

ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

# НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

## ИЗБРАННОЕ

03'17  
март



Многоликая вселенная – Зачем человеку звезды на небе? –  
Записки наблюдателя туманных объектов: март – Звездное небо  
надо мной – Небо над нами: МАРТ - 2017



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



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

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

Астрономический календарь на 2006 год <http://astronet.ru/db/msg/1208871>  
Астрономический календарь на 2007 год <http://astronet.ru/db/msg/1216757>  
Астрономический календарь на 2008 год <http://astronet.ru/db/msg/1223333>  
Астрономический календарь на 2009 год <http://astronet.ru/db/msg/1232691>  
Астрономический календарь на 2010 год <http://astronet.ru/db/msg/1237912>  
Астрономический календарь на 2011 год <http://astronet.ru/db/msg/1250439>  
Астрономический календарь на 2012 год <http://astronet.ru/db/msg/1254282>  
Астрономический календарь на 2013 год <http://astronet.ru/db/msg/1256315>  
Астрономический календарь на 2014 год <http://astronet.ru/db/msg/1283238>  
Астрономический календарь на 2015 год <http://astronet.ru/db/msg/1310876>  
Астрономический календарь на 2016 год <http://astronet.ru/db/msg/1334887>  
Астрономический календарь на 2017 год <http://www.astronet.ru/db/msg/1360173>  
Астрономический календарь-справочник <http://www.astronet.ru/db/msg/1374768>



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



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

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

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



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



Календарь наблюдателя – Ваш неизменный спутник в наблюдениях неба!  
КН на март 2017 года <http://www.astronet.ru/db/news/>

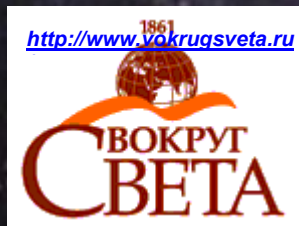


<http://www.nkj.ru/>



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

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



Вышедшие номера журнала «Небосвод» можно скачать на следующих Интернет-ресурсах:  
<http://www.astronet.ru/db/sect/30000013>  
<http://www.astrogalaxy.ru>  
<http://www.shvedun.ru/nebosvod.htm>  
<http://www.astro.websib.ru/sprav/jurnalN> (журнал + все номера КН)  
<http://ivmk.net/liitos-astro.htm>



ссылки на новые номера - на основных астрофорумах....

## Уважаемые любители астрономии!

*Заглянем с вами в прошлое журнала!*

*Из интересных выберем статей!*

*Но это было там в начале!*

*Теперь - десятилетний юбилей!*

Действительно – журналу 10 лет, а так хочется вернуть то время, когда журнал «Небосвод» только только начинал свой путь, как издание для любителей астрономии. Прошло всего лишь десятилетие, но в наш бурно развивающийся век, это большой промежуток времени! Меняются технологии, наука движется вперед семимильными шагами. Отрадно, что в астрономии темпы развития не отстают от других областей науки, а иногда даже превосходят их. Особенно это заметно по проектированию и вводу в строй новых мощных телескопов, способных проникнуть еще дальше, разглядеть небесные объекты еще четче. Уже все чаще находят планеты у других звезд, орбиты которых расположены внутри пояса, где может существовать вода в жидком состоянии, а значит и возможна жизнь на таких планетах. Подбирая статьи для этого номера журнала, редакция сочла возможным еще раз обратить внимание любителей астрономии на то, как многообразна окружающая нас вселенная, и задать вопрос, который нередко задают самим любителям астрономии – а зачем вообще человеку звезды на небе? Новички смогут познакомиться с творчеством любителей астрономии со стажем, а также совершить прогулку по туманному объектам звездного мартовского неба.... А в нашу жизнь приходит еще одна весна. Первый весенний месяц радуется погожими днями и ночами. Хотя продолжительность дня быстро уменьшается ввиду приближающегося дня весеннего равноденствия, а ночь укорачивается, для любителей астрономии остается еще много времени, чтобы совершать удивительные прогулки по звездному небу. Вечернее небо, особенно в начале месяца, привлекает Венерой, Луной и Марсом. На утреннем небе легко отыскать Юпитер и Сатурн. Вооружившись телескопом можно увидеть серп Венеры, кольца Сатурна, множество деталей на диске Юпитера. Наблюдайте и присылайте ваши статьи в журнал «Небосвод». Журнал очень нуждается в ваших публикациях, дорогие читатели. Ясного неба и успешных наблюдений!

*Редакция журнала Небосвод*

## Содержание

### 4 Небесный курьер (новости астрономии)

*Мир астрономии десятилетие назад*

### 12 Многоликая вселенная

*Андрей Дмитриевич Линде*

### 27 Зачем человеку звезды на небе?

*Владимир Георгиевич Сурдин*

### 30 Планета Венера

*Георгий Бурба*

### 38 Когда быстро бегут облака: март (записки наблюдателя туманностей)

*Виктор Смагин*

### 42 Звездное небо надо мной

*Александр Кузнецов*

### 52 Небо над нами: МАРТ - 2017

*Александр Козловский*

### Обложка: Комета 45P пролетает около Земли

<http://astronet.ru/>

Огромный снежный ком только что пролетел около Земли. Это была комета 45P/Хонда-Мркоса-Пайдушаковой, или просто 45P. Вчера расстояние между кометой и Землей было в 10 раз меньше, чем между Землей и Солнцем. Во время этого пролета комету сфотографировали, на снимке видны тонкий ионный хвост и слабая, но протяженная зеленая кома. Зеленый свет излучают в основном возбужденные молекулы углерода. Комета 45P стала достаточно яркой, чтобы ее можно было увидеть невооруженным глазом в декабре, когда она ближе всего подошла к Солнцу. Сейчас комета слабеет, направляясь к окрестностям орбиты Юпитера, где она проводит большее время. Ядро из льда и грязи размером в один километр возвратится во внутреннюю часть Солнечной системы в 2022 году.

Авторы и права: [Фрин Гельмут Хеммерих](#)

Перевод: Д.Ю.Цветков

## Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

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

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

Редактор: [Николай Демин](#), Дизайнер обложки: [Н. Кушнир](#), [offset@list.ru](mailto:offset@list.ru), корректор [С. Беляков](#)

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

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

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

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

Сверстано 24.02.2017

© *Небосвод*, 2017



### Черную дыру «поймали с поличным» (текст 2007 года)



Поглощение звезды черной дырой в представлении художника. [Изображение: NASA/JPL](#)

Черные дыры представляют из себя объекты, сжатые до невероятных плотностей, сравнимых с плотностью ядер атомов. Гравитация их настолько мощна, что даже свет не может покинуть окрестности этого колосса тяготения. Ученые полагают, что супермассивные черные дыры нашли себе приют в центре каждой галактики. Некоторые черные дыры считаются более активными, чем их спокойные соседи. Активные черные дыры поглощают окружающее вещество, а если в полет тяготения попадет «зазевавшаяся» звезда, пролетающая мимо, то она непременно будет «съедена» самым варварским способом (разорванная в клочья). Поглощаемое вещество, падая на черную дыру, нагревается до огромных температур, и испытывает вспышку в гамма, рентгеновском и ультрафиолетовом диапазоне. В центре Млечного Пути так же находится супермассивная черная дыра, но ее труднее изучать, чем дыры в соседних или даже далеких галактиках. Это связано с плотной стеной газа и пыли, встающей на пути центру Нашей Галактики, ведь Солнечная система находится почти на краю галактического диска. Поэтому наблюдения активности черных дыр гораздо эффективней у тех галактик, ядро которых хорошо просматривается. При наблюдении одной из далеких галактик, расположенной в созвездии Волопаса на расстоянии 4-х миллиардов световых лет, астрономам впервые удалось отследить от начала и почти до конца процесс поглощения звезды супермассивной черной дырой. В течение тысяч лет этот гигантский коллапсар тихо-мирно покоился в центре безымянной эллиптической галактики, пока одна из звезд не осмелилась приблизиться к ней достаточно близко. Мощная гравитация черной дыры разорвала звезду на части. Сгустки вещества начали падать на черную дыру и при достижении горизонта событий, ярко вспыхивать в ультрафиолетовом диапазоне. Эти вспышки и

зафиксировал новый космический телескоп NASA Galaxy Evolution Explorer, изучающий небо в ультрафиолете. Телескоп и сегодня продолжает наблюдать за поведением отличившегося объекта, т.к. трапеза черной дыры еще не закончилась, а остатки звезды продолжают падать в бездну времени и пространства. Наблюдения таких процессов, в конце концов, помогут лучше понять, как черные дыры развиваются вместе с их родительскими галактиками (или, наоборот, галактики развиваются с родительской черной дырой). Более ранние наблюдения показывают, что подобные эксцессы не редкость во Вселенной. Ученые подсчитали, что в среднем звезда поглощается супермассивной черной дырой типичной галактики один раз в 10000 лет, но поскольку галактик большое количество, то наблюдать поглощения звезд можно гораздо чаще. Например, в 1990 году при помощи рентгеновского спутника German-American-British Röntgen X-ray ученым удалось зафиксировать рентгеновские вспышки из центра нескольких галактик. Они являются главными кандидатами на «поедание» звезд. Подробная статья о новых исследованиях черных дыр опубликована в последнем номере «Астрофизического журнала». Автор статьи: Dr. Suvi Gezari из Калифорнийского Технологического Института, Pasadena, Calif.

### От астероидов Землю защитит ЦНИИмаш (текст 2007 года)



Главным разработчиком системы защиты Земли от астероидов в России выступает Центральный научно-исследовательский институт машиностроения (ЦНИИмаш). Об этом заявил сегодня на пресс-конференции в ИТАР-ТАСС заместитель главы Федерального космического агентства (Роскосмос) Виталий Давыдов. "Говорить о практической работе по созданию такой системы пока рановато, но научно-исследовательская работа будет вестись обязательно, - сказал представитель Роскосмоса. - Мы потихоньку осознаем опасность со стороны астероидов, которые одним ударом могут отбросить цивилизацию на многие сотни лет назад. Есть много проектов, и они очень интересные. Идея

разработки создания подобной системы может объединить человечество... Мы задали подобную задачу и определили головного разработчика - ЦНИИмаш", - сообщил Давыдов. Дискуссия о необходимости защиты Земли от возможной астероидной опасности возникла после того, как стало известно, что открытый в 2004 году потенциально опасный астероид Апофис с диаметром до 400 метров в 2036 году может столкнуться с нашей планетой.

## Луч суперсвета в темном царстве (текст 2007 года)



Звездная система LS 5039 в представлении художника. Фиолетовым цветом отмечены джеты, порождаемые близостью двух объектов и перекачкой материи с обычной звезды на черную дыру или нейтронную звезду. Изображение: HESS Collaboration/R

**Астрономы впервые наблюдали, как свет порождает материю.** Первое исследование модуляций излучения от мощного космического источника высокоэнергетических гамма-квантов, выполненное под руководством армянского астрофизика, профессора Феликса Аароняна (Felix Aharonian), работающего в германском Институте ядерной физики имени Макса Планка (Max-Planck-Institut für Kernphysik - [МПИК](#)) в Гейдельберге, позволяет не только раскрывать суть механизмов, стоящих за производством этой самой загадочной компоненты космических лучей, но и впервые за пределами земных лабораторий наблюдать преобразование света в частицы вещества и антивещества ([публикация](#) в журнале "Астрономия и астрофизика" (Astronomy & Astrophysics - [A&A](#))). Двойная звездная система в южном созвездии Щита, получившая обозначение LS 5039, была открыта еще в конце XX века орбитальной обсерваторией ROSAT (в числе множества других рентгеновских источников). А поток гамма-квантов, прибывающих к нам из этой звездной системы, был зафиксирован в 2005 году Высокоэнергетической стереоскопической системой [H.E.S.S. \(High Energy Stereoscopic System\)](#) - самой чувствительной гамма-обсерваторией такого рода, [построенной](#) с помощью международного сообщества в высокогорной части Намибии (Юго-Западная Африка). В настоящее время H.E.S.S., способная [обнаруживать](#) гамма-кванты самых высоких энергий путем изучения эффектов, вызванных прохождением этих частиц в земной атмосфере, состоит из четырех 13-метровых телескопов, но к ним со временем добавится еще 30-метровый "монстр" - и тогда обновленный проект

получит имя H.E.S.S.-II. В коллаборацию входят свыше сотни ученых и инженеров из Германии, Франции, Великобритании, Польши, Чехии, Ирландии, Армении, Южной Африки и Намибии. Судя по всему, изученная звездная система LS 5039 состоит из компактного объекта (черной дыры или нейтронной звезды) и звезды главной последовательности (голубого гиганта), масса которой эквивалентна 20 массам нашего Солнца. Это двойная система относится к числу чрезвычайно тесных - ее компоненты разделены расстоянием в 0,2-0,4 астрономической единицы (30-60 миллионов километров), что соответствует всего 2-4 радиусам звезды-гиганта. Считается, что гамма-лучи испускаются электронами, ускоряющимися до очень высоких скоростей в чудовищном магнитном поле "экстремала" (такие скорости пока еще недостижимы даже на самых мощных земных ускорителях). Однако где именно и за счет какого конкретного механизма происходит ускорение этих электронов, до сих пор неясно. Наблюдения HESS показывают, что интенсивность гамма-излучения характеризуется определенными вариациями, и период этих вариаций составляет 3,9 земных суток - то есть совпадает с периодом обращения компактного объекта вокруг массивной звезды (точность определения периода модуляций составила 0,04%). Наличие этого модулированного сигнала на столь высоких энергиях - в 100 тысяч раз превышающих уровень чего-либо другого, известного ранее, - заставляет предположить, что источник гамма-лучей сосредоточен в очень компактном регионе и размещается поблизости от массивной звезды и ее компактного компаньона, так, чтобы он мог испытывать влияния от их смещений относительно друг друга. Об этом рассказывает член исследовательской группы французский ученый Матье де Норуа (Mathieu de Nourais) из парижской Лаборатории ядерной физики и высоких энергий ([Laboratoire de Physique Nucléaire et de Hautes Energies](#)): "Тот факт, что мы наблюдаем в этой системе периодичность, означает, что гамма-лучи не могут прибывать откуда-то издалека - они должны исходить изнутри системы". Существует теория, согласно которой электроны, порождающие гамма-излучение сверхвысоких энергий, могли бы ускоряться в релятивистских "джетах"-струи, исходящих из компактного объекта (например, из окрестностей черной дыры) и простирающихся далеко в космос. И вот теперь эта теория получила очень серьезную "пробоину", ведь "раскидистые" джеты (порядка тысячи астрономических единиц) никак нельзя назвать компактным объектом. Небольшой квазизвездный компаньон подвергается как воздействию мощного "звездного ветра", так и интенсивного излучения со стороны гигантской звезды, что с одной стороны способствует ускорению частиц до высоких энергий (в магнитном поле "малютки"), а с другой стороны (и это в буквальном смысле) - затрудняет исход гамма-лучей, порождаемых этими частицами - все это в зависимости от ориентации системы относительно нас. Совокупность двух подобных явлений лежит в основе механизма модуляции: поток гамма-излучения увеличивается, когда компактный объект (черная дыра?) "проходит" перед звездой и



снижается до минимума тогда, когда квазизвездный объект-карлик "прячется" за свою "хозяйку". При этом часть гамма-квантов, произведенных вблизи компактного объекта, взаимодействует с фотонами ультрафиолетового диапазона, исходящими из массивной звезды, и преобразуется в электрон-позитронные пары. Возможность сотворения вещества и антивещества из чистого света предсказано еще Общей теорией относительности Эйнштейна (знаменитое  $E=mc^2$ ), однако до сих пор ни разу не удавалось наблюдать явных признаков того, что такие процессы действительно протекают в глубоком космосе (на земных ускорителях частиц реальность подобных эффектов уже подтверждена). Космологи же при всем при этом уверены, что такие явления несут ответственность за частичное поглощение релятивистского микроволнового излучения (дошедшего до нас со времен, наступивших вскоре после Большого взрыва), и поэтому-то так важно было обнаружить превращение излучения в материю в космосе (соответственно, полное превращение материи в излучение (аннигиляция при взаимодействии частиц и античастиц) наблюдается довольно часто). Акты взаимодействия гамма-квантов с фотонами ультрафиолетового диапазона, учащающиеся по мере того, как компактный объект, двигаясь по очень вытянутой орбите, сближается со своей массивной хозяйкой, как раз и могут вызывать периодические падения яркости, наблюдаемые с Земли, что в свою очередь позволяет в очередной раз подтвердить истинность теории Эйнштейна. В общем потоке космических частиц высоких энергий гамма-излучение занимает особое место. Дело в том, что траектории заряженных частиц космических лучей в ходе их путешествия к Земле преломляются под воздействием галактических и межгалактических магнитных полей, "забывая" таким образом свое изначальное направление, а гамма-лучи как незаряженные частицы не испытывают воздействия магнитных полей и к Земле следуют прямым путем, сохраняя таким образом важнейшую информацию о породивших их источниках. Проверять, прибывает ли данная порция излучения с одного-единственного направления или со всех направлений разом, можно отличить, чем она порождается - заряженными космическими частицами или гамма-лучами. Наблюдения в области гамма-излучения сверхвысоких энергий посредством наземных установок проводятся начиная с 60-х годов прошлого века (на заре становления этих технологий большой вклад внесли советские ученые). А на протяжении последнего десятка лет были основаны сразу несколько наземных обсерваторий, перед которыми ставилась задача по обнаружению гамма-излучения из самого верхнего энергетического диапазона. Принцип действия у всех подобных установок один и тот же - регистрируется то вторичное излучение, что возникает при взаимодействии высокоэнергетических (и обладающих высокой проникающей способностью) гамма-квантов с земной атмосферой (то есть в качестве "рабочего вещества" используется окружающий нас воздушный океан). Речь идет о так называемом [черенковском излучении](#) (излучение Черенкова -

Вавилова, эффект открыт в 1934 году советскими учеными). Источником этих скоротечных (продолжительностью в миллиардные доли секунды) слабых голубоватых вспышек являются частицы, движущиеся в земной атмосфере со скоростями, превышающими скорость света в воздухе (которая немного ниже, чем скорость света в вакууме). Этот эффект чем-то напоминает сверхзвуковой удар, который возникает, если самолет летит со сверхзвуковой скоростью. Если видимый свет - это энергии порядка одного электрон-вольта (1 эВ), а рентгеновские лучи - тысячи и миллионы электрон-вольт, то Н.Е.С.С. имеет дело с чрезвычайно высокоэнергетическими гамма-квантами с энергиями порядка миллиона миллионов электрон-вольт, или тераэлектрон-вольтами (ТэВ). События, соответствующие приходу подобных суперлучей, весьма редки, и даже от относительно сильных источников астрофизики могут зарегистрировать лишь приблизительно один гамма-квант в месяц на квадратный метр земной атмосферы. Но постепенно множество отдельных изображений, отмечающих расположение одиночных гамма-квантов, складывается в единую картину - так возникают карты, по которым можно уже изучать структуру астрономических объектов в гамма-лучах.

