределение звезд в различных направлениях небесной сферы, к сожалению такой таблицы ни в литературе, ни на интернет-ресурсах я не нашел. В принципе ее можно было бы получить, воспользовавшись звездным каталогом содержащим визуальные звездные величины (звездные величины в фильтре V). Однако на данный момент хороший всенебесный каталог с точными величинами V отсутствует, и это является большой проблемой современной наблюдательной астрономии.



Распределение звезд на небе по данным звездного каталога USNO-A2.0 (526 230 881 звезд). Желтый цвет соответствует плотности 150 000 звезд на квадратный градус, тогда как синий – только 500 звезд на квадратный градус.

Константин Пластинин (Kedr) Любитель астрономии, с. Локосово, Сургутский р-он
<http://www.astronomy.ru/forum/>

Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

О ПРОЕКТЕ

НОВОСТИ ПРОЕКТА

ПРЕСС-РЕЛИЗЫ

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

ПУТЕВОДИТЕЛЬ АСТРОНОМА

Астротоп России <http://www.astrotop.ru> - все любительские астросайты России на одном ресурсе!



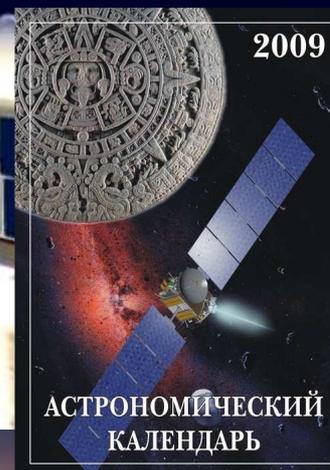
Главная любительская обсерватория России
всегда готова предоставить свои телескопы
любителям астрономии!

Сделайте шаг к науке
вместе с нами!

Астрономический календарь на 2009 год!

<http://www.astronet.ru/db/msg/1232691>

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



АСТРОНОМИЧЕСКИЙ
КАЛЕНДАРЬ

ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ АСТРОНОМИЯ

Два стрельца



Наедине с КОСМОСОМ

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

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 почтовое 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 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 - писать, если только не работает первый)

Ленинградская область:

Украина:

Александр Козловский sev_kip2@samaratransgaz.gazprom.ru

Алексей Ткаченко alex_tk@tut.by

Андрей Сафронов safronov@sugardas.lt

Алексей ... inferno@cn.ru

Сергей Булдаков buldakov_sergey@mail.ru

Елена Чайка smeshinka1986@bk.ru

Максим Лабков labkow@mail.ru

Станислав... star_heaven@mail.ru

Lidia Kotscherow kotscheroff@mail.ru

Конов Андрей konov_andrey@pochta.ru

Евгений Бачериков batcherikow@mail.ru



Галактики скопления в Персее