## Раскрыта тайна загадочного античного планетария (текст 2007 года)

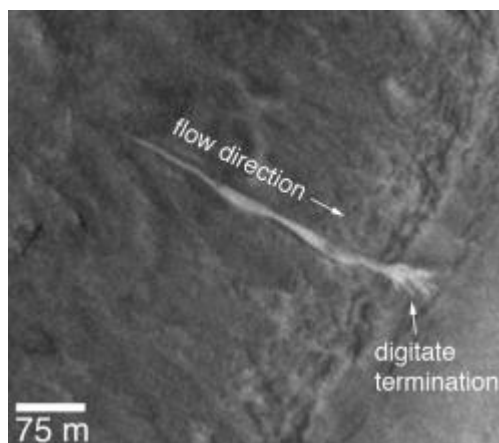


Удалось раскрыть тайну замысловатого античного "планетария" II столетия до н.э. - так называемого [Антикитерского механизма](#) ([Antikythera mechanism](#)), который был найден ныряльщиками за губками в 1902 году (на глубине 42 метров) и теперь хранится в греческом Национальном археологическом музее в Афинах. Свыше двух тысячелетий (датировка дает от 150 до 100 г. до н.э.) этот артефакт покоился среди останков кораблекрушения вблизи одноименного греческого острова (Антикитера - [Αντικύθηρα](#)), расположенного в Эгейском море между Критом и Пелопонесом. Осознание того факта, насколько сложный механизм попал к нам в руки, даже в среде ученых-археологов пришло далеко не сразу (лишь в 1955 году

английский историк науки Дерек де Солла Прайс (Derek de Solla Price) впервые высказал догадку, что Антикитерская находка является механическим вычислительным устройством), ну а споры о конкретных способах его применения велись до самого последнего времени... Собственно, сама реликвия дошла до нас в виде многочисленных фрагментов - это главным образом зубчатые передачи из бронзы, обросшие толстыми слоями известняка. Считается, что весь этот механизм когда-то размещался в деревянном ящике размером 32x16x10 см и представлял собой вещь, безусловно, гораздо более сложную, чем любая другая машина, появлявшаяся на нашей планете на протяжении последующего тысячелетия. И это еще мягко сказано. Там используется дифференциальная передача, которая, как ранее считалось, была изобретена не раньше XVI века, ну а уровень миниатюризации и сложность механизма сопоставимы с механическими часами XVIII века. В общем и целом находка демонстрирует величие античной дохристианской науки и техники, все следы которой в "темные века" были практически стерты. Теперь группа специалистов, возглавляемая британским астрономом Майком Эдмундом ([Mike Edmunds](#)) и математиком Тони Фритом (Tony Freeth) из Кардиффского университета ([Cardiff University](#)) в Уэльсе показала, что Антикитерский механизм был способен предсказывать солнечные и лунные затмения, сопоставляя относительные положения Земли, Луны и Солнца (публикация в журнале [Nature](#) 30 ноября). Ученых особенно потрясло то, что "калькулятор" способен учитывать эллиптичность лунной орбиты. Майк Эдмунд всерьез полагает, что если бы древним грекам не ставили палки в колеса другие цивилизации, то они бы уже в 300 г. от Рождества Христова побывали бы на Луне. Ну а ценность Антикитерского механизма для истории науки и культуры он сравнивает с "Моной Лизой" Леонардо да Винчи - не в пользу последней... Для того, чтобы восстановить положение шестерен внутри покрытых минералом фрагментов, группа Эдмунда воспользовалась возможностями современной технологии - так называемым СТ-сканированием (иначе говоря, компьютерной томографией (computerized tomography), с помощью рентгеновских лучей позволяющей делать объемные карты скрытого от глаз содержимого). За счет этого удалось определить взаимосвязь отдельных компонентов и уточнить их функциональную принадлежность. Группа также нашла фрагменты ранее скрытых текстов, выгравированных на металлических поверхностях. "По сложности это устройство превзошло современные наручные часы, - говорит Эдмунд. - Это прекрасная разработка, по всей видимости, такая вещь могла быть изготовлена только в рамках какой-то давней традиции создания подобного вида устройств". Научная группа строит теперь виртуальную модель работы всего "планетария", которую они надеются закончить в течение ближайших месяцев. Новая реконструкция придет на смену предыдущим более грубым моделям (которые уже раньше неоднократно изготавливались "в натуре"). Нерешенными, правда, остаются еще несколько вопросов. Так, существуют различные

письменные упоминания об устройствах, подобных Антикитерскому механизму, однако никаких других находок таких машин сделано не было (Цицерон, например, приписывал изобретение подобных диковин полубогатырскому защитнику Сиракуз Архимеду). Вот один из возможных путей разрешения этого парадокса: бронза, из которой изготавливались такие механизмы, в те века могла представлять собой чрезвычайную ценность, и таким образом все подобные артефакты попросту отправлялись в переплавку. "Принципиально важным можно считать то, что единственный пример механизма, которым мы теперь располагаем, попал в наши руки с места кораблекрушения - именно поэтому он и не был переплавлен", - размышляет Эдмунд, добавляя при этом, что все дошедшие до нашего времени бронзовые статуи того времени также были обнаружены среди останков кораблекрушений. Некоторые исследователи полагали, что "планетарий" в числе других сокровищ, награбленных в Родосе, следовал в Рим во время празднеств, устроенных Гаем Юлием Цезарем (100-44 гг. до н.э.), но это предположение звучит, пожалуй, излишне романтично. Монеты, найденные на этом месте в 1970-х гг. Жаком-Ивом Кусто (Jacques-Yves Cousteau), позволили отнести кораблекрушение к 85 до н.э. или чуть более позднему времени, но теперь, после расшифровки надписей, датировка должна сместиться лет на 15-20 в глубь веков.

## Эти реки никуда не впадают (текст 2007 года)



Свежее русло от потоков жидкости на Марсе. [Фото: NASA/JPL](#)

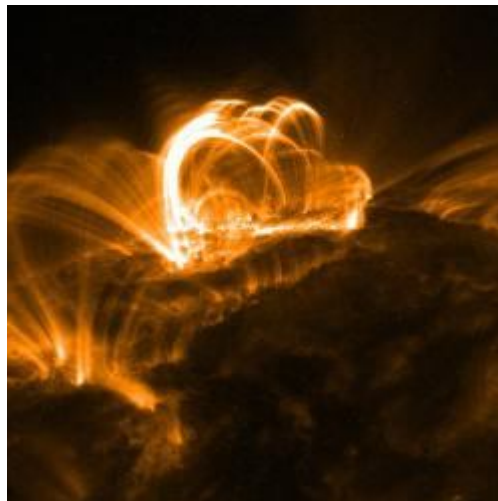
Где-то на поверхности Марса прямо сейчас может течь вода. Во всяком случае, такое уже неоднократно случалось на протяжении семи последних лет, что и показывает анализ изображений, полученных американской орбитальной станцией Mars Global Surveyor ([MGS](#)). Майкл Мэлин (Michael Malin) и его коллеги из калифорнийской организации [Malin Space Science Systems](#) (Сан-Диего) уверены в том, что снимки одних и тех же участков марсианской поверхности, получаемые на протяжении нескольких лет, теперь дают всем ясное доказательство присутствия жидкой воды, стекающей со склонов метеоритных кратеров



и прорезающей в песке характерные овраги. Соответствующая статья публикуется в научном журнале [Science](#). Таким образом первое наблюдение присутствия жидкой воды на современном Марсе дает новую надежду всем сторонникам теории, согласно которой на Марсе и сейчас можно еще обнаружить жизнь (ну хотя бы в виде микроорганизмов). "Эти наблюдения дают самые надежные свидетельства (из всех, полученных к настоящему времени) того, что вода все еще иногда течет по поверхности Марса", - считает доктор Майкл Мейер (Michael Meyer), входящий в руководство программы марсианских исследований [NASA](#). Поиск воды на Марсе признан одной из важнейших задач всех марсианских экспедиций. Помимо того, что обнаружение водных источников на поверхности имело бы огромное значение для астробиологов, способность Красной планеты поддерживать существование жизни оказало бы также неоценимую поддержку в деле тех ученых-энтузиастов, что призывают правительства Земли всерьез заняться космической экспансией (и "для начала" терраформировать Марс). Осуществить подобные программы в том случае, если на Марсе действительно есть легкодоступные источники воды, стало бы значительно проще. Структуры, напоминающие каналы (не путать с мифическими "каналами" итальянского астронома XIX века Джованни Скиапарелли!) на поверхности Марса обнаруживаются уже давно (их раньше видела и группа Мэлина, работающая с камерами MGS), однако планетологи никогда прежде не получали "прямых улик" существования жидкой воды на планете именно в нашу эпоху. Ранее скептики могли утверждать, что все следы воды на марсианской поверхности имеют очень и очень древнее происхождение, ну а вся вода, присутствующая на планете в настоящее время, представляет собой лишь ледяные залежи и водяной пар. Группа Мэлина изучила изображения тысяч оврагов, переданных за девять лет работы камерой [MOC](#) (Mars Orbital Camera), установленной на Mars Global Surveyor, и нашла доказательства того, что за последние годы вода протекала по крайней мере по двум оврагам. На фотографиях 2004-2005 гг. оба этих оврага содержат яркие полосы с "ветвистыми" окончаниями, характерными для так называемых "аллювиальных потоков" ("Alluvial flow", см. фото), тогда как на изображениях тех же мест, полученных в 1999 и 2001 гг. полосы еще не просматриваются. Именно это, по мнению исследователей, можно считать ясным свидетельством того, что потоки воды некоторое время стекали по склонам оврагов вниз, пока не иссякли. "Наблюдаемая форма отложений полностью соответствует переносу материала текущей водой, - говорит Мэлин. Пальцеобразное ветвление в нижней части определяется отклонением потока при столкновении с небольшими препятствиями". Мэлин и его сотрудники считают, что эта вода просочилась из трещин, возникших после падения метеорита, который некогда пробил один из многочисленных "подземных резервуаров", содержащих воду в жидком виде. По оценкам специалистов, количество протекшей воды (успевшей пройти сотни метров) было эквивалентно приблизительно пяти-десяти

плавательным бассейнам. Оба оврага, так живо заинтересовавшие исследователей, расположены в южном полушарии Марса - приблизительно на 37 градусе широты (в кратерах на Terra Sirenum и Centauri Montes), где дневные температуры могут порой превышать 0°C, что и делает существование воды в жидком виде вполне возможным. Однако такая вода очень быстро испарилась бы или обратилась в лед, поскольку эти реки текут в разреженной марсианской атмосфере, да и уже привычные холода не заставили себя долго ждать... Впрочем, вопрос о существовании марсианской воды в жидком виде в современную эпоху все еще не так однозначен, как хотелось бы Мэлину и его группе. Другие специалисты подвергают сомнению трактовку полученных результатов. Вместо воды это мог бы быть испаряющийся углекислый газ или даже песчаный поток необычного светлого оттенка. Mars Global Surveyor ("Глобальный инспектор (картограф) Марса") начал свои исследования на марсианской орбите еще в 1997 году. Беспрецедентная долговечность этого космического корабля помогла земным ученым совершить многие важнейшие открытия. К сожалению, NASA не может связаться со своим аппаратом-ветераном начиная с начала ноября этого года, хотя попытки наладить связь все еще продолжаются... Помимо поиска изменений в оврагах, группа Мэлина, отвечавшая за работу основной камеры этого орбитального аппарата, произвела оценку интенсивности, с которой на поверхности Марса появляются новые кратеры ударного происхождения. Камера запечатлела приблизительно 98 процентов Марса в 1999 г. и приблизительно 30 процентов планеты были сфотографированы заново в 2006 г. Новые изображения показали 20 свежих кратеров диаметром от 2 до 148 метров. Эти данные (которые в основном соответствуют предсказаниям) особенно важны для уверенного определения возраста различных геологических образований на поверхности Марса (марсианский ландшафт с немногочисленными кратерами считается моложе).

## На Солнце - новое необычное явление (текст 2007 года)



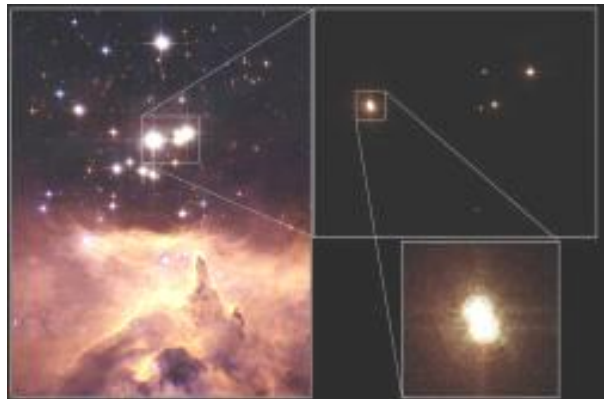
Поверхность активного Солнца. [Изображение: NASA](#)



Взрывная волна - это такое цунами, порожденное мощной солнечной вспышкой, - прошла по лику нашего светила в среду, заставив ученых в очередной раз очень сильно удивиться: ведь Солнце сейчас находится в минимуме своей активности (т.е. [характерного](#) 11-летнего цикла). Впрочем, подобные взрывные волны, распространяющиеся на огромные расстояния, вообще довольно редки. Ход этой волны был отображен телескопом так называемого Визуального солнечного патруля (Optical Solar Patrol Network telescope) американской Национальной солнечной обсерватории (National Solar Observatory - [NSO](#), штат Нью-Мексико). Движение волны сжимает и нагревает солнечную плазму, порождая своим проходом вариации свечения. По оценке К.С.Баласубраманиама ([K. S. Balasubramaniam](#)) из NSO (почему-то даже на официальной странице этого ученого указаны только его инициалы, хотя можно догадаться, что по своему происхождению он, вероятно, индеец), волна распространялась со скоростью около 400 километров в секунду. Выявлено место ее зарождения - у одного из краев видимого с Земли солнечного диска, а до другого края она добралась приблизительно за 30 минут. Собственно за "цунами" несет ответственность вторая из двух гигантских вспышек, порожденных одной и той же группой солнечных пятен (а первая вспышка была отмечена во вторник). Это также не совсем обычно. Тот факт, что одна и та же область Солнца явилась причиной формирования двух мощнейших катаклизмов на протяжении одних суток, "подразумевает, что там скопилось огромное количество энергии", - так по крайней мере считает Баласубраманиам. Интересно, что расширяющаяся взрывная волна при своем прохождении как бы "стерла" две темные дугообразные нити, отмечавшие концентрацию относительно прохладного материала (также привязанного к силовым линиям магнитного поля Солнца). Видимо, проход волны способен временно рассеять этот материал. Наблюдать эти процессы воочию можно ознакомившись с содержимым [вот этого ролика](#) (MPEG). Накопление энергии для вспышек, согласно самой популярной теории, связано со "скручиванием" магнитного поля Солнца, а "извержения", высвобождение энергии (и собственно [выбросы корональных масс](#)) происходят в результате перестройки - то есть [пересоединения](#) магнитных силовых линий. Накопление и многократный выпуск энергии в одном и том же районе Солнца - вообще редкость, а особенно это необычно в период минимума солнечной активности, когда наше светило обычно успокаивается. Впрочем, детали процессов, приводящих к конвертированию накопленной магнитным полем энергии в солнечные вспышки, до сих пор неясны. Неясно также, насколько сложен "спусковой" механизм вспышек, приводящий к возникновению волн. Наблюдая большее количество катаклизмов, ученые со временем надеются выявить все эти взаимосвязи. Ну а наше Солнце по идее вообще теперь находится в самой "мирной" своей стадии солнечного цикла, ведь последний максимум приходился на 2000 год... впрочем, сроки наступления максимумов и минимумов (и размах этих колебаний) меняются от цикла к циклу, и

более-менее стабильным считается лишь среднее значение. Подобная взрывная волна в последний раз была отмечена (с помощью телескопа NSO) в ноябре 2003 года, но в принципе могли быть и другие катаклизмы, произошедшие на невидимой нам стороне Солнца. И в ближайшем будущем с помощью автоматических межпланетных станций ученые намерены следить за Солнцем "с обоих боков".

## "Хаббл" разоблачил дутых рекордсменов (текст 2007 года)



Звездное скопление Pismis 24 в центре эмиссионной туманности NGC 6357. [Фотоматериал: Hubble](#)

Небольшое звездное скопление Pismis 24 располагается в центре крупной эмиссионной туманности с рассеянным скоплением NGC 6357 (приблизительно в 8 тысячах световых лет от Земли в созвездии Стрельца). Некоторые звезды в этом скоплении имеют чрезвычайно большую массу и испускают при этом очень интенсивные потоки ультрафиолетовой радиации. Самый яркий объект скопления обозначается как Pismis 24-1. Наименование в данном случае дается по каталогу женщины-астронома Парис Марии Писмис ([Paris María Pismis](#), 1911-1999) - первого мексиканского астронома, причем армянского происхождения и турецкой национальности - ее предками [были](#) патриархи армянской церкви и слуги Оттоманской империи, а сама она родилась и выросла в Стамбуле и училась в США. Подозревали, что Pismis 24-1 может иметь массу в 200-300 солнечных масс. Подобный вес не только выводил "звездного бегемота" в безусловные лидеры (получалось, что это вообще самая массивная из всех известных звезд в нашей Галактике), но и заставлял говорить о превышении теоретического предела на максимальную звездную массу (120-150 солнечных масс для одиночной звезды). Однако теперь комбинация данных, переданных в апреле 2006 года Advanced Camera for Surveys ([ACS](#), Усовершенствованной камерой для обзоров) космического телескопа "Хаббл" ([Hubble Space Telescope](#)), и наземными телескопами, позволила международной группе специалистов из Испании, США и Германии, возглавляемой испанским ученым Иисусом Маисом Апельянисом (Jesús Maíz Apellániz) из Андалусского астрофизического института ([Instituto de Astrofísica de Andalucía](#)), заключить, что в данном случае они имеют дело все-таки по крайней мере с двумя звездами,

обращающимися одна возле другой (см. изображение на врезке в правой нижней части иллюстрации). Согласно новым оценкам, каждая такая звезда весит не свыше 100 солнц (планируется соответствующая публикация в "Астрофизическом журнале" (Astrophysical Journal - [ApJ](#)), а пока со статьей можно ознакомиться в библиотеке электронных препринтов [arXiv.org](#)). Спектротрические данные, полученные от наземных телескопов, к тому же показывают, что одна из этих монструозных звезд скорее всего также состоит из двух объектов, однако дистанция между ними уже слишком мала, чтобы их мог разрешить даже сверхзоркий "Хаббл". Поэтому общую массу Pismis 24-1 теперь нужно разделить сразу на три звезды. Эти звезды, безусловно, остаются в числе наиболее выдающихся тяжеловесов Млечного пути, однако теперь уже не представляют собой чего-то исключительного и противоречащего современным научным теориям. Конкуренцию им составят наиболее выдающиеся одиночные звезды вроде [LBV 1806-20](#), [звезды Пистолет](#) (Pistol Star, обнаружена в 1997 году) и эти Киля, которые также могут содержать количество материала, достаточное для образования сотни с лишним солнц. Впрочем, эти массы так и не были вычислены точно, поскольку для одиночных звезд это сделать сложнее, чем для двойных. К тому же эти объекты в свою очередь также могут оказаться системами, состоящими из очень близко расположенных звезд. Известные и другие [сверхмассивные системы](#), двойственность которых уже не вызывает сомнений.

### COROTкие встречи (текст 2007 года)



COROT займется поиском внесолнечных планет. [Фото: ESA](#)

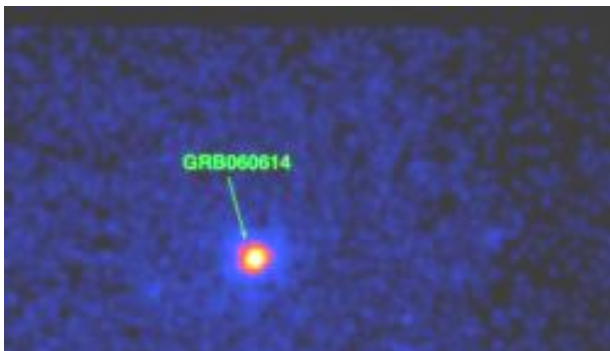
Французский космический телескоп [COROT](#), разработанный специально для поиска планет, лишь немногим превосходящих по размерам нашу Землю, а также планет, обращающихся по орбите достаточно далеко от своей звезды (т.е. не только "горячих юпитеров"), запущен в космос в среду в 17:23 мск с казахстанского космодрома Байконур с помощью российского ракетоносителя "Союз-2". Помимо поиска [экзопланет](#) ученые, занятые в этом проекте, займутся также изучением некоторых проблем звездной сейсмологии. Запуск ранее был намечен на октябрь, но дважды откладывался из-за технических проблем с российской стороны. Ожидается, что эта миссия приведет к многочисленным открытиям планет, о существовании которых мы теперь имеем лишь

самое смутное представление, поскольку до самого последнего времени пределом мечтаний ученых оставалось изучение объектов, по своей массе сравнимых в лучшем случае с Сатурном. Примеры открытий более мелких экзопланет можно перечислить по пальцам, причем все они являются не типичными представителями своего "племени", а какими-нибудь экзотами. Первые такие планеты вне Солнечной системы - три объекта, по массе сопоставимых с Землей, но вращающихся вокруг пульсара, - обнаружил Александр Волчан из Университета штата Пенсильвания в 1994 году. Через год вокруг звезды 51 Пегаса "более нормальную" планету размером с Юпитер обнаружили шведские астрономы Мишель Майер и Дидье Кэлоц. Нужно отметить, что подавляющее большинство из той пары сотен экстрасолнечных планет, что найдены за последние десятилетия, обнаружены с помощью наземных телескопов - по наблюдениям за небольшими "гравитационными рывками", которые отражаются на родительских звездах (в таких случаях, как правило, изучаются вариации радиальных скоростей по доплеровскому смещению). В основном это планеты, которые по массе сравнимы с нашим Юпитером или даже превосходят его. Именно благодаря своей большой массе эти газовые гиганты сравнительно легко обнаруживаются. Однако работа нового телескопа, получившего наименование COncvection, ROtation and planetary Transits (конвекция, вращение и планетарные прохождения, COROT), основана на другом принципе и позволит, наконец, выявлять небольшие "скалистые" миры, на которых может существовать жизнь. Спутник будет использовать свой 27-сантиметровый телескоп, чтобы отслеживать [прохождения](#) ("транзиты") планет между земными наблюдателями и родительскими звездами - то есть события, именуемые затенениями. Его техника позволит проконтролировать несколько участков неба, угловые размеры каждого из них приблизительно равны размерам шести полных лун, причем изучаться каждый такой участок будет в течение 150 дней. По оценкам специалистов, всего этого будет достаточно для того, чтобы выявить крошечные вариации светового потока - порядка 300 миллионов, а этого в свою очередь будет достаточно, чтобы обнаружить планеты, которые всего в два или три раза превосходят по своим размерам нашу Землю. Реальные наблюдения начнутся в конце января 2007 года, после того, как руководители полета удостоверятся в работоспособности всех приборов, установленных на спутнике. Научная миссия, согласно плану, продлится 2,5 года. За это время будет проведен мониторинг примерно 120 тысяч звезд. Управление спутником осуществляет французский Национальный центр космических исследований (CNES) при [участии](#) Европейского космического агентства (European Space Agency - [ESA](#)). [Вывод](#) 630-килограммового спутника на полярную почти круговую [орбиту](#) высотой около 900 километров выполнен с помощью разгонного блока "[Фрегат](#)". Как отметили в "ЦСКБ-Прогресс", где спроектирован и изготовлен перспективный носитель, "особенностью запуска является то, что он стал первым испытательным пуском



модернизированной ракеты "Союз-2" этапа 1б, которая является дальнейшей модернизацией "Союза-2" этапа 1а". Главным отличием нового варианта ракеты является использование в третьей ступени носителя нового двигателя РД-0124 разработки воронежского конструкторского бюро "Химавтоматика". Ранее в ходе летных испытаний "Союза-2" осуществлено три успешных запуска ракеты этапа 1а - два с Плесецка и один с Байконура. Среди других планируемых [NASA](#) и ESA миссий космических телескопов нового поколения, работающих с "транзитами", можно упомянуть "Кеплер" ([Kepler](#)), [TPF](#) (Terrestrial Planet Finder - искатель землеподобных планет - 2015 г.) и SIM (Space Interferometry Mission - космическая интерферометрия). Российской Федеральной космической программой до 2015 года запланирован запуск ультрафиолетового космического телескопа "Спектр-УФ", также нацеленного на открытие планет.

## Обнаружен необычный "гибридный" тип гамма-всплесков (текст 2007 года)



GRB 060614 Фото: NASA

С помощью космической гамма-обсерватории NASA [Swift](#) астрономам удалось выявить парочку специфических гамма-всплесков, которые никак не вписываются в ту классификацию, что за последнее время уже стала общепринятой. Гамма-всплески (gamma-ray bursts - [GRBs](#)) - мощнейшие и весьма кратковременные явления в мире звезд, приводящие к испусканию рекордных количеств высокоэнергичных частиц, они в этом смысле превосходят даже достижения сверхновых. В течение многих десятилетий истинная природа подобных взрывов оставалась для ученых загадкой, и лишь в самые последние годы благодаря достижениям внеземной астрономии здесь что-то наконец стало проясняться. Гамма-всплески теперь принято делить на два принципиально разных класса или две разновидности. Одни могут длиться от нескольких секунд до минуты или даже дольше - это "long" GRBs, их длительность превышает 2-200 секунд. Астрономы полагают, что за "длинными" GRBs стоят взрывы очень массивных звезд (массивнее 25 солнц) - вспышки так называемых гиперновых (hypernova), в результате коллапса ядер которых образуются черные дыры. Другой "сорт" гамма-всплесков длительностью лишь доли секунды именуют короткими GRBs (short GRBs, менее 0,2-2 секунды), и, согласно теории, короткие гамма-

всплески случаются в результате слияний пар нейтронных звезд либо поглощения черной дырой нейтронной звезды (так называемая соединительная модель, впервые предложенная советскими учеными; слияние двух таких компактных объектов происходит чрезвычайно быстро). Космический гамма-телескоп [Swift](#), запущенный 27 ноября 2004 года, с мая 2005 года успешно поставляет информацию, благодаря которой в пределах минуты после начала события уже появляется возможность наблюдений так называемого послесвечения (afterglow) - то есть такие особенности теперь можно наблюдать в случае даже весьма скоротечных всплесков (основная ответственность за сверхбыстрое обнаружение гамма-всплесков лежит на инструменте под названием BAT, затем в дело вступают XRT и UVOT). Можно также оперативно навести на исследуемую область и другие сторонние инструменты - как наземные телескопы, так и орбитальные обсерватории. И вот теперь случилось так, что два GRBs, зафиксированные [Swift](#), "не влезли" ни в одну, ни в другую известную категорию. Оба этих взрыва длились гораздо дольше двух секунд, что по идее позволяет отнести их к "длинным" взрывам (так, GRB 060505, зарегистрированный, соответственно, 5 мая 2006 года, длился в течение 4 секунд, в то время как второй - GRB 060614 - это в 1,6 миллиарда световых лет от нас в созвездии Индейца - занял уже 102 секунды). Однако ни один из этих гамма-всплесков не сопровождался вспышкой гиперновой, как все предыдущие "длинные", случающиеся на подобных расстояниях от Земли (на расстояниях в миллиарды световых лет еще можно различить вспышку сверхновой в оптике). Июньский взрыв отличается и другими странностями. Так, фотоны высоких и низких энергий достигли земных наблюдателей приблизительно в одно и то же время - как это собственно и происходит у типичных коротких гамма-всплесков... Да и звездообразование в родительской галактике (этакой малютке, на два порядка уступающей нашему Млечному пути) в момент взрыва находилось на относительно низком уровне, что опять же характерно для коротких взрывов, которые наиболее часты в среде, заполненной "мертвыми" звездами (т.е. нейтронными и черными дырами; стоит еще упомянуть о том, что ранее не исключался вариант и случайного "наложения" GRB на "постороннюю" фоновую галактику...). "Гибриды", возможно, случались и раньше (их ищут, в частности, в данных Комптоновой гамма-обсерватории (Compton Gamma-ray Observatory) 1990-х гг.), только их не могли тогда правильно интерпретировать. "Все это нас действительно озадачивает, - говорит Нейл Джерелс ([Neil Gehrels](#)) из Центра космических полетов имени Годдарда (Goddard Space Flight Center - [GSFC](#)) NASA (США, штат Мэриленд). - Новое открытие пришло как раз тогда, когда мы решили, что уже способны разбираться в природе коротких и длинных гамма-всплесков

Подборка новостей осуществлена с использованием переводов Козловского Александра и материалов с сайта <http://grani.ru> (с любезного разрешения <http://grani.ru> и автора новостей [Максима Борисова](#))



Андрей Дмитриевич Линде. Фото с <http://elementy.ru/>

*Уважаемые любители астрономии!*

*В этом номере журнала публикуется великолепная лекция профессора Стенфордского университета (США) Андрея Дмитриевича Линде. Она освещает практически, все вопросы современных представлений о рождении и эволюции Вселенной. Эти вопросы часто задаются любителями астрономии на Интернет-форумах, но, как правило, достаточно точного ответа на них не дается. Данная лекция поможет вам получить на них полные ответы. Лекция проводилась при поддержке фонда «Династия».*

Во-первых, я должен сказать, что я немножечко робею. Я в этом зале выступал много раз. Сначала я здесь учился, и когда всё это началось, я был студентом Московского университета, приходил сюда на семинары, в ФИАН. И каждый раз я сидел на этих семинарах, мучительно, мне было жутко интересно, а также невероятно сложно. Всё то, что говорилось, я понимал, ну, примерно на десять процентов. Я думал, что, наверное, я, ну, идиот такой, ничего больше не понимаю, физика из меня не получится... Но уж больно хотелось, продолжал ходить. Эти десять процентов понимания у меня сохранились до сих пор: в основном на семинарах, на которые я хожу, я понимаю примерно десять процентов.

А потом я сделал впервые свой доклад здесь. Я поглядел на лица людей, и у меня было впечатление, что они тоже понимают на десять процентов. И тогда у меня исчез комплекс неполноценности, отчасти по крайней мере. Немного, наверное, всё равно остался... Я зачем это говорю? Тематика довольно сложная. И если десять процентов будет понятно, то, значит, вы на правильном пути.

То, о чём я сейчас буду говорить, связано с теорией инфляционной Вселенной. Инфляционная Вселенная, по-русски это называлось «раздувающаяся Вселенная», но стандартное название «инфляционная». В последнее время возник такой термин «Multi-verse». Это термин, заменяющий слово «Universe». Значит, вместо одной Вселенной — много вселенных сразу в одной. Ну вот по-русски, пожалуй, наиболее адекватный перевод — это «многоликая Вселенная». И про это я сейчас буду говорить.

### **Краткая Биография Вселенной**

**Возраст: 13,7 миллиардов лет**

**Размер наблюдаемой части Вселенной:**

**13,7 миллиардов световых лет**

**Средняя плотность вещества:  $10^{28}$  г/см<sup>3</sup>**

**Вес: более  $10^{50}$  тонн**

**Вес в момент рождения:**

**Согласно теории Большого Взрыва – бесконечный**

**Согласно инфляционной теории – меньше миллиграмма**



Но сначала общее введение о космологии вообще. Откуда взялась инфляционная космология (зачем она понадобилась)? Что было до нее (теория Большого взрыва). Сначала такие биографические данные. Возраст Вселенной, согласно последним наблюдаемым данным... Вот когда я говорю про возраст, каждый раз я говорю и где-то в душе ставлю маленькую запятую, что я должен к этому вернуться и потом сказать, что на самом деле Вселенная может быть бесконечно старая. Ну вот то, что люди называют возрастом Вселенной, это примерно 13,7 миллиарда лет с точностью до... пожалуй, лучше, чем 10%. Сейчас люди знают это достаточно хорошо. Размер наблюдаемой части Вселенной... Что значит «наблюдаемой»? Ну вот, свет путешествовал к нам 13,7 миллиарда лет, значит надо умножить это на скорость света и получится расстояние, на котором мы сейчас видим вещи. Говорю я это, а в душе сразу опять ставится запятая: на самом деле это не так. Потому что мы видим в несколько раз дальше, чем это, потому что те объекты, которые послали к нам свет 13,7 миллиарда лет назад, они сейчас от нас находятся дальше. И мы от них видим свет-то, а они дальше, поэтому в действительности мы видим больше, чем скорость света умножить на время существования Вселенной.



Дальше. Средняя плотность вещества — примерно  $10^{-43}$  г/см<sup>3</sup>. Очень мало. Но мы живем в том месте, где оно сконцентрировалось... Вес наблюдаемой части Вселенной — больше  $10^{50}$  тонн. Вес в момент рождения... а вот это вот самое интересное. Когда Вселенная родилась, если отсчитывать прямо от момента Большого взрыва, совсем вот во время  $t = 0$ , то ее вес должен был быть бесконечным. Если отсчитывать от какого-то другого момента... он называется планковский. Планковский момент — это момент  $10$  в степени минус... Ну вот, иногда все-таки буду писать на доске... Значит,  $t$  планковское — это примерно  $10$  в минус сорок третьей секунд ( $t_p \sim 10^{-43}$  с). Это момент, начиная с которого впервые мы можем Вселенную рассматривать в терминах нормального пространства-времени, потому что если мы возьмем объекты на временах меньше, чем это, или на расстояниях меньше, чем планковское расстояние (это  $10^{-33}$  см), — если мы возьмем меньшее расстояние, то на меньших расстояниях пространство-время так сильно флуктуирует, что померить их будет нельзя: линейки гнутся, часы вращаются, как-то нехорошо... Поэтому нормальное рассмотрение начинается с этого момента. И в этот момент Вселенная имела вес необычайно большой. Я вам скажу, какой — немножечко погодя. А то, что сделала инфляционная Вселенная: мы научились объяснять, как можно всю Вселенную получить из меньше чем одного миллиграмма вещества. Всё, что мы сейчас видим...

И давайте дальше, предварительные данные. Простейшие модели Вселенной, то, что вошло в учебники, — это три возможных модели Фридмана. Первая — это замкнутая Вселенная, [вторая] — открытая Вселенная, и [третья] — плоская Вселенная. Эти картинки — тоже примерные только картинки. Смысл состоит в следующем.

Вот простейший вариант — плоская Вселенная. Геометрия плоской Вселенной такая же, как геометрия плоского стола: то есть параллельные линии остаются параллельными и нигде не пересекаются. В чём отличие, чем отличается от плоского стола? Тем, что если у меня есть две параллельные линии... например, пошло два луча света, параллельные друг другу... Вселенная расширяется,

поэтому, хотя они параллельные, два луча света, они удаляются друг от друга за счет того, что вся Вселенная расширяется. Поэтому сказать так — что геометрия плоского стола, — это не до конца правильно. Вселенная является кривой в четырехмерном смысле. В трехмерном смысле она является плоской.

Замкнутая Вселенная похожа геометрическими свойствами на свойства поверхности сферы. То есть если у меня есть две параллельные линии на экваторе, то они пересекаются на северном и южном полюсе. Параллельные линии могут пересекаться. А мы как бы живем на поверхности сферы, как такая блоха, которая ползет по глобусу. Но тоже аналогия поверхностная — в двух смыслах. Наша Вселенная, она как бы трехмерная сфера в четырехмерном пространстве. Приходится картинки рисовать, а в действительности только аналогии... И, кроме того, она расширяется. Если мы захотим пройти от экватора до северного полюса, то нам времени не хватит — такая Вселенная может сколлапсировать, или мы не дойдем, потому что она слишком быстро расширяется.

Открытая Вселенная похожа по своим свойствам на свойства гипербооида, то есть если у горловины гипербооида я пушу две параллельные прямые, то они начнут расходиться и никогда не встретятся.

Вот три основных модели. Их предложил Фридман довольно давно, в 20-е годы прошлого столетия, и Эйнштейн их очень не любил. Не любил, потому что это всё как бы противоречило той идеологии, на которой были воспитаны люди того времени. Идеология состояла в том, что Вселенная — это ведь система координат, ну и координаты-то, они не расширяются, это просто сетка. Люди всегда считали в Европе — сначала считали, — что Вселенная конечна и статична. Конечна, потому что Бог бесконечен, а Вселенная меньше Бога, поэтому она должна быть конечна, а статична... ну, потому что, что же ей делать-то — система координат... Потом они отказались от первого предположения, сказав, что Бог не потеряет много, если он один из своих атрибутов отдаст Вселенной и делает ее бесконечной, но всё равно считалось, что она статична.

### Открытие последнего десятилетия Вскоре после рождения Вселенной она расширялась с большим ускорением (инфляция Вселенной)

### 5 миллиардов лет назад расширение Вселенной опять начало ускоряться, но очень медленно (за счет Темной Энергии)

Расширение Вселенной — это было странное такое свойство, против которого долго боролись, до тех пор, пока не увидели, что она на самом деле расширяется. Значит, то, что произошло за последние несколько лет, экспериментально — не в теоретической физике, а в экспериментальной космологии. Выяснилось две вещи. Мы начнем со второго. В 1998 году люди увидели, что Вселенная сейчас расширяется с ускорением. Что означает с ускорением? Ну, вот она расширяется с какой-то скоростью. В действительности, это немножко неправильно...

Значит, вот  $a$  — это масштаб Вселенной, а с точкой ( $\dot{a}$ ) — это скорость расширения Вселенной, а с точкой разделить на  $a$  ( $\dot{a}/a$ ) — это... Вот  $a$ , например, расстояние от одной галактики до другой, назовем его буквой  $a$ . А это ( $\dot{a}/a$ ) — скорость, с которой галактики убегают друг от друга. Вот эта вещь ( $\dot{a}/a = H$ ) есть хаббловская постоянная, она на самом деле зависит от времени. Если эта вещь убывает со временем, это не означает, что Вселенная перестает расширяться. Расширение означает, что  $a$  с точкой больше нуля ( $\dot{a} > 0$ ). А вот то, что люди обнаружили сейчас, — что сейчас этот режим асимптотически приближается к константе ( $\dot{a}/a = H \rightarrow \text{const}$ ), то есть не только  $a$  с точкой положительно, но вот это их отношение, оно устремляется к константе. И если это дифференциальное уравнение разрешить, окажется, что масштабный фактор Вселенной ведет себя асимптотически приблизительно так:  $a \sim e^{Ht}$  — Вселенная будет экспоненциально расширяться, и этого не очень-то ожидали раньше. То есть это есть ускоренное расширение Вселенной, а раньше, по стандартной теории,

выходило, что Вселенная должна расширяться с замедлением.

Вот это открытие последних девяти лет. Сначала люди думали, что, ну, где-нибудь экспериментальная ошибка, еще что-то, потом стали называть их разными словами — космологическая постоянная, энергия вакуума, темная энергия... Значит, вот это то, что произошло недавно. Теория о которой я сейчас буду говорить, — это инфляционная космология. Она предполагает (и сейчас всё больше кажется, что, наверное, это было правильное предположение, мы еще всё равно в точности не знаем — есть конкурирующие теории, хотя они мне там и не нравятся, но, значит, это точки зрения) — но кажется, что это вот правильная вещь, — что в ранней Вселенной, по-видимому, Вселенная тоже расширялась ускоренно. Причем с гораздо большим ускорением, чем то, с каким она расширяется сейчас, — на много десятков порядков большим ускорением. Вот эти два открытия... по-видимому, их надо попытаться интерпретировать как-то.



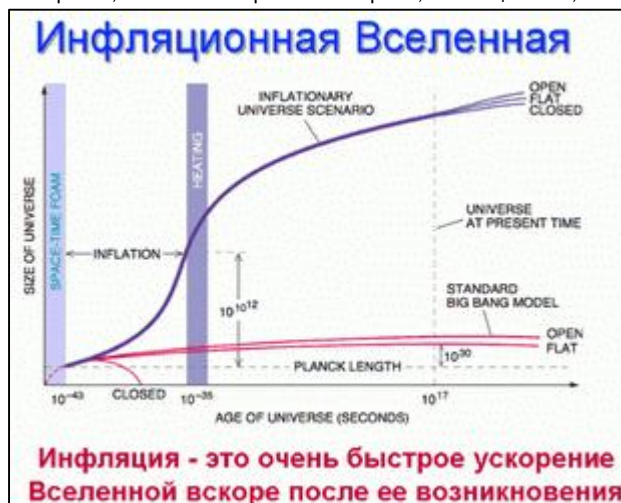
Значит, картинки, которые при этом часто рисуют... Вот (пока что не смотрите на эту красную картинку) стандартная, из учебника. Если Вселенная замкнутая — то есть геометрия похожа на геометрию сферы, поверхности сферы, — то она возникает из сингулярности и исчезает в сингулярность, у нее конечное время существования. Если она плоская, то она возникает из сингулярности и расширяется до бесконечности. Если она открытая, то она тоже продолжает двигаться с постоянной скоростью. То, что выяснилось, то, что я сейчас сказал насчет этой темной энергии, космологической постоянной, ускорения Вселенной, — выяснилось, что она ведет себя так. И выяснилось, что она ведет себя так, какая бы она ни была — открытая, закрытая, плоская... Вообще в таких случаях вот такая вот вещь. Сейчас, если мы открываем учебники по астрономии, в основном они всё еще публикуют вот эти вот три картинку, и это то, на чём мы были воспитаны в течение последних лет. Поэтому существование вот этой



последней — это было замечательное открытие, и оно связано с тем, что люди поверили, что в вакууме существует ненулевая плотность энергии, в пустоте. Она

очень маленькая: она такого же порядка, как плотность энергии вещества во Вселенной, —  $10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>. И вот когда я иногда представляю этих людей, я говорю: «Посмотрите, вот это люди, которые померили энергию... ничего». Вот так, вот эта вот красная черта.

Общая картина распределения энергии... Когда я говорю «энергия», или говорю «материя», «вещество», я



подразумеваю одно и то же, потому что, как мы знаем, E равняется mc квадрат (E = mc<sup>2</sup>), то есть эти две вещи пропорциональны друг другу... Есть темная энергия... Полный бюджет энергии и материи во Вселенной представлен таким вот пирогом: 74% примерно составляет темная энергия. Что это такое, никто не знает. Либо это энергия вакуума, либо это энергия медленно меняющегося однородно распределенного специального скалярного поля — об этом дальше. Ну, вот это отдельная часть, она не комкуется. Что я под этим подразумеваю?

Она не сбивается в галактики. Темная материя (примерно 22% всего бюджета) — что-то такое, что комкуется, но чего мы не видим. Что-то, что может сбиваться в Галактики, но чего мы не видим, не светится. И примерно 4–5% — это «нормальная» материя. Вот бюджет всей нашей материи. И есть там мировые загадки. Почему они одного и того же порядка, эти величины, и почему так много все-таки такой энергии сидит в пустоте? Как же это вообще так оказалось, что мы, такие гордые, думали, что всё такого типа, как мы, а нам-то и дали всего четыре процента... Так вот...

Теперь — инфляционная Вселенная. Пока что идет просто справка, чтобы было понятно, о чём я говорю, а уже потом начнется дело. Инфляция — это вот что. Вот то, что было на предыдущих картинках, что Вселенная началась и начала расширяться, и, помните, дуга была выгнута вот в такую сторону... Вот если я вернусь назад, покажу вам вот это всё... вот видите, все дуги — они были выгнуты вот так. Инфляция — это кусок траектории, который существовал как бы до Большого взрыва в некотором смысле, до того, как дуга начала прогибаться так. Это время, когда Вселенная расширялась экспоненциально и Вселенная расширялась с ускорением. Она изначально могла иметь очень маленький размер, а потом была стадия очень быстрого расширения, потом она становилась горячей, и потом происходило всё то, что в учебниках было написано: что Вселенная была горячей, взорвалась, как горячий шар, — вот это всё было после стадии инфляции, а во время инфляции частиц могло не быть вообще. Вот такая справка. Значит, зачем всё это понадобилось? А затем, что люди смотрели 25 лет назад — немножко больше уже — на теорию Большого взрыва и задавали разные вопросы. Я перечислю вопросы.

**Что было, когда ничего не было?** Ясно, что вопрос бессмысленный, чего же его задавать... В учебнике Ландау и Лифшица написано, что решения уравнений Эйнштейна нельзя продолжать в области отрицательного времени, поэтому бессмысленно спрашивать, что было до этого. Бессмысленно, но все люди всё равно спрашивали.

**Почему Вселенная однородна и изотропна?** Вопрос: почему, действительно? Что значит однородна? Ну вот, если мы рядом с нами посмотрим, наша Галактика — она не



однородна. Рядом с нами Солнечная система — большие неоднородности. Но если мы посмотрим в масштабах всей наблюдаемой нами сейчас части Вселенной, вот эти 13 миллиардов световых лет, то в среднем справа и слева от нас Вселенная имеет ту же самую плотность, с точностью примерно до одной десятичной и даже лучше, чем это. Значит, кто-то ее отполировал, почему она такая однородная? И в начале прошлого века на это отвечали следующим образом. Есть такая вещь, которая называется «космологический принцип»: что Вселенная должна быть однородна.

Я любил шутить, что люди, у которых нет хороших идей, у них иногда есть принципы. Потом я перестал это делать, потому что оказалось, что этот принцип был введен, в частности, Альбертом Эйнштейном. Просто в то время люди не знали, и до сих пор во многих книжках по астрономии люди обсуждают космологический принцип — что Вселенная должна быть однородна, потому что... ну, вот она однородна!

С другой стороны, мы знаем, что принципы — они уж должны быть тогда полностью правильные. Там, не знаю, человек, который берет маленькие взятки, его нельзя назвать человеком принципов. Наша Вселенная была немножко неоднородной — в ней есть галактики, они необходимы для нас, значит откуда-то мы должны понять, откуда, галактики берутся.

**Почему все части Вселенной стали расширяться одновременно?** Та часть — Вселенная, и та часть — Вселенная, они друг с другом не говорили, когда Вселенная только что начала расширяться. Несмотря на то, что размер Вселенной был маленький, для того чтобы одна часть Вселенной узнала о том, что другая начала расширяться, надо, чтобы человек, который живет здесь, — ну, воображаемый человек — узнал бы о том, что эта часть начала расширяться. А для этого он должен бы был получить сигнал от того человека. А для этого потребовалось бы время, так что люди никак не могли договориться, особенно в бесконечной Вселенной, что, ура, надо начать расширяться, уже позволили... Значит, это почему все части Вселенной начали расширяться одновременно...

**Почему Вселенная плоская?** То, что сейчас экспериментально известно, — что Вселенная почти плоская, то есть параллельные линии, они не пересекаются в наблюдаемой части Вселенной. Значит, почему Вселенная такая плоская? Нас в школе учат, что параллельные линии не пересекаются, а в университете говорится, что Вселенная может быть замкнутой, и они могут пересекаться. Так почему Эвклид был прав? Не знаю...

**Почему во Вселенной такое огромное количество элементарных частиц?** В наблюдаемой нами части Вселенной больше чем  $10^{87}$  элементарных частиц. Стандартный ответ на это состоял в том, что, ну, Вселенная — она же большая, вот поэтому... А почему она такая большая? И я иногда аккумулирую это в таком виде: почему так много людей пришло на лекцию? — а потому, что так много людей в Москве... — а почему так много людей в Москве? — а Москва только часть России, а в России много людей, часть пришла на лекцию... — а почему так много людей в России, вот в Китае еще больше? А вообще говоря, мы только на одной планете живем, а у нас много планет в Солнечной системе, а сейчас еще больше планет отыскивают еще во Вселенной, а вы знаете, что в нашей Галактике  $10^{11}$  звезд, и поэтому где-то планеты, где-то есть люди, часть из них пришла на лекцию... Почему в нашей Галактике так много звезд? А вы знаете, сколько галактик в нашей части Вселенной? Примерно  $10^{11}$ – $10^{12}$  галактик, и в каждой из них  $10^{11}$  звезд, вокруг них вращаются планеты, и часть людей пришла на лекцию. А почему у нас так много галактик? Ну, потому что Вселенная же большая... Значит... и вот здесь мы и кончаем.

А если взять, например, Вселенную — типичную замкнутую Вселенную, у которой был бы единственный типичный размер, который имеется в общей теории относительности вместе с квантовой механикой, —  $10^{33}$  см, начальный размер. Значит, сжать вещество до самой предельной плотности, которая только возможна (это так называемая планковская плотность, &g; планковское), — это примерно

$1094$  г/см<sup>3</sup>... Почему предельная? Она не в том смысле предельная, что дальше нельзя, а в том смысле, что если сжать материю до такой плотности, то Вселенная начинает так флуктуировать, что ее нормальным способом описать невозможно. Значит, вот если взять и сжать материю до самой большой плотности, засунуть в нее естественного размера замкнутую Вселенную и посчитать количество элементарных частиц там, то окажется, что в ней есть одна элементарная частица. Может быть, десять элементарных частиц. А нам надо  $10^{87}$ . Поэтому это реальная проблема — откуда, почему так много элементарных частиц?

Дело этим не кончается. Откуда взялась вся энергия во Вселенной? Вот раньше я даже это так для себя не сформулировал, до тех пор, пока меня не пригласили в Швецию на какой-то нобелевский симпозиум, посвященный энергии... то есть туда собрались люди, которые занимаются нефтедобычей, еще чего-то. И мне дали там открывать эту конференцию, и первый доклад... Я никак не мог понять, чего они от меня хотят? Я нефтедобычей не занимаюсь, солнечной энергией и энергией ветра не занимаюсь, что я про энергию вообще скажу? Ну, и начал я тогда доклад с того, что сказал: вы знаете, откуда энергия-то взялась во Вселенной? Знаете, сколько у нас энергии? Давайте посчитаем.

Энергия вещества во Вселенной не сохраняется. Первый парадокс. Вот мы знаем, что энергия сохраняется, — а вот это не правильно. Потому что, если мы возьмем, например, загоним газ в ящик и дадим ящику расширяться... Вот ящик — это наша Вселенная, дадим ящику расширяться. Газ — он давление оказывает на стенки ящика. И когда ящик расширяется, этот газ совершает работу над стенками ящика, и поэтому когда ящик расширяется, газ энергию свою теряет. Потому что он работу совершает, всё правильно, баланс энергии есть. Но только факт-то состоит в том, что во время расширения Вселенной полная энергия газа уменьшается. Потому что есть стандартное уравнение: изменение энергии равняется минус давление умножить на изменение объема ( $dE = -PdV$ ). Объем-то Вселенной растет, давление-то положительно, поэтому энергия уменьшается.

Вот во всех моделях Вселенной, нормальных, тех, которые были ассоциированы с теорией Большого взрыва, полная энергия Вселенной уменьшалась. Если сейчас  $10^{50}$  т, то сколько же было в начале? Потому что энергия-то только тратилась. Значит, тогда в начале должно было быть больше. Кто-то должен был сделать эту Вселенную с гораздо большей энергией, чем сейчас. С другой стороны, что-то же должно сохраняться. А куда тратится эта энергия во время расширения Вселенной? Она тратится на то, что размер Вселенной меняется, что Вселенная расширяется с некоторой скоростью. Есть некоторая энергия, которая прячется в геометрии Вселенной. Есть энергия, которая связана с гравитацией. И вот полная сумма энергии вещества и гравитационной энергии, она сохраняется. Но только если посчитать полную сумму. Есть разные способы счета — и опять там запятая некая ставится, — но при некотором способе счета полная сумма энергии вещества и гравитации, она просто равна нулю. То есть энергия материи компенсируется энергией гравитационного взаимодействия, поэтому есть ноль. И поэтому, да, она началась с нуля, она нулем и кончится, всё сохраняется, но только этот закон сохранения, он не очень полезен для нас. Он не объясняет нам, откуда же такая огромная энергия взялась. Значит, сколько?

Вот согласно теории Большого взрыва, полная масса вещества в начале, когда Вселенная родилась, должна была превосходить  $10^{80}$  т. Это уже много. Это совсем много... А если бы я это всё отчислял даже прямо от сингулярности, то просто во Вселенной должно было быть бесконечное количество вещества. И тогда возникает вопрос: откуда же кто-то нам дал это бесконечное количество вещества, если до момента возникновения Вселенной, ну, ничего не было? Сначала ничего не было, а потом вдруг стало, и так много, что даже как-то немножко странно. То есть кто бы это мог сделать?.. А физики так вопрос формулировать не хотели, ну и сейчас не хотят.

Поэтому, может быть, хорошо, что нашлась теория, которая позволяет, по крайней мере в принципе, объяснить, как можно было сделать всё это, исходя из кусочка Вселенной с изначальным количеством материи меньше одного миллиграмма. Ну вот, когда я про это говорю, я думаю, что бы нормальный человек подумал, если бы такую вещь

сказать давно, или если бы не писать уравнений при этом, и так далее...



Я помню, когда меня здесь проводили на старшего научного сотрудника, вызвали меня и начали меня спрашивать: «А чем вы занимаетесь?» А я им начал говорить, что вот, занимаюсь я, в частности, тем, что в разных частях Вселенной может оказаться так, что законы физики могут быть разные: в части есть, там, электромагнитное взаимодействие, в части — нет... Они мне сказали: «Ну, это уж слишком!» Но старшего научного все-таки дали. Вот это и есть та самая теория многокопией Вселенной, о которой я вам буду говорить.

Вот мы переходим к делу, к теории инфляционной космологии. Сначала первая простейшая модель. Простейшая модель выглядит следующим образом. Вот у вас есть некое скалярное поле, у которого энергия пропорциональна квадрату скалярного поля. Первые простейшие слова — и уже здесь возникает вопрос: что такое скалярное поле? Часть людей знает, часть людей не знает. Часть людей знает, что в Швейцарии сейчас строится огромный ускоритель, для того чтобы найти хиггсовскую частицу. Хиггсовская частица — это частица, которая является как бы квантом возбуждения специального типа скалярного поля. То есть люди используют эти поля уже давно, больше тридцати лет. Но смысл интуитивный легче всего понять с помощью аналогии. Вот здесь вот есть 220 вольт в сети. Если бы было просто 220 вольт и не было нуля, всю Вселенную заполнило бы 220 вольт, то никакого тока бы не было, ничего бы никуда не текло, потому что это

Хорошо. Значит, так вот, постоянное скалярное поле — это аналог такого же поля. Это не точная аналогия, но примерная аналогия. Что такое векторное поле? Векторное поле — например, электромагнитное. У него имеется величина и направление. Что такое скалярное поле? У него имеется величина, а направления нет. Вот и вся разница, то есть оно гораздо проще, чем электромагнитное поле. У него нет направления, оно является лоренцовским скаляром. Лоренцовский скаляр — это означает следующее. Если вы побежите относительно него, вы не почувствуете, что вы бежите: ничего не изменилось. Если вы повернетесь, ничего не изменится тоже, вы не почувствуете, что вы поворачиваетесь. Выглядит как вакуум, если оно не движется, если оно постоянно. Но только это специальный вакуум, потому что у него может быть потенциальная энергия. Это первое свойство его. И во-вторых, если у вас в разных частях Вселенной разный вакуум, то там также разный вес элементарных частиц, разные свойства, поэтому от того, есть или нет это скалярное поле, а) зависят свойства элементарных частиц и б) зависит плотность энергии вакуума во Вселенной, так что это, в принципе, важная вещь. И вот простейшая теория, у которой энергия этого скалярного поля пропорциональна его квадрату.

Давайте посмотрим на уравнения. Я сейчас никакие уравнения решать не буду, а показывать их буду, так что не надо бояться... Первое — это немного упрощенное уравнение Эйнштейна, которое говорит: вот это скорость расширения Вселенной поделить на размер, это есть Хаббловская постоянная в квадрате, и она пропорциональна плотности энергии вещества во Вселенной. А я сейчас захочу пренебречь всем — там, газом, чем угодно... оставить только скалярное поле. И здесь надо было бы написать гравитационную постоянную, там еще восемь пи на три...

Сейчас забудем про гравитационную постоянную. Люди, которые занимаются этой наукой, они говорят: ну, возьмем гравитационную постоянную равную единице, скорость света, равную единице, постоянную Планка, равную единице, а потом, когда всё решим, мы это обратно вставим в решение, чтобы проще было...

Значит, вот это чуть-чуть упрощенное уравнение Эйнштейна, я оттуда еще выбросил пару членов, которые сами оттуда выбрасываются, после того как Вселенную начнет быстро сдувать. Это уравнение движения для скалярного поля. Не глядите сейчас на этот член. Это есть ускорение скалярного поля, а это показывает ту силу, с которой поле хочет устремиться в свой минимум энергии. И, для того чтобы было понятно, сравните это с уравнением для гармонического осциллятора. Опять, не смотрите на этот член. Это есть ускорение гармонического осциллятора, пропорциональное возвращающей силе. То есть сила, которая тащит поле осциллятора в точку  $x = 0$ , а это его

ускорение. И мы знаем, чем дело кончается. Осциллятор так вот осциллирует. А если мы добавим такой член,  $x$  с точкой. Это скорость движения осциллятора. То есть это, если его перенести вот в эту сторону, будет понятно, что это как бы сила, которая не пускает осциллятор двигаться быстро. Это примерно как если вы засунете маятник в воду, то вода будет препятствовать осцилляции, и он будет осциллировать всё медленнее и медленнее. Как бы сила трения или вязкости.

Вот оказывается, что во Вселенной тоже имеется аналогичный член, который описывает уравнение для скалярного поля. Уравнение-то выглядит точно так же. И этот член похож на этот. Вот оказывается, что во Вселенной эффект трения

возникает, если Вселенная быстро расширяется. Вот такой трюк. Теперь давайте вернемся к предыдущей картинке.

Вот когда скалярное поле здесь, то энергии у скалярного поля мало, Вселенная расширяется медленно, трения никакого нету. Если скалярное поле находится здесь, то энергия очень большая. Если энергия очень большая, посмотрим, что получается, на следующей картинке.

## Уравнения движения

Уравнение Эйнштейна:

$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{m^2}{6} \phi^2$$

Уравнение Клейна-Гордона:

$$\ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} = -m^2\phi$$

Сравните с уравнением для осциллятора с трением:

$$\ddot{x} + \alpha\dot{x} = -kx$$

было бы просто другое вакуумное состояние. В Америке 110 вольт. То же самое — если было бы просто 110 вольт, ничего бы не текло... Если вы возьметесь одной рукой за одну сторону, другой рукой за другую, то вас бы тут же убило, потому что разница потенциалов — это то, что... Я должен перестать...



## Основная идея:

Большое  $\phi$   $\rightarrow$  большое  $H$   $\rightarrow$  большое трение

поле  $\phi$  и его потенциальная энергия изменяются очень медленно

$$H = \frac{\dot{a}}{a} = \frac{m\dot{\phi}}{\sqrt{6}} \approx \text{const}$$

$$a \sim e^{Ht}$$

Это и есть стадия инфляции

Энергия очень большая, Хаббловская постоянная большая, коэффициент трения большой. Если коэффициент трения большой, скалярное поле катится вниз очень медленно. Если скалярное поле катится вниз очень медленно, то в течение большого времени оно остается почти постоянным. Если оно остается почти постоянным, я решаю вот это уравнение:  $a$  с точкой на  $a$  ( $\dot{a}/a$ ) равняется почти постоянной. А я вам уже сказал, какое будет решение. Если  $a$  с точкой на  $a$  ( $\dot{a}/a$ ) является почти постоянной, то это экспоненциальное решение, самое простейшее дифференциальное уравнение. И в таком случае Вселенная начинает расширяться экспоненциально.

Логика такая: если большое значение скалярного поля  $\phi$ , большая скорость расширения Вселенной, большой коэффициент трения, поле  $\phi$  катится вниз очень медленно. Решая дифференциальное уравнение с константой, получаем экспоненциальное расширение, это есть инфляция. Всё очень просто.

До этого надо было, в общем, помучиться, чтобы додуматься, чтобы всё свести к простому. В действительности началось всё с гораздо более сложного. Впервые идеи такого типа стал высказывать Алеша Старобинский в 1979 году здесь, в России. Его вариант этой теории основывался на квантовой гравитации с определенными поправками — конформные аномалии, теория была очень сложной, непонятно было, как, с чего начать, но теория, тем не менее, внутри Советского Союза была тогда очень популярной, она называлась «моделью Старобинского». Но немножко сложноватой, не было понятно, какая ее цель. Он хотел решить проблему сингулярности, это не удавалось...

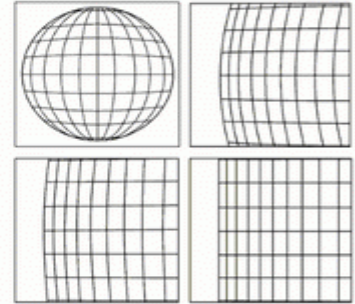
После этого возникло то, что сейчас называется старая инфляционная теория, ее предложил в 1981 году Алан Гус (Alan Guth) из MIT — сейчас он в MIT, а раньше он было в SLAC, рядом со Стэнфордом. Он предложил, что Вселенная с самого начала сидит зажатая по своей энергии в состоянии ложного вакуума, никуда не движется, энергия там постоянная, в это время она расширяется экспоненциально, а потом этот ложный вакуум с треском разваливается, образуются пузырьки, они соударяются... Зачем это было нужно? А его желание состояло в том, чтобы решить тот лист проблем, который я вам написал раньше: почему Вселенная однородная, почему она изотропная, почему такая большая, — его цель была такая. И в этом было достоинство его работы. Не потому, что он предложил модель — его теория не работала, а потому, что он сказал, что вот замечательно было бы сделать что-то такое, и тогда мы решим сразу все эти проблемы. А его модель не работала потому, что после столкновения пузырьков Вселенная становилась такой неоднородной и изотропной, что, как бы, не надо было и стараться...

После этого все мы находились в состоянии душевного кризиса, потому что идея была такая приятная, такая симпатичная, и у меня была язва желудка, может быть от огорчения, что нельзя, никак не получается. А потом я придумал, как сделать то, что я назвал новой инфляционной теорией, а потом я придумал вот эту простую штуку с хаотической инфляцией, которая была проще всего. И тогда стало ясно, что мы говорим не о трюке

каком-то, а всё может быть так просто, как теория гармонического осциллятора.

## Инфляция делает Вселенную плоской, однородной и изотропной

В простейших вариантах инфляционной теории, Вселенная раздувается в  $10^{30}$  раз во время инфляции.



Мы можем видеть только малую часть Вселенной, размером  $10^{15}$  световых лет. Поэтому она и кажется плоской, однородной и изотропной.

Но зачем это всё надо, я не сказал. А вот зачем. Во время инфляции, во время вот этой стадии, пока я катился вниз, Вселенная могла расширяться вот в такое количество раз. Это в простейших моделях. Что означает вот эта цифра? Ну вот я сейчас скажу, что это означает. Пример из арифметики. Самый маленький масштаб —  $10^{-33}$  см. Умножу его на десять, а дальше здесь рисуется вот такое вот количество нулей — не важно, какое количество нулей. Теперь возникает вопрос: чему равняется произведение? И ответ состоит в том, что вот, оно равняется вот этому же — значит, что  $10^{-33}$  можно уже не писать, это маленькая вещь. Значит, Вселенная оказывается вот такого огромного размера. А сколько мы сейчас видим? Вот эти 13 миллиардов лет, умноженные на скорость света, — это примерно  $10^{28}$  см. А вот это даже не важно, чего — сантиметров или миллиметров, не важно даже чего. Важно то, что вот это, ну, несопоставимо меньше этого.

То есть наша наблюдаемая часть Вселенной — мы вот где-то вот здесь. (Можно сейчас уже погасить, да?) Вселенная начала расширяться, раздувалась, раздувалась, раздувалась, и мы живем как бы на поверхности этого огромного глобуса. И поэтому параллельные линии кажутся параллельными, поэтому никто и не видел этого северного и южного полюса. Поэтому наша часть Вселенной, где-то здесь, она вот началась где-то вот отсюда, из почти что точки, и поэтому-то здесь все начальные свойства, ну, они-то рядышком, они были примерно одинаковыми. Поэтому и здесь они одинаковые.

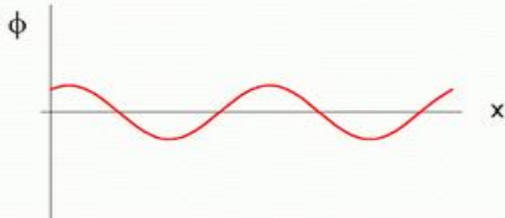
А почему Вселенная такая однородная? Ну а представьте, что вы взяли Гималаи и растащили их вот в такое количество раз. Значит, у вас никто туда с рюкзаком не пойдет, потому что от долины до горы надо будет вот столько идти. Будет плоское место. Поэтому наша Вселенная такая плоская, такая однородная, во всех направлениях одинаковая.

Почему она изотропная? Что называется изотропной? Ну, она похожа как бы на сферу, во всех направлениях одинаковая, но она могла бы быть как огурец. Но если я огурец раздую вот в такое количество раз — а мы живем на его шкурке, — то во всех направлениях он будет одинаковым, поэтому Вселенная во всех направлениях станет одинаковой. То есть таким образом мы решаем большинство тех проблем, которые у нас возникали. Почему Вселенная такая большая? А вот почему! А сколько там элементарных частиц? А вот столько! Поэтому нам и хватает...

То есть мы еще не знаем, откуда всё это взялось, мы не можем так просто решить проблему сингулярности начальной — мы про это еще немножечко дальше скажем, — но вот это то, зачем была нужна эта теория.

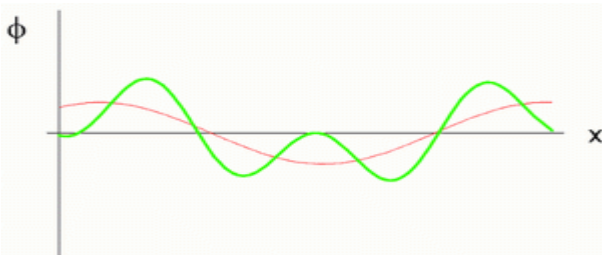
С другой стороны, могло бы оказаться, что мы переработали немножко. Потому что если Гималаи полностью выплотить, то вся Вселенная будет настолько плоская и однородная, что действительно будет плохо жить там, мы тогда галактики ниоткуда не возьмем.

## Инфляция и квантовые флуктуации



Квантовые флуктуации существуют всюду. Они подобны волнам, которые быстро возникают и исчезают. Инфляция растянула их, вместе с тем как она растянула Вселенную. Когда их длина волны стала достаточно большой, они "замерзли", перестали двигаться и исчезать.

Но оказалось, что можно галактики продуцировать за счет квантовых флуктуаций. И это то, что здесь же, в ФИАНе, говорили Чибисов и Муханов. Они изучали модель Старобинского и увидели, что там, если посмотреть на квантовые флуктуации пространства, а потом посмотреть, что происходит во время расширения Вселенной, то они вполне могут породить галактики. И мы на них смотрели и думали: что вы, ребята, тут говорите? Вы говорите о квантовых флуктуациях, а мы говорим о галактиках! Они же реальные... А потом вот что выяснилось. Это уже когда мы перевели всё это на язык скалярного поля и так далее... Молодцы, в общем, люди! Надо же было додуматься до этого!



Затем новые флуктуации растянулись и замерзли поверх старых.

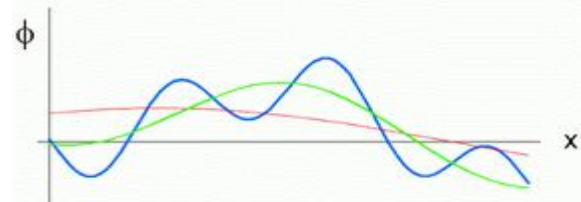
Вселенная работает как лазер, только вместо лазерного поля она продуцирует галактики. Вот что происходит. Возьмем скалярное поле, сначала высокочастотное, квантовые флуктуации. Квантовые флуктуации существуют всегда. Здесь, в этой аудитории, на маленьких расстояниях есть квантовые флуктуации. Хорошо, что вы мне дали два часа, я бы не закончил... За два часа, наверное, закончу... Так вот, квантовые флуктуации существуют сейчас, прямо здесь, но они всё время осциллируют, их, если посмотреть в микроскоп и быстро так снимать, то тогда мы увидим, что там что-то возникает, что-то исчезает. Так просто не увидишь, они для нас не важны. Но во время быстрого расширения Вселенной, предположим, что была такая квантовая флуктуация. Она растягивалась, с расширением Вселенной. Когда она растянулась достаточно — помните это уравнение для скалярного поля, где стоит этот член ЗНФ с точкой? Уравнение, член с трением. Когда у вас поле было коротковолновое, оно знать ничего не знало о трении, потому что оно билось с такой энергией, что его трением остановить было нельзя. А потом, когда оно растянулось, оно энергию свою потеряло и вдруг почувствовало, что Вселенная расширяется, что трение есть, и вот так и застыло. Застыло и продолжало расширяться, растягивая Вселенную.

После этого, на фоне этой флуктуации, которая нарисована здесь, прежние флуктуации, которые раньше были очень коротковолновыми, энергичными и так далее, они растянулись, увидели, что Вселенная расширяется, почувствовали трение и застыли — на фоне тех флуктуаций, которые раньше застыли.

После этого Вселенная продолжала расширяться, и новые флуктуации замерзали, а Вселенная расширялась-то экспоненциально. И в результате что произошло? Что эти все флуктуации раздулись до большего размера.

Я сейчас поясню, что это такое: это результат вычислений, которые как бы симулируют возникновение флуктуаций и их дальнейшую эволюцию. Я объясню, что это будет, что это такое. Смысл состоит вот в чём. Что мы взяли эти квантовые флуктуации. Они замерзли. Вселенная стала

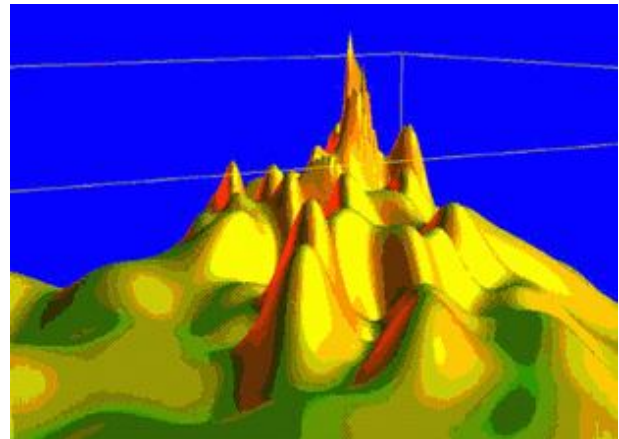
неоднородной на экспоненциально большом масштабе. Эти неоднородности стоят, стоят, стоят...



В результате Вселенная заполнилась неоднородным скалярным полем. Эти неоднородности ответственны за последующее образование галактик.

Иногда эти флуктуации накапливаются и сильно увеличивают энергию скалярного поля в некоторых частях Вселенной. В этих частях инфляция ускоряется, Вселенная входит в режим самовосстановления, процесс инфляции становится вечным.

Потом инфляция кончилась. Потом — эта часть Вселенной еще не видит эту часть Вселенной. А потом прошло время, и они друг друга увидели. И когда увидели, эта часть Вселенной сказала: «А, у меня энергии меньше, а у тебя энергии больше; давай, все камни от меня полетят в эту сторону, потому что здесь гравитация сильнее». И эти флуктуации размораживаются. То есть сначала они были заморожены — за счет быстрого расширения Вселенной. А потом, когда две части Вселенной друг друга увидели, то эти флуктуации разморзлись, и это буквально... по барону Мюнхгаузена.



Я не знаю, в детстве сейчас вас учат, там, барона Мюнхгаузена читают? Нам читали. Как он путешествовал по России. Хотя он был немецкий лжец, но путешествовал по России, в Сибири. Они охотились. И был такой жуткий мороз, что когда он хотел позвать друзей, чтобы они вместе собрались, то он сказал «ту-туту-туту!», а ничего не получилось, потому что звук замерз в рожке. Ну, потом, было холодно, он в снегу, как опытный человек, отрыл пещеру, зарылся там... Наутро вдруг он слышит: «Ту-туту-туту!». Что произошло? Разморзся звук-то. Потому что утром солнце появилось, всё, снег подтаял, и звук разморзся...

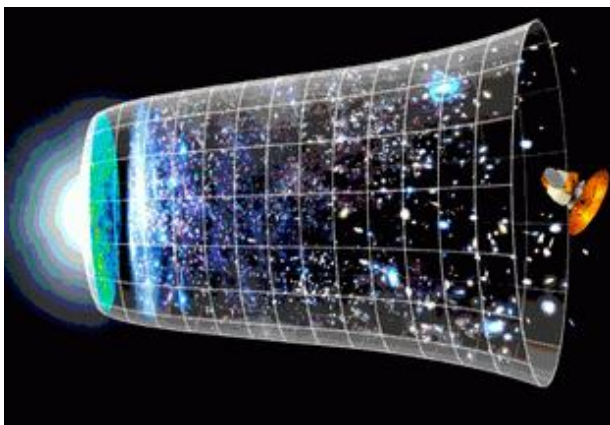
Вот здесь это же самое: сначала квантовые флуктуации замерзли, растащились на большое расстояние, а потом, когда дело уже пришло к тому, чтобы галактики образовывались, они разморзлись, и неоднородности собрались вместе и сделали галактикой.

Сначала мы начали с квантовых флуктуаций. Потом мы быстро сделали их огромными. И когда мы сделали их огромными, мы фактически сделали их классическими. Они уже в это время не осциллировали, не исчезали, они замерзли, были большими. Вот этот трюк — как из чего-то квантового сделать что-то классическое.

Значит, этот фильм показывает вот что. Если мы начнем с чего-то почти однородного, как сейчас, и потом начнем добавлять эти вот синусоиды... Каждый новый кадр показывает экспоненциально большую Вселенную. Но компьютер не мог расширяться, поэтому мы сжимали картинку. На самом деле надо понимать, что каждая картинка соответствует экспоненциально большей и большей Вселенной. И длины волн всех этих значений, они все примерно те же самые в момент, когда они создаются.



А потом они растягиваются, но вот здесь не видно, что это здоровая синусоида. Кажется, что это пик, там, башня острая... Это просто потому, что компьютер их сжал. Не видно также и другое: что в тех местах, где скалярное поле подскочило по случайности очень высоко, в этом месте энергия скалярного поля оказывается такой большой, что в этом месте Вселенная начинает расширяться еще гораздо быстрее, чем она расширялась здесь. И поэтому в действительности, если бы правильно рисовать картинку — ну просто компьютер не умеет это делать, и это не компьютер виноват, это просто физика такая: нельзя кривое пространство представить себе уложенным в наше пространство, просто кривовато, как кривая поверхность, не всегда это удается, поэтому здесь ничего не подделаешь, — надо просто понять, что вот эти вот пики, значит, размер отсюда досюда — он гораздо больше размера отсюда досюда. Здесь на самом деле здоровый пузырь. Это то, что... — тоже достоинство русского обучения — то, что мы выяснили, когда были на практике военного дела в университете: что расстояние по прямой бывает гораздо длиннее, чем расстояние по кривой, если прямая проходит рядом с офицером... Здесь, если вы пойдете по прямой рядом с этим пиком, то вы никогда не дойдете, потому что расстояние будет всё больше и больше. Кривое пространство можно представить себе двумя способами. Первое — можно говорить про расширение Вселенной, а второе — можно говорить про сжатие человека. Вот человек — это мера всех вещей. Если вы идете отсюда и доходите рядом с пиком, то можно сказать, что ваши шаги становятся всё меньше, и меньше, и меньше, и меньше, и поэтому вам трудно, трудно идти. Это другое понимание того, что это такое за пузырь здесь — это просто место, где вы сами уменьшаетесь по сравнению со Вселенной. Это почти эквивалентные вещи.



Откуда мы всё это знаем? Откуда мы знаем, что это всё правда? Ну, во-первых, честно говоря, мы с самого начала ведь знали, что это — правда. Потому что, ну, такая красивая была теория, так всё запросто объясняла, что после этого как бы даже экспериментальные доказательства были не очень нужны, потому что Вселенная же, ну... большая? — Большая. Параллельные прямые не пересекаются? — Не пересекаются... И так далее. Другого объяснения не было. Поэтому, как бы, вот есть экспериментальные данные. Но люди, всё равно, они хотят не просто так, а хотят, чтобы и еще что-нибудь предсказать бы, чего мы не знали, и чтобы это подтвердилось. И одно из предсказаний — эти вот квантовые флуктуации... Хорошо было бы их увидеть на небе, а мы их не видели. И один за другим стали запускаться разные системы, спутники, первый замечательный спутник — это был «Кобе» (COBE), запущенный в начале 90-х, и люди как раз в прошлом году получили нобелевские премии за это. Они увидели следующее. Они увидели, что микроволновое излучение, которое приходит к нам с разных сторон Вселенной, оно немножечко анизотропное. Сейчас я объясню, о чём идет речь. В середине 60-х люди увидели, что на Землю идет излучение с температурой примерно 2,7 К. Чего-то такое, радиоволны, очень малоэнергичные, но со всех сторон. Потом они поняли, что это такое. Вселенная, когда она взорвалась, она была горячей. Потом, когда она расширилась, эти фотоны свою энергию потеряли, и когда они к нам дошли, они дошли вот

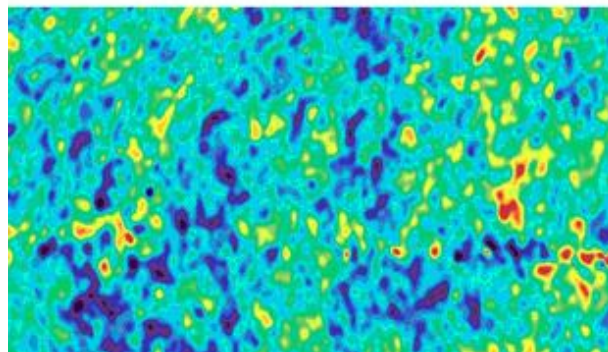
такими дохленькими, с маленькой-маленькой энергией. И со всех сторон была та же самая энергия — 2,7 К. Температура — мера энергии. Потом начали смотреть более пристально и увидели, что вот в этом направлении температура 2,7 плюс еще примерно  $10^{-3}$ , а вот в этом направлении 2,7 минус еще  $10^{-3}$ . И почему же это такое? А вот почему: потому что Земля движется по отношению ко всей Вселенной. И есть вот это самое красное смещение. В ту сторону, куда мы движемся, там небо становится более голубым, фотоны приходят чуть-чуть более энергичные. А откуда движемся, они идут немножечко более красные. Это был простой эффект. И мы сразу поняли, с какой скоростью мы движемся по отношению к реликтовому излучению, всё было просто.

А потом люди захотели узнать, а нет ли еще какой-нибудь структуры? И вот запустили спутники, один из них «Кобе», а вот здесь, на картинке нарисован WMAP, спутник такой. И картинка, которая показывает как бы эволюцию во времени. Сначала был Большой взрыв, потом было вот это ускорение Вселенной — инфляция, потом возникли квантовые флуктуации, которые замерзли, потом эти квантовые флуктуации, которые замерзли, привели к возникновению структуры небольшой во Вселенной. В это время Вселенная была очень горячей. Она была такой горячей, что сигналы до нас просто не доходили, так же как Солнце для нас здесь непрозрачно: оно очень горячее, поэтому мы вглубь Солнца можем видеть только на несколько сотен километров. Вот...

А потом вдруг Вселенная стала прозрачной для обычного излучения, потому что электроны объединились с протонами в атомы, и дальше, когда Вселенная стала более или менее нейтральной, свет стал проходить до нас. И вот мы видим то излучение, которое прошло от этого момента. И вот эти спутники, они посмотрели и померили температуру от разных точек во Вселенной с точностью до  $10^{-5}$  К. Вот представьте себе, что в лаборатории было трудно получить, там, температуру один градус Кельвина. Люди померили температуру Вселенной, 2,7 К плюс еще, там, много знаков после этого, и потом они померили неточности в этой температуре с точностью до  $10^{-5}$ . Ну, научная фантастика! Я никогда не верил вообще, что это возможно, но потом стал доверять друзьям-экспериментаторам, потому что мы-то знаем, что мы, теоретики, а вот экспериментаторы, оказывается...

Значит, вот, они померили такие маленькие пятнышки на небе, эти маленькие пятнышки — они здесь раскрашены. Мы знаем, что там, где энергия больше — это синее смещение, там где энергия меньше — это красное смещение, но здесь всё наоборот. Люди, которые эту карту раскрашивали, они понимали, что психология людей работает не так. Всё равно это не видимый свет, это радиоизлучение, поэтому не красный, не белый, никакой. Поэтому они его раскрасили искусственно. И вот то, что красное, это чтобы понять, что там горячо. А там, где синее, — это чтобы понять, что холодно. Поэтому они раскрасили прямо наоборот. Но не важно. Важно то, что вот эти пятнышки на небе, они с точностью до  $10^{-5}$ .

### Фотография квантовых флуктуаций размером в полнеба



Если поглядеть повнимательнее на кусочек этого неба, то вот такая картинка здесь получается. Вот такие вот пятнышки. Что это такое? А вот что это. Возникли эти квантовые флуктуации скалярного поля, растащились на всё небо, замерзли там, изменили там немножечко

геометрию Вселенной и плотность вещества, изменили за счет этого температуру реликтового излучения, которое к нам приходит, и поэтому эта температура, вот эти неоднородности, являются фотографией тех квантовых флуктуаций, которые возникли на последних стадиях инфляции — возникли и замерзли. То есть мы сейчас видим всё небо, и это всё небо является как фотографическая пластинка, на которой изображены квантовые флуктуации, возникшие на конечной стадии инфляции, примерно в  $10^{-30}$  с. Мы видим фотографию того, что произошло с  $10^{-30}$ -й секунды после Большого взрыва. Ну вот, чудеса, что тут можно сказать!



Мало того, что мы видим эту фотографию — изучили ее спектральные свойства. То есть эти пятнышки на больших угловых размерах имеют одну интенсивность, на маленьких угловых размерах они имеют другую интенсивность. Посчитали спектр этих флуктуаций и выяснили, что спектр — он вот такой: черные пятнышки — это то, что экспериментально видит этот самый спутник WMAP. С тех пор появились и еще другие результаты, которые вот в эту область простираются, я их сейчас здесь и приводить не стал. Но вот красная линия — это теоретические предсказания простейшей модели инфляционной Вселенной, а черные точки — это то, что экспериментально видно.

Здесь есть какие-то аномалии. При больших углах самые большие расстояния маленькие. Здесь  $l$  — то, что здесь, вот, на этой оси, — это количество гармоник. То есть чем больше  $l$ , тем больше гармоники, тем меньше угол. На маленьких углах прекрасное совпадение с экспериментальными данными. На больших углах что-то не до конца понятное происходит. Но может быть, это просто потому неточности, потому что нам дан-то один только кусок Вселенной: мы статистику изучаем, а статистика у нас — как вы подбросили монетку один раз, какая вам статистика? Вам надо подбросить ее сто раз, чтобы увидеть, что примерно 50 на 50 произошло. Поэтому на больших углах статистика не очень точная. Всё равно немножечко точки выпадают — есть некая проблема, что здесь происходит. Какие-то есть анизотропии во Вселенной, которые мы не можем объяснить в больших масштабах пока что. Но тем не менее, факт-то состоит в том, что все остальные точки, оказывается, прекрасно ложатся. И поэтому совпадение теории с экспериментом очень впечатляющее.

Я решил для себя, что я должен придумать способ объяснить изменение картины мира на простом языке. А картина мира... Сейчас, я пока что до этой самой теории многоликой Вселенной еще не дошел. Это пока что простая картинка... Так вот. Изменение картины мира, оно выглядит так. Что сидим мы на Земле, смотрим вокруг. И вот окружены этой хрустальной сферой. Дальше ничего мы видеть не можем, а есть там звёзды, планеты... И мы знаем, что мы используем нашу космологию как машину времени. Если мы возьмем и посмотрим, там, на Солнце, мы видим Солнце, каким оно было несколько минут назад. Посмотрим на дальние звёзды. Мы увидим звёзды такими, какими они были много лет назад, сотни лет назад, тысячи лет назад. Если мы немножечко дальше пойдём, то мы увидим галактики такими, какими они были, там, миллиарды лет назад.



Если мы еще дальше пойдём, то мы увидим вот это место, где Вселенная только что стала горячей, и в это время пошли к нам фотоны, это вот то, что эти спутники видят, вот мы увидели этот космический огонь. А дальше Вселенная непрозрачна. Дальше, ближе к этому Большому взрыву, который произошел вот эти 13 миллиардов лет назад, мы подойти не можем. Но, конечно, если бы использовать, например, нейтрино, которые в это время излучены, — мы знаем, что мы можем получать нейтрино, которые идут из центра Солнца, — можно было бы получить нейтрино, которые были испущены ближе к этому Большому взрыву. Сейчас мы видим только то, что было примерно 400 000 лет после Большого взрыва. Ну, все-таки... по сравнению с 13 миллиардами четыреста тысяч — довольно хорошо... Но если бы нейтрино, мы могли бы подойти гораздо ближе. Если бы гравитационные волны, мы могли бы подойти совсем близко к Большому взрыву, прямо вот буквально до вот таких вот времен от Большого взрыва.

А что говорит инфляция? А инфляция говорит вот что. Что на самом деле вот этот весь огонь космический, он возник после инфляции, и здесь есть экспоненциально много места, когда вся Вселенная была заполнена только скалярным полем, когда частиц никаких не было, а если бы они даже и были, то плотность их экспоненциально падала бы всё время, потому что Вселенная экспоненциально расширялась.

Поэтому что бы там ни было до инфляции, это совершенно не важно. Вселенная здесь была практически пустой, а энергия сидела в этом скалярном поле. А уж после того, как оно — помните эту картину: скалярное поле шло вниз, вниз, потом постепенно, когда оно доходило донизу, Хаббловская постоянная становилась маленькой — оно начинало осциллировать, в это время за счет своих осцилляций оно порождало нормальную материю. В это время Вселенная становилась горячей. В это время возник этот огонь. А мы раньше думали, что этот огонь от начала мира. Мы просто были как волки, которые боятся через огонь перепрыгнуть, мы знали, что вот это вот начало мира. Выясняется сейчас, что для того, чтобы объяснить, почему этот огонь был так однородно распределен, нам надо было, чтобы была стадия, которая всё уравнивала. И это — инфляционная стадия.

И дальше можно по небу идти далеко-далеко за это место, потому что Вселенная вот такая вот большая, вот столько там было. И если мы пойдём дальше, мы увидим эти места, где возникают квантовые флуктуации, которые порождают галактики. И мы увидим те места, где эти флуктуации такие большие, что они породили новые части Вселенной, которые расширились быстро и которые порождаются и возникают и сейчас. Вселенная за счет этих квантовых флуктуаций порождает сама себя, не только галактики, но большие части самой себя. И она становится бесконечной и самовоспроизводящейся Вселенной.

Но помимо всего этого возникает еще один эффект. Вот я вам рассказывал про Вселенную, в которой было скалярное поле только одного типа. Скалярное поле с таким простым потенциалом... Мы знаем, что если мы хотим описать теорию элементарных частиц полностью, то нам нужно много скалярных полей. Например, в теории электрослабых взаимодействий имеется хиггсовское поле. И хиггсовское поле делает все частицы нашего тела тяжелыми. То есть электроны приобретают массы, протоны приобретают массы, фотоны не приобретают массы. Другие частицы



приобретают массы. В зависимости от того, какое скалярное поле, они приобретают разную массу. Но этим дело не кончается. Есть еще и теория Великого объединения, в которой возникает скалярное поле другого типа. Это другое поле.

## Многоликая Вселенная

В реалистических теориях элементарных частиц существует много разных скалярных полей. Их потенциальная энергия может иметь очень много минимумов. Каждый минимум соответствует новому вакуумному состоянию. Элементарные частицы имеют разные свойства в разных вакуумных состояниях.

Квантовые флуктуации во время инфляции могут разбить Вселенную на много частей, содержащих разные скалярные поля. Вселенная становится похожей на набор многих Вселенных с разными законами физики.

Если бы его не было, то не было бы принципиальной разницы между лептонами и барионами, тогда бы протоны могли легко распадаться на позитроны, не было бы разницы между материей и антиматерией. Для того чтобы объяснить, что там произошло, как эти вещи отделились, пришлось ввести еще одно скалярное поле... В принципе, этих скалярных полей может быть много. Если посмотреть на простейшую теорию — суперсимметричную — теорию Великого объединения, то окажется, что потенциальная энергия в ней рисуется вот так...

Ну, это тоже примерная картинка, на самом деле. Это некоторое поле, которое на самом деле является матрицей. И вот, при одном значении этого поля нету никакого нарушения симметрии между слабым и сильным электромагнитным взаимодействием, нет разницы между лептонами и барионами. Есть другое значение поля, в котором специальный тип нарушения симметрии, совсем не то, что мы видим. Есть третий минимум, в котором как раз физика нашего мира. В действительности надо еще написать вот наше скалярное поле, и если всё вместе написать, то будет десяток таких минимумов. У них у всех в первом приближении одинаковая энергия, и мы живем только в одном из этих минимумов.

И тогда возникает вопрос: а как же мы в этот минимум попали? А в самой ранней Вселенной, когда температура была горячей, существовал только вот этот минимум. И возникла проблема: как же мы тогда просочились вот в этот минимум-то, потому что в ранней Вселенной, в согласии с той теорией, которую мы здесь развивали вместе с Давидом Абрамовичем Киржницем, которому пришла эта идея ему в голову, насчет того, что в ранней Вселенной симметрия между всеми взаимодействиями восстанавливается. И вот тогда мы должны были бы сидеть здесь. А как же мы тогда попали вот сюда? И единственный способ, как мы туда могли попасть, это за счет квантовых флуктуаций, которые генерировались во время инфляции.

Но ведь это скалярное поле тоже скакало и тоже замерзло. И оно могло перескочить в этот минимум, перескочить в этот, перескочить обратно. Потом, если оно перескочило в один из этих минимумов, часть Вселенной, в которую мы попали в этот минимум, она начинала быть экспоненциально большой. Эта начинала быть экспоненциально большой, эта... И Вселенная разбилась на экспоненциально большое количество частей экспоненциально большого размера. Со всеми возможными типами физики в каждой из них.

Что это означает? Что, во-первых, может быть много скалярных полей. Во-вторых, может быть много разных минимумов. И после этого, в зависимости от того, куда мы попали, Вселенная могла стать разбитой на большие, экспоненциально большие области, каждая из которых по всем своим свойствам выглядит — локально — как огромная Вселенная. Каждая из них имеет огромные размеры. Если мы в ней живем, мы не будем знать, что другие части Вселенной существуют. А законы физики, эффективно, там будут разные.

То есть, в действительности, закон физики — он один и тот же может быть, у вас имеется одна и та же теория, — но это так же, как вода, которая может быть жидкой, газообразной, твердой. Но рыба может жить только в жидкой воде. Мы

можем жить только вот в этом минимуме. Поэтому мы там и живем. Не потому, что этих частей Вселенной нет, а потому, что мы можем жить только здесь. Вот возникает эта картина, которая и называется «многоликая Вселенная», или «Multiverse» вместо «Universe».

Может существовать один единый закон физики, как один генетический код для всей Вселенной. Однако этот закон может по-разному проявляться в разных местах. Например, вода в разных местах может быть жидкой, твердой или газообразной. В теории элементарных частиц проявление законов физики зависит от скалярных полей и от свойств скомпактифицированных измерений пространства, которые определяют свойства вакуума.

Квантовые флуктуации во время инфляции могут изменить свойства вакуума в маленькой части Вселенной и затем сделать эту часть экспоненциально большой.

Это механизм космологических мутаций.

## Но где записан генетический код Вселенной?

Другим языком. Мы знаем, что наши свойства определяются генетическим кодом — кодом, который нам достался в наследство от наших родителей. Мы знаем также, что существуют мутации. Мутации происходят, когда что-нибудь странное происходит. Когда космические лучи, когда какая-нибудь химия не та — ну, вы лучше меня знаете, что нужно для того, чтобы мутации происходили. А мы знаем также, что всё вот огромное количество видов — необходимо было, чтобы эти мутации были.

Так вот, во время расширения Вселенной тоже были мутации. У вас Вселенная, даже если с самого начала она находилась в одном минимуме, то после этого она начинала прыгать из одного минимума в другой и разбивалась на разные типы Вселенной. И вот этот механизм квантовых флуктуаций, которые перебрасывали Вселенную из одного места, из одного состояния в другое — их можно назвать... это можно назвать механизмом космологических мутаций.

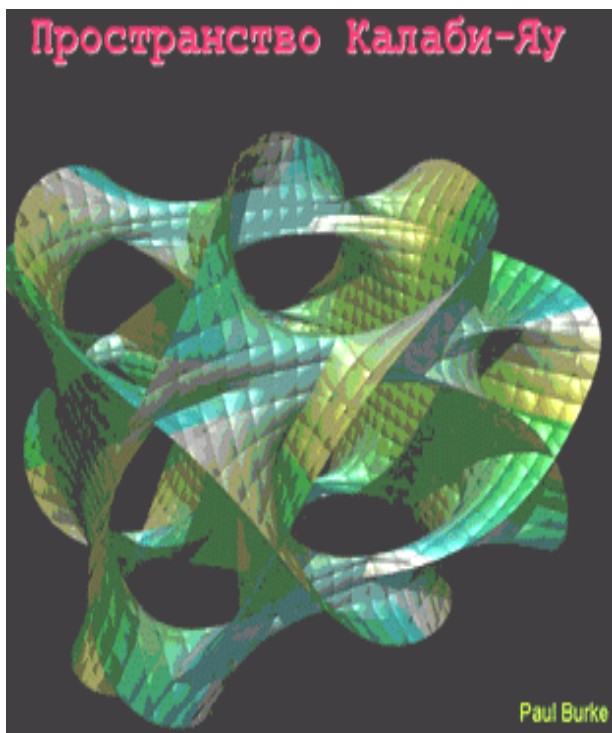
(К сожалению, здесь, конечно, не видно часть того, что я собирался показывать. Ну, словами, значит...) Ландшафт. Возникла такая терминология, потому что эта терминология, эта картинка оказалась очень важной в контексте теории струн. Люди уже давно говорили про теорию струн как лидирующего кандидата на теорию всех взаимодействий. Я в этом месте, к сожалению, «плаваю»... Хотя я и являюсь одним из соавторов вот этой картинки, которая здесь есть. То есть в течение многих лет люди не знали, как с помощью теории струн описать наше четырехмерное пространство.

## Ландшафт Теории Струн

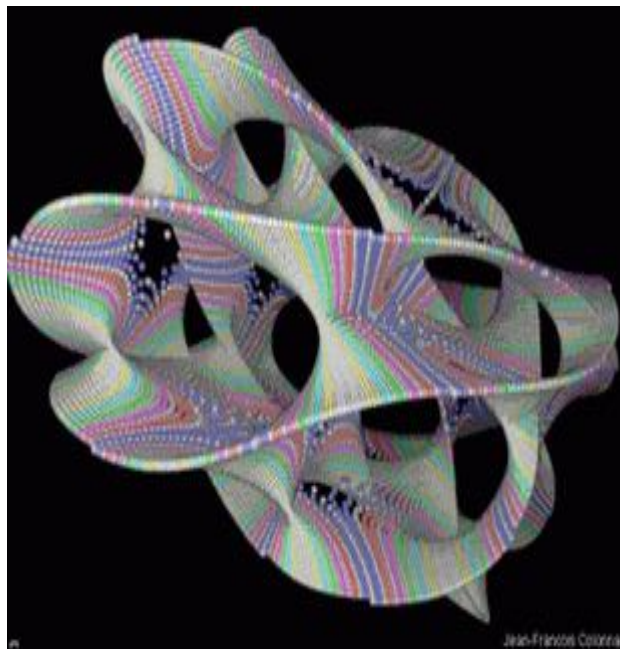


Дело в том, что теорию струн легче всего сформулировать в десятимерном пространстве. Но в десятимерном пространстве шесть измерений являются лишними, надо как-нибудь от них отделаться. Идея состоит в том, что их надо как-нибудь сжать в маленький клубочек, чтобы их никто не видел, чтобы в шесть направлений никак никто не мог пойти, а мы видели бы только четыре большие

измерения — три пространства и одно время. И вот мы гуляли бы в этих трех пространственных измерениях и думали бы, что наша Вселенная трехмерная плюс одно время, а в действительности где-то в сердце Вселенной хранилась бы информация о том, что она происхождение имеет пролетарское — десятимерное. И хотелось бы ей стать десятимерной тоже. Вот в теории струн так всё время получалось, что она хочет быть десятимерной, и до последнего времени не знали, как сделать ее четырехмерной, оставить ее нормальной. Во всех вариантах получалось, что это состояние неустойчивое. В 2003 году у нас в Стэнфорде Качру, Рената Каллош, которая также из ФИАНа, я и еще один человек из Индии — мы предложили некий вариант этой теории, в котором можно понять, почему шестимерное пространство не расширяется, застревает, становится стабильным. В действительности, оно не является... Кстати, я в этой работе был консультантом по космологии. Поэтому мое знание теории струн от этого немножечко увеличилось, но не настолько, чтобы я мог комментировать это полностью грамотно, но полуграмотно я уже научился говорить... Значит, что произошло? Произошло следующее. Есть эти шесть измерений, причем эти шесть измерений, когда они сжимались до маленького размера, они сжимались очень хитро. У этого шестимерного пространства довольно хитрая топология. Кроме того, что там топология, там есть разные браны, там есть разные потоки, которые проходят вокруг всего этого дела... Для нас важно из этого вот что: что Вселенная внутри могла сжаться огромным количеством разных способов. То есть вдобавок к этим скалярным полям, про которые я говорил, имеется еще огромное количество способов сделать наш мир, то есть сжать этот шестимерный мир большим количеством способов.



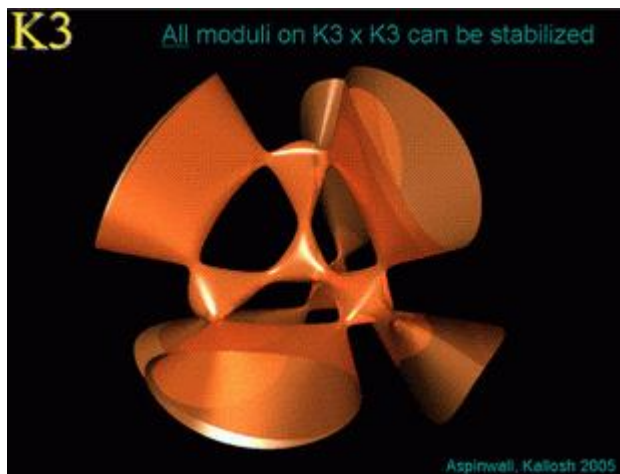
И получается вот что: вот эта картинка, которая иллюстрирует... (Ох, как жалко! Может быть, можно сейчас задний свет выключить на некоторое время? Может быть, его можно вообще выключить? Потому что картинка красивые...) Значит, это картинка, которая иллюстрирует то, как устроено пространство Калаби—Яу, это один из вариантов того, что там происходит, в шестимерном пространстве. (Да, всё равно плохо видно...) Я покажу еще пару вариантов, может быть тогда вместе станет понятнее, о чём речь идет. Люди пытаются сделать, ну как-нибудь изобразить шестимерное пространство и перевести это на двумерную поверхность. Сделать это очень трудно, они берут разные сечения этой поверхности, проекции и так далее. Что бы они ни делали, как бы они ни делали, получается вот что: что есть поверхности, а есть огромное количество дырок в них.



Вот еще одна картинка, которая иллюстрирует — разные люди пытаются это сделать — иллюстрирует это дырявое пространство.

Вот еще один вариант — здесь даже есть кино, которое, если нам повезет, закрутится, — который показывает пространство такого типа с дырками, а также показывает, что на самом деле у него могут быть свойства разные, оно иногда вот такое сингулярное, а иногда у него есть также скалярные поля, которые описывают размеры перемычек, которые там возникают. И вот вокруг этих самых штук могут существовать еще потоки полей, которые там есть, всё это внутри шестимерного пространства. И вариантов сделать это очень много.

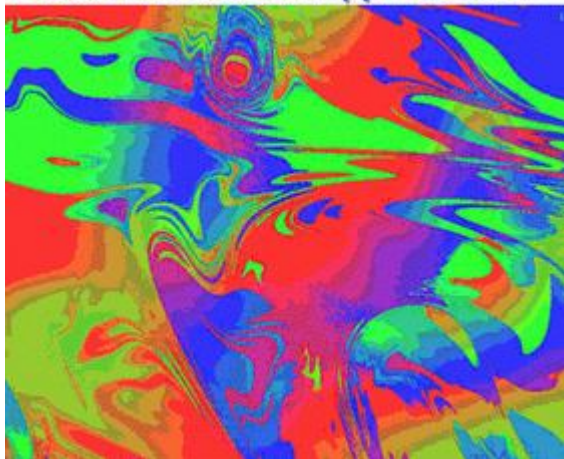
В свое время — это было в 1984 году — Андрей Дмитриевич Сахаров, находясь в то время в Горьком, написал статью, которая содержала много вещей, часть из которых неизвестно зачем была написана, но одно место было написано замечательно. Он сказал, что если у нас Вселенная имеет много измерений, то эти измерения могут быть свернуты в тот тип, который мы сейчас видим, огромным количеством способов. И это огромное количество способов может объяснить, почему плотность энергии вакуума сейчас та, которая она сейчас есть. Почему? Потому что этих вакуумов так много, что один из них — по случайности — имеет энергию вакуума, которая сейчас имеется, а если бы мы жили чуть-чуть выше или чуть-чуть ниже, то жизнь была бы невозможна.



И вот эта идея, она сейчас находится в основе современного объяснения того, почему космологическая постоянная сейчас такая маленькая. Но в то время мы не знали, как сделать это и стабилизировать все эти вакуумные состояния. А сейчас мы научились это делать — и выяснили, что способов сделать это очень много.



## Вселенная Кандинского



А это те картинки, которыми мы иллюстрировали эти возможности. Когда я впервые приехал в Стэнфорд, я попытался получить какой-нибудь компьютер, на котором бы всё это дело проиллюстрировать, и... Ой, это была драматическая история! Потому что мы туда приехали, я на компьютере вообще работаю плохо, но один из моих сыновей хорошо умеет это делать. И я сказал ему: «Ну, Дима, может быть, ты можешь мне помочь? Потому что, если мы научимся показывать Вселенную так красиво, может, они нам дадут хороший компьютер, тогда мы будем на нём хорошо работать». Он сказал: «Папа, давай попробуем». И мы начали пробовать где-то в подвале Стэнфордского университета, делали какие-то эксперименты с этим делом, научились что-то делать... А потом я стал звонить местным компаниям и говорить: «Вот, если вы нам дадите свой компьютер, самый мощный, то мы, может быть, сможем показать вам Вселенную в масштабах, которые вы никогда в жизни не увидите в телескоп». Они говорят: «О, как интересно!», и никогда мне больше не позвонили. Потом я позвонил еще в одну компанию, еще в одну компанию... Ничего не получалось.

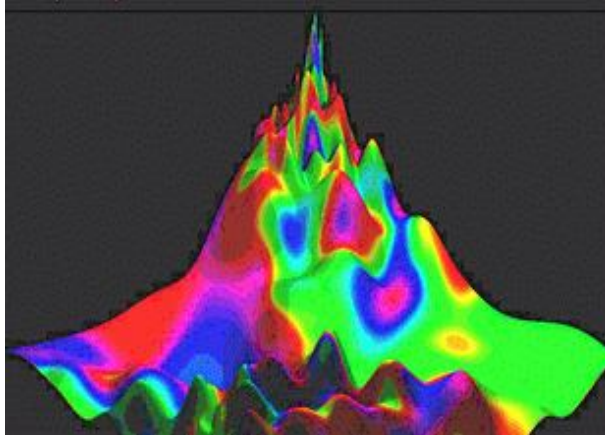
А потом мне позвонили из BBC и сказали: «Мы хотим у вас взять интервью, там, насчет темной материи». А темная материя... Ну что мне темная материя? Меня тогда Вселенная интересовала, а не темная материя. Я говорю: «Ну, хорошо, ладно, я вам дам интервью. Я вам, может быть, еще кое-что покажу, когда вы приедете — через месяц». И я стал звонить местным компаниям и говорить, что, знаете что, вот если вы мне дадите самый ваш мощный компьютер, то ко мне через месяц BBC приезжает, и я им тогда покажу Вселенную на экране вашего компьютера — на BBC. Сказали: «Да, всё очень интересно», — но никто мне больше не перезвонил.

Последняя компания, которая мне позвонила с отказом, была «Silicon Graphics». И они мне сказали, что вот, к сожалению, мы окончательно поняли, что мы не можем вам предоставить тот компьютер, который вы хотели, но я к тому времени уже изнахалился, мне было всё равно, и я им сказал: «Знаете что? Вы проиграли вашу игру, потому что эти люди приезжают ко мне уже через неделю, и даже если бы вы мне дали самый ваш мощный компьютер, который у вас только имеется, я бы всё равно не успел сделать всё, что я хотел, поэтому до свидания». Они сказали: «Знаете что, давайте мы вам завтра позвоним». На следующий день они мне позвонили и сказали: «Вы знаете, мы окончательно выяснили, что такого компьютера, который вы хотели, у нас нет, но вот не рассмотрите ли вы возможность поработать на компьютере, который в четыре раз мощнее?» Я сказал: «Ну, я рассмотрю эту возможность, а как мне за ним заехать? Вот я к вам на своей «Хонде» приеду...» Они говорят: «Нет, в вашу «Хонду» он не войдет».

Ну, тогда я взял университетский такой «трак», залез на него — я никогда его не водил, — ну, он, значит, делал «бип-бип», когда я на нём ехал назад... Я поехал в неизвестное мне место на этом большом самосвале, приехал в «Silicon Graphics», они меня подвели, там стоял такой здоровый сундук на полу, и объяснили мне, как его включить и как его выключить. А я сказал: «Вы знаете что, мне этого, вообще, недостаточно, не могли бы вы показать это моему сыну? Потому что он на нём будет работать, а он еще сейчас пока что не пришел из школы...» Они на меня

поглядели и сказали: «Молодой человек, вы знаете, что этот компьютер стоит 120 тысяч долларов? Может быть, мы с вами это отложим?» Я сказал: «Ну ладно, я его возьму». Вот. Значит, я его взял — как они мне его дали, не знаю, — я его грязными веревками примотал к бортам... Привезли мы его домой, сын пришел, включил компьютер, начал работать. Через неделю... я не понимаю, как это бывает! — через неделю у нас были все вот эти картинки: Вселенная сверкающая, вращающаяся... с помощью «Silicon Graphics» можно было посмотреть на нее, повернуть ее, как хочешь... Мы летали между этими пиками — это было наслаждение!

## Формирование многоликкой Вселенной



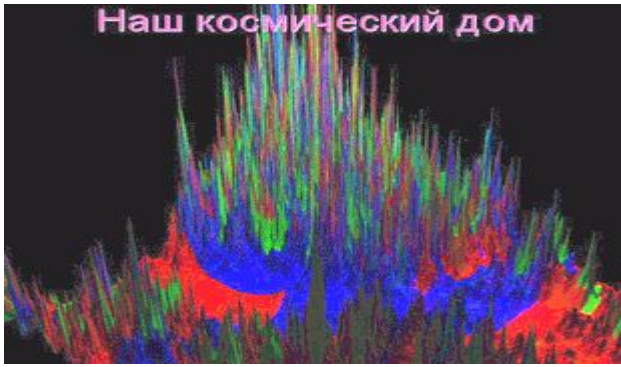
Приехали эти люди из BBC, они взяли у меня интервью, рядом со Стэнфордским университетом, меня они там фотографировали, я им рассказывал про темную материю. А потом я сказал: «Вы хотите поглядеть на нашу Вселенную в масштабе гораздо большем, тра-та-та... Мне сказали: «Вы знаете, нам, это неинтересно...» Я сказал: «А чаю хотите?» Они говорят: «Чаю хотим». Ну, я их пригласил домой, я угостил их чаем... и включил компьютер. «А это что такое?» И они начали снимать у меня эти фотографии прямо с компьютера, и после этого они у меня продолжали это снимать до тех пор, пока они уже опаздывали в аэропорт... Вот таким образом всё это произошло...

Через неделю — на восьмой день — я должен был вернуть этот компьютер в «Silicon Graphics». И когда я его вернул, компьютер у них... крашнулся, и все эти, значит, изображения Вселенной исчезли. Вселенная была создана в семь дней, а на восьмой день она исчезла... Но они успели записать это всё на магнитную пленку. Я это показал в Стэнфорде, они поняли, что мы к делу относимся серьезно. Они нам купили «Silicon Graphics», который был в четыре раза менее мощным, чем этот, и на нём мы, вот, произвели все эти картинки.

Сейчас давайте я дальше немножко пойду. И вот эти все картинки, которые я показываю, всё это кино, они были сделаны уже почти семнадцать лет назад, всё продолжают быть такими же красивыми... Значит, начали мы с красного состояния. Это означает: мы сидели в одном из этих минимумов, и по традиции мой начальный минимум я рисую красным цветом. Мой сын занимался компьютерными вещами, а я был как художник... Значит, начали с красного состояния, после этого всё стало флуктуировать.

Вот то, что рисуется наверх, это плотность энергии Вселенной. То, что здесь цвета, показывает вам, что мы можем быть в красном минимуме, в зеленом минимуме, в синем минимуме — и во время, когда Вселенная раздувается, происходит перескакивание из одного состояния в другое. А вот здесь плотность энергии высокая, и всё из нее стабилизируется. Скалярные поля легко перескакивают из одного состояния в другое. Всё еще законы физики меняются постоянно. А там, где мы уже рядом с минимумом, там они более-менее стационарны.

И если это дело продолжить, то получают картинки такого типа. Вот уже здесь всё стационарно, в красном минимуме. Вот здесь всё стационарно, в синем минимуме. Вот здесь близко к стационарности — в зеленом. Здесь плотность энергии огромная, и поэтому там всё время еще всё продолжает перескакивать. Каждый из этих пиков на самом деле является экспоненциально большой Вселенной, и в каждой из них свои законы физики, и всё еще продолжают меняться.



Если мы живем в красном минимуме и хотим попасть в синий, то по дороге мы наткнемся на барьер. Это будет доменная стенка, энергетически очень большой величины. Мы, когда к ней подлетим... подлететь будет очень трудно, потому что расстояние — 10 в миллионной степени, поэтому надо быть долгожителем, чтобы долететь туда... Потом, когда мы приедем сюда, для того чтобы пересечь границу, нам надо иметь очень много энергии, потому что не пускает нас доменная стенка. Но если мы, тем не менее, разгонимся хорошо и перескочим, то тут же и умрем, потому что частицы нашего типа, они распадаются, они не могут существовать или меняют свои свойства во Вселенной другого типа. Поэтому, вот есть разные вселенные, но воспользоваться этим может оказаться небезопасно.

Если мы пойдем немножечко дальше, то вот это иллюстрация того, как мы в то время рисовали себе, как устроена Вселенная. Вот это — начало. Например, Большой взрыв — то, что мы всегда представляли себе, как Большой взрыв, как начало всего мира — что Вселенная начала расширяться, и она становилась экспоненциально большой и локально однородной, то есть локально получалось то, чего мы хотели. Мы объясняли, почему на расстоянии, на которое мы сейчас видим, всё одинаковое, всё всюду то же самое, что и здесь. Но с другой стороны, та же самая теория — и в этом ирония ее: мы объяснили, почему всё так хорошо рядом, — но та же самая теория, которая объясняла, почему всё так хорошо рядом, она предсказала, что на сверхбольших расстояниях Вселенная имеет совершенно другие свойства.

## Фрактальная Вселенная



Здесь разные цвета показывают разные типы физики в разных частях Вселенной. Это возникновение пузырей происходит постоянно, оно будет происходить вечно, у Вселенной никогда не будет конца. В разных ее частях возникают разные куски Вселенной, разного типа. Мы находимся где-то здесь или, может быть, здесь. Мы смотрим на этот кусок, мы смотрим на этот кусок и говорим: это был Большой взрыв. Но на самом деле это был... ну, в общем, достаточно большой взрыв, порядочный взрыв, но — не Большой взрыв. А был ли Большой взрыв, мы в действительности не знаем. Наверное, да. Может быть, да. Почему? Потому что, если брать отсюда вот и пытаться пойти назад, то всегда возникнет место, где каждая из таких траекторий утыкается в сингулярность. Поэтому надо всё равно думать о том, как вся наша Вселенная родилась, мы

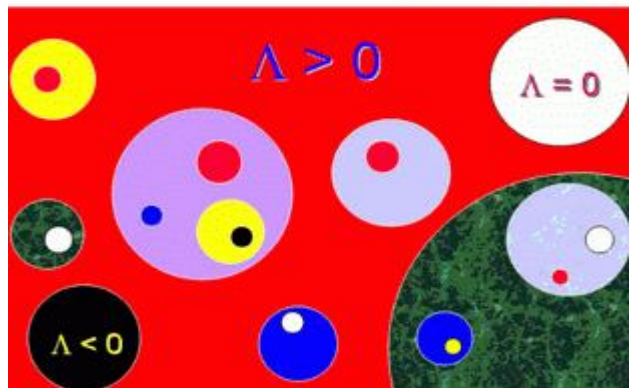
от этого вопроса не отвернулись. Но мы этот вопрос отодвинули в довольно неопределенное прошлое, потому что в действительности мы можем жить здесь, а мы, может быть, живем где-нибудь еще там. И если мы возьмем типичную красную Вселенную, то она, вообще говоря, бесконечно далеко от этого самого Большого взрыва. Или, там, очень далеко. И поэтому сам-то Большой взрыв, он, может быть, где-нибудь и был, но только вот то, что мы видим сейчас — наверное, мы видим только его вот этих... представителей. И вот это вот то, что является мутацией Вселенной во время ее эволюции.

Это то, как мы рисовали эту картинку в простейших теориях — тех, которые были популярны раньше.

В теориях типа теории струн эта картинка приобретает немножко другие очертания. Вот такие плавные переходы и изгибы, вот эта Вселенная Кандинского — они были характеристикой теории, в которых поле медленно катилось, здесь такие пологие горки... В теории струн часто возникает ландшафт такой, что там довольно крутые минимумы, которые отделены друг от друга иногда барьерами, плохо проходимыми. И когда вы туннелируете и переходите из одного состояния в другое, этот переход происходит за счет рождения пузырей другой фазы. И эти пузыри — они расширяются, каждая стенка движется со скоростью, равной скорости света. Между этими пузырями — старое возбужденное вакуумное состояние огромной энергии.

Поэтому картинка такая. Возникают два пузыря, например. Каждый из них расширяется очень быстро, но Вселенная между ними продолжает раздуваться — и поэтому расстояние между пузырями остается очень большим, они не сталкиваются. Возникают еще — и расширяются. Изредка некоторые из них сталкиваются, но в среднем — не сталкиваются. Иногда скалярное поле внутри этих пузырей подскакивает назад. То есть, вот, мы были раньше в красном, и вдруг из новых пузырей оно обратно подскочило в красное. Эта часть Вселенной начала снова экспоненциально расширяться, возникают области экспоненциально большие — красные пузыри.

## Кипение Вселенной в струнной теории



В части из этих пузырей нету никакой структуры — не образовалось. В части из этих пузырей была та стадия медленного скатывания инфляции, во время которой возникали и замерзали эти квантовые флуктуации, там возникла структура, там возникали галактики, там мы могли жить. Вот поэтому мы можем жить здесь, можем жить здесь. Может быть, мы можем жить здесь... Здесь разные свойства, надо сравнить. В части Вселенной мы можем жить, в части нет. И таких типов Вселенной, таких красок, согласно теории струн, где-то 10 в тысячной степени ( $10^{100}$ ). В действительности мы не знаем в точности — 10 в тысячной или 10 в сотой ( $10^{100}$ ), люди еще продолжают считать. Иногда они говорят: ну, вообще-то, может быть, даже и бесконечное количество разных возможностей... Поэтому мы не знаем в точности, мы знаем только, что довольно много разных возможных состояний.

Это картинка, которая показывает повернутую картинку — то, что я раньше говорил, — это можно найти на странице WMAP Satellite. Вот это стадия инфляции, это те штучки, которые они фотографируют — квантовые флуктуации, а вот это тот самый венец творения — WMAP.

И сейчас это иллюстрировалось художником, которому говорили следующее: что вот одна такая вселенная, другая

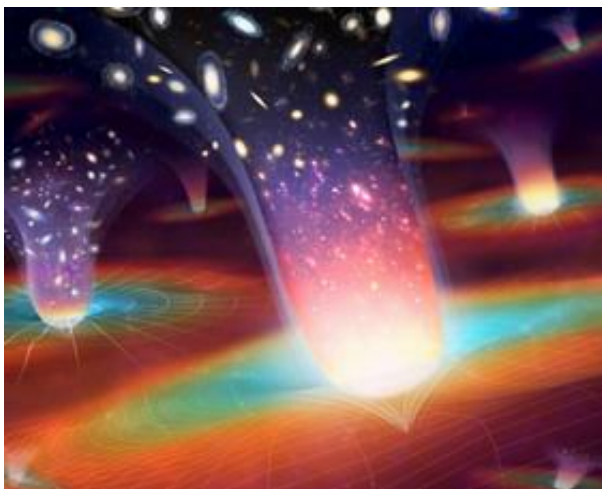


такая вселенная, еще такие — много WMAP надо было бы запускать в разных частях Вселенной. И интересное свойство этой картины состоит в том, что во время, когда всё это происходит — эти процессы происходят неограниченно долго, — возникает этот круг событий неограниченно много раз, ну, считайте, бесконечное количество раз. Рассмотрим нашу часть Вселенной. Она конечна — то, что мы сейчас видим, — она конечна. В ней  $10^{87}$  элементарных частиц, может быть  $10^{88}$ . Эти частицы можно переставить ограниченным количеством способов. Что бы мы ни комбинировали в нашей части Вселенной, существует ограниченное количество комбинаций.

На это внимание обратил Саша Виленкин, который сейчас живет... в Бостоне. И вот недавно вышла его книжка, хорошая книжка, которая тоже посвящена многоликой Вселенной, и утверждение состоит в следующем.

У вас имеется бесконечное количество кусков Вселенной, а способов организовать материю в них, хотя у вас и имеется 10, там, в тысячной степени чего-то, но всё равно конечное количество, частиц там конечное количество, их организовать можно конечным количеством способов. Это означает, что обязательно где-нибудь во Вселенной сидит вот такой же в точности зал, заполненный такими же в точности людьми, я в это время делаю такой же в точности доклад... я его кончаю вовремя...

И это последняя картинка, о которой я хочу сказать. Значит, что происходит в этих многих копиях одной и той же Вселенной? Вселенная рядом с нами собирается распасться. Почему мы это знаем? Ну, на самом деле мы не точно это знаем, потому что это всё основано сейчас на наших лучших вариантах той теории, которая у нас есть. Если бы мы просто знали то, что нам сказали экспериментаторы в 1998 году, — то, что Вселенная экспоненциально расширяется, — если просто учесть то, что мы узнали в 1998 году — мы узнали, что Вселенная сейчас вот вышла на новую стадию раздувания Вселенной, только малознергичную — это просто то, с чего я сейчас начал.



Ускоренное расширение Вселенной, вот оно было раньше, на начальной стадии Вселенной, вот оно начинается сейчас — новая стадия раздувания Вселенной. К чему это приведет? Нашу Галактику это не тронет. Стадия раздувания Вселенной, которая сейчас идет, она очень медленная, материя внутри нашей Галактики гравитационно так сильно друг к другу притянута, что где-то там галактики будут от нас улетать, но мы-то в нашей Галактике уцелеем. На нее, скорее всего, в это время еще упадет галактика Андромеды, а все остальные галактики, однако, от нас улетят. И мы их больше не увидим.

Интересное свойство теории такого типа, теории ускоряющейся Вселенной — она напоминает свойства черной дыры. Вот в каком смысле. Значит, вот, как устроена черная дыра? Если вы летаете где-то рядом с черной дырой, вы видите, что она далеко от вас, и ее свойства асимптотически не меняются. Ну, я не буду говорить о том, что материя на нее падает, там что-то рядом с ней происходит, они светятся, но не сами по себе, а только за счет того, что материя туда падает. А так вот идеальная черная дыра стоит и не меняется.

После этого вы решили узнать, что происходит с черной дырой. Но вы сами немножечко боязливы, кроме того, вы

теоретик, а ваш друг-экспериментатор хочет узнать, что происходит. Вы тогда говорите: «Ну так ты туда слетай, потом расскажешь». Он туда летит, и когда он падает в черную дыру, он падает туда реально, но вы никогда не увидите, что он туда падает. Он будет как бы потихонечку прилипать к сфере Шварцшильда, то есть он будет туда подходить всё ближе, ближе и ближе, сначала он вам будет передавать сигнал и вы будете слышать, как он с вами говорит нормальным голосом, потом его голос будет становиться всё более сиплым за счет доплеровского эффекта, он сам станет всё более красным, потом инфракрасным, потом радиодиапазон... В результате он будет прилипать, и он будет становиться всё более плоским. Он распластается по черной дыре и как бы истончится и иссякнет, и больше вы из него ничего не получите. Это способ сохранить спящую царевну в неприкосновенности, потому что для нее время остановится. Единственное, если вы хотите к этой царевне пойти и ее поцеловать, то вы туда полетите и вместе с ней туда упадете... Ну, это, наверное, плохой вариант...

Значит, зачем я про это говорю? Мы сейчас находимся в экспоненциально расширяющейся Вселенной. И все ее части, далекие от нас, все галактики от нас улетают. Так же, как этот друг, который улетает в черную дыру, так же все эти части улетают к некоторой другой поверхности, которая называется горизонтом для мира де Ситтера, для этого ускоряющегося мира сейчас. И все эти галактики будут прилипать к горизонту, который от нас находится на расстоянии примерно эти самые 13,7 — ну, немножечко больше, чем это, — миллиардов световых лет. И все эти галактики прилипнут к горизонту и истают для нас, станут плоскими, сигнал от них перестанет приходить, и останется одна наша Галактика. Энергетические ресурсы в нашей Галактике потихонечку иссякнут, и такова печальная наша судьба...

И это то, что люди думали, когда они занимались простой такой теорией, которая говорит: вот, мы вели наблюдения, всё от нас улетит. Сейчас, когда мы поняли... немножечко разобрались с тем, как стабилизировать эти шесть внутренних измерений в теории струн, мы также узнали, что эта картинка сама по себе невозможна. Мы не сумели сделать теорию струн вариантом этой теории, в которой удавалось бы получить это состояние, в котором это ускоренное состояние Вселенной продолжалось бы вечно. Единственное, что удавалось сделать, — это построить метастабильное вакуумное состояние, в котором временно Вселенная будет экспоненциально расширяться. Это метастабильное состояние в конце концов распадётся. Простейшие оценки в простейших теориях показали, что время распада может быть так велико как  $10$  в степени  $10$  в степени  $120$ . Лет или секунд — это уже не важно. Много времени. Так что не сразу мы распадемся.

Но, когда распадемся — как мы распадемся? — возникнет пузырек новой фазы. В этом пузырьке есть два варианта. Первый вариант — что внутри него будет десятимерное пространство Минковского. Мы не можем жить в десятимерном пространстве. Про это сказал Эренфест в 1917 году, когда произошло много разных событий. Например, мир де Ситтера, решение мира де Ситтера было получено в 1917 году. В 1917 году Эренфест объяснил, почему Вселенная трехмерная. Потому что в четырехмерном мире (пространстве), пятимерном не может существовать планетных систем. По теории относительности, в двумерном, одномерном пространстве тоже не может существовать планетных систем, там просто нету никакого гравитационного притяжения на большом расстоянии между телами. Только в трехмерном пространстве могут быть планеты, атомные системы, поэтому как только мир станет десятимерным, so sorry, значит в этом мире жить мы не можем... Значит, возникнет такой пузырек, начнет расширяться, стенки его будут двигаться на нас со скоростью равной скорости света; в момент, когда мы увидим эту стенку, в этот момент мы перестанем что-то видеть. Так что никому об этом больше не расскажем. Один вариант. Но все-таки это будет нормальное стабильное пустое состояние, мир Минковского, десятимерный. Если бы там остался кто-нибудь, то он мог бы гулять в девяти разных направлениях. Второй вариант состоит в том, что распад может произойти в так называемый мир анти-де Ситтера — это мир, в котором плотность энергии вакуума отрицательна. Возникает пузырек, внутри которого плотность энергии вакуума отрицательна. Мир, который возник таким

образом... Математики, которые описывают мир анти-де Ситтера, они обычно говорят про бесконечно существующий мир анти-де Ситтера. Но мир с отрицательной космологической постоянной, возникший внутри пузыря, он предстает из себя вселенную, которая будет коллапсировать довольно быстро, — просто всё уйдет в сингулярность.

Поэтому у нас есть два не веселых варианта. Первый вариант — это то, что мы все перейдем в десятимерное пространство и умрем там, таким образом. Второй вариант — это то, что мы перейдем в этот мир анти-де Ситтера, в некотором смысле, и коллапсируем довольно быстро. Веселых вариантов у нас никогда не было. В открытой Вселенной Вселенная становилась бесконечно пустой, и мы там замерзали, умирали. В закрытой Вселенной мы все умирали в пламени. Нам не привыкать... Мы, наверное, исчезнем — каждый из нас исчезнет персонально — гораздо раньше, но все-таки хорошо бы подумать о будущем Вселенной в целом. И вот это единственный кусок, ну... хороший. Благодаря тому, что Вселенная является самовосстанавливающейся, благодаря тому, что она производит всё новые и новые части Вселенной во всех ее возможных комбинациях, Вселенная в целом и жизнь в целом никогда не исчезнет — согласно тому, что мы думаем сейчас.

Поскольку этой теории не существовало 25 лет назад, то надо понимать, что ко всему тому, о чём я говорил, надо относиться с некоторым чувством юмора. Но не ко всему, потому что за часть из этого люди уже получили Нобелевские премии, и они не захотели бы, чтобы вы относились с чувством юмора к этим вещам... Поэтому есть часть вещей, которые мы знаем наверняка. Наверное, что-то типа инфляции происходило. Наверное. Очень маловероятно, что мы можем объяснить все вещи, которые мы видим, без этого дела.

Что касается всей этой многоликостью Вселенной... Есть ли у нас вообще какие-нибудь экспериментальные свидетельства того, что это происходит? Учтем, что мы никогда в жизни не увидим те части Вселенной, где физика другая. А если мы увидим, то мы тут же умрем. Ну, я объяснил: потому что стенка нас накроет, мы перейдем в другой мир, после этого нас никто не спросит... Поэтому прогнозы экспериментального обнаружения частей Вселенной с другими свойствами — они не очень большие. Есть ли у нас какие-нибудь экспериментальные свидетельства тому, что эти части существуют?

Но ведь для того, чтобы ответить на этот вопрос, — а сейчас, как вы уже видите, начался сезон вопросов и ответов — я задаю вопросы и я отвечаю... — так вот, был вопрос, который в свое время сформулировал Яков Борисович Зельдович. Вообще приятно подумать... Он был гигант науки, без которого всей картины не было бы. И вот он сказал следующее: есть ли какие-нибудь свидетельства — экспериментальные свидетельства — нестабильности протона? Нестабильность протона — это часть теории великого объединения. Что действительно не полностью есть разница между лептонами и барионами, она возникла за счет того, что возникло некое тяжелое скалярное поле, но в принципе протон мог распадаться. И люди сделали, там, пещеру, налили туда воду — воду, потому что она протоны создает, — поставили детекторы и стали смотреть, не распадается ли протон. Никто никакого распада не увидел, тем не менее, люди верили, что эта теория правильная. И вот Зельдович, как я сказал, спрашивал: есть ли какие-нибудь экспериментальные свидетельства распада протона? И тут же любил отвечать... Ну, я переформулирую его ответ немножко в более характерной форме, чем он сам обычно это говорил: «Да, есть экспериментальные свидетельства распада протона — это то, что параллельные линии не пересекаются». Вот примерно такая же реакция... «Что за ерунда? Тут протон, а тут параллельные линии...»

А вот. Зачем нам понадобилась инфляционная Вселенная? Нам надо было объяснить, почему параллельные линии не пересекаются. Единственный способ это объяснить — это сделать эту стадию инфляции, за счет которой наша Вселенная становилась такой огромной. Но эта же стадия инфляции приводила к нулю исходный избыток протонов над антипротонами. До работы Сахарова 1967 года все нормальные люди верили, что Вселенная с самого начала имела больше протонов, чем антипротонов. После работы Сахарова 1967 года все нормальные люди, за исключением Сахарова, продолжали в это же верить. Это изменилось примерно в семьдесят шестом, седьмом, восьмом, девятом году, после того как возникла теория великого объединения

и люди стали относиться к таким возможностям более серьезно, выяснили, что да, действительно, это можно сделать, можно образовать избыток материи над антиматерией, начиная со Вселенной, где всё будет симметрично, где не было избытка протонов над антипротонами. Так вот, для того чтобы это сделать, надо было бы, чтобы барионное число не сохранялось. А если барионное число не сохраняется, то ничто не мешает протону распадаться.

Так вот, цепочка рассуждения такая: если вы хотите объяснить, почему параллельные линии не пересекаются, вы должны иметь инфляцию. Если вы имеете инфляцию, то прежде объяснение того, почему у вас есть материя и нет антиматерии, — объяснение такое: а она с самого начала была, материя, — это объяснение не работает. Потому что даже если сначала была материя, после инфляции ее уже больше не было, и ее надо было создать. Единственный способ создать ее опирается на возможность, что барионы не сохраняются, барионное число не сохраняется. Таким образом, свидетельство несохранения барионного числа — это тот факт, что параллельные линии не пересекаются, потому что единственное объяснение этому делу — инфляция... Понятно, да? Так, общая логика...

Это парадоксальный способ задавать вопросы и отвечать на них. Многие вопросы, которые инфляция пыталась решать, — их никто и не считал серьезными долгое время. Сейчас, когда мы говорим про эту «мульти-Вселенную», откуда мы знаем, что эта картина имеет смысл, помню того, что она естественно возникает в теориях такого типа? В теории струн, в теории инфляции... Есть ли экспериментальное свидетельство? А посмотрите: масса электрона в 2000 раз меньше, чем масса протона. Почему? Масса протона в 100 раз меньше, чем масса дабл-ю-бозона (w-бозона) — примерно. Почему это так? Масса протона и масса нейтрона примерно одинаковы, не дай Бог нарушить этот баланс. Если мы изменим массу электрона в 2 раза, жизнь нашего типа станет невозможной. Если мы изменим заряд электрона в 2 раза, жизнь нашего типа станет невозможной. Если мы изменим энергию вакуума в 100 раз, жизнь нашего типа станет невозможной. Если мы изменим, рассогласуем соотношение между массой протона и массой нейтрона в несколько раз, чуть-чуть, жизнь нашего типа станет невозможной.

Выглядит так, что наша Вселенная специально сделана для нас — и это называлось антропным принципом. И ни один уважающий себя физик никогда в течение долгого времени не рассматривал такие вопросы всерьез. До некоторого времени, то есть всю историю Советского Союза; я знаю одного человека, который в Советском Союзе занимался антропным принципом, — Иосиф Леонидович Розенталь. И ходил я на его доклады так, из вежливости, и слушал, что он такое говорит, и понимал, что это нелепо. А потом, когда инфляция возникла, выяснилось, что можно сделать эту вещь. А почему это нелепо? Потому что никто нам не дал много вселенных, Вселенная нам дана вот одна, и всё. Вот ты в ней живешь, значит, не задавай много вопросов.

Выяснилось, что инфляционная космология дает возможность создать много разных типов Вселенной. И тогда в одной из них электроны, может быть, тяжелее, и электромагнитная константа связи, может быть, тяжелее — это вот то, с чем я и пришел на этот самый ученый совет, когда меня утверждали на старшего научного, и утвердили. Так вот, оказывается, возможно обсуждать вопрос о том, в какой Вселенной мы живем: мы живем в той Вселенной, где мы можем жить, а их  $10^{1000}$  типов, и в одном из них существовали электроны такие как нужно, протоны такие как нужно... То есть для того, чтобы мы могли задавать эти вопросы, для того чтобы нам не говорить, что кто-то специально сделал Вселенную, которая создана для нашего удобства, для того чтобы избежать давать такой ответ на этот вопрос, мы тогда должны сказать, что у нас было много возможностей выбора. И вот эта Вселенная, этот вариант теории, в котором есть много возможностей, он позволяет ответить на вопросы такого типа. То есть это экспериментальное свидетельство — космологическая постоянная, энергия вакуума ничтожно мала. Единственный способ, который мы сейчас знаем, объяснить это — предположить, что эта теория многоликостью Вселенной справедлива.

**Андрей Дмитриевич Линде, профессор**

Стэнфордский университет (США)

Источник: <http://elementy.ru/lib/430484?context=2455814>



# ВСЕЛЕННАЯ

## Зачем человеку звёзды на небе?



Количество звёзд, видимых глазом на ночном небе, в первую очередь определяется устройством самого глаза: будь зрение немного острее, и звезд оказалось бы больше, будь оно чуть-чуть слабее, и мы бы не увидели ни одной звезды. Иллюстрация: Олег Сендюров / «Вокруг света» по фотографии Reid Parham ([SXC license](http://www.vokrugsveta.ru)). Данное и остальные изображения в тексте с сайта <http://www.vokrugsveta.ru>

### Из всех органов чувств самым важным для нас является зрение

Казалось бы, человеку не обязательно видеть звёзды на небе — без них вполне можно прожить. В космосе множество разных объектов и явлений, но мы их не замечаем без специальной техники. Почему же наш глаз видит звёзды, причем не две, не двести и не миллиарды, а несколько тысяч? Существует ли этому разумное объяснение?

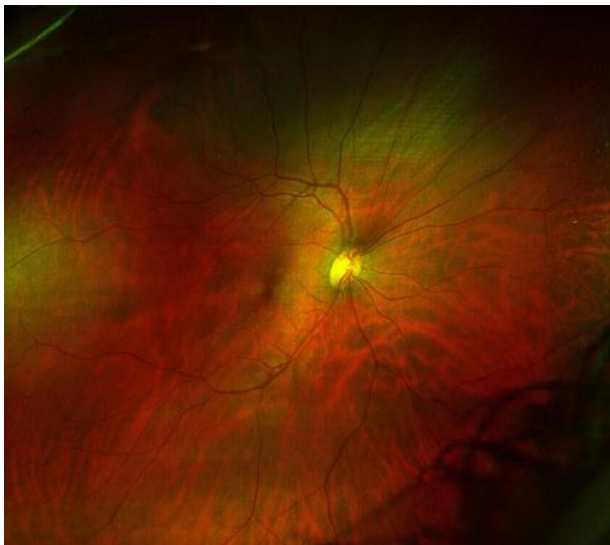
Одно из незабываемых впечатлений в жизни каждого человека — ясное ночное небо, в чёрной глубине которого сияют тысячи огоньков — звёзды. Они так прекрасны, что даже не возникает желания задуматься — а почему мы их видим? «Ну, как же иначе? — удивитесь вы. — Разве можно не видеть звёзд?» Очень даже можно! Яркость звёзд чрезвычайно мала. Даже у самых ярких среди них она находится вблизи порога чувствительности нашего зрения. Будь этот порог чуть-чуть выше, и на небе не было бы ни одной звезды. И при этом наше дневное зрение практически не потеряло бы своего качества. Днём мы бы

просто не заметили перемены в своем зрении. Тем не менее эволюция зачем-то дала нам способность видеть звёзды. Но зачем? Не для того же, чтобы некоторые из нас занимались астрономией...

Известно, что глаза далеких диких предков человека практически не отличались от наших. И не только глаза: не отличалась и вся центральная нервная система, на периферийной части которой глаза расположены. Значит, наши далёкие предки тоже видели звёзды. Но в повседневной жизни троплодита звёзды уж точно не играли никакой роли. Зачем же *Homo sapiens* (и не он один) видит эти ночные огоньки? Чтобы мое недоумение было понятнее, напомню: чувствительности нашего зрения не хватает, например, чтобы увидеть миллионы звёздных систем — галактик. С точки зрения эволюционной теории, это вполне закономерно: далёкие галактики никак не влияли на жизнь наших предков. Но мы не замечаем на небе даже астероидов, хотя сотни тысяч этих опасных микропланет носятся буквально у нас под носом, заполняя всю Солнечную систему. А звёзды глаз человека почему-то видит, хотя они ничем нам не угрожают и вообще (да простят меня астрологи!) не оказывают на нас никакого влияния. Способность видеть звёзды, казалось бы, никак не облегчает нам борьбу за существование. Или все-таки облегчает?

Один из важнейших принципов биологической эволюции — экономия ресурсов. Повышение чувствительности наших рецепторов, и соответствующее улучшение органов чувств — зрения, слуха или обоняния — требует дополнительных ресурсов, поэтому их чувствительность не поднимается выше того уровня, который обеспечивает необходимые эволюционные преимущества. На протяжении миллионов лет глазу довелось испытать множество метаморфоз, пока он научился видеть и днём и ночью:

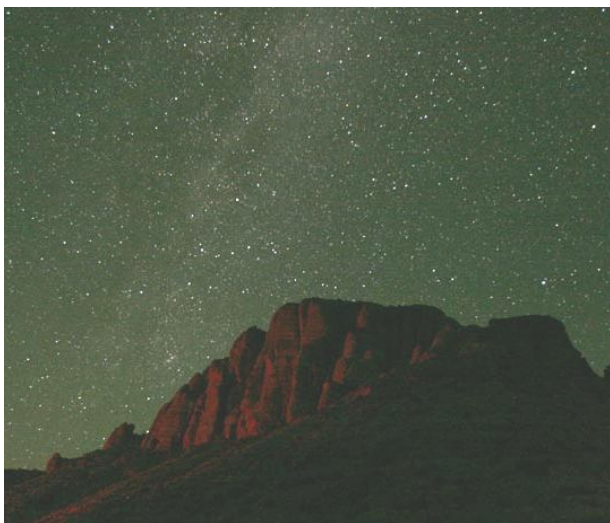
природе пришлось изрядно «потрудиться», создавая механизмы адаптации к яркому солнечному свету и механизмы регистрации слабого света звёзд. Неужели звёздная россыпь на ночном небе имела жизненное значение для предков человека и подобных ему животных?



*Сетчатка глаза, какой ее видит врач-офтальмолог, чем-то напоминает ночное небо в бурю, а желтое пятно с колбочками — бледную луну. Фото (Creative Commons license): Eliya*

Оказывается, имела. И вот почему. Ясно, что способность видеть не только днём, но и ночью — причем не только при луне, но и в безлунную ночь, когда единственным источником света служит само ночное небо, — дает видам важные преимущества в борьбе за существование. Ведь это только на первый взгляд ночное небо совершенно чёрное. Каждый, кто выглядывал ночью из палатки, знает, что ночное небо не абсолютно тёмное — оно слабо, но вполне заметно светится! Чтобы в безлунную ночь различать дорогу и силуэт врага или жертвы, минимальная чувствительность зрения должна соответствовать яркости ночного неба.

Астрономы установили, что примерно половина излучения ночного неба — это рассеянный свет звёзд. В большинстве своём это звёзды нашей Галактики, причём не все, а только те, что удалены от Земли не более чем на 3000 световых лет (более далекие звёзды скрыты за облаками межзвёздной пыли). А таких близких и видимых звёзд около 100 миллионов. Примерно столько же в сетчатке нашего глаза светочувствительных элементов — палочек. Поэтому далекие звёзды не видны по отдельности, а сливаются в сплошной темно-серый фон. Попробуем оценить, сколько звёзд в виде отдельных ярких точек на этом фоне сможет увидеть наш глаз.



*Небо в безлунную и безоблачную ночь совсем не черное. Хотя человеческое зрение и не способно различать многие миллионы звёзд, их совокупное свечение бывает для него полезно. Фото (Creative Commons license): Stephen Howard*

Следует учесть, что разрешающая способность глаза ночью ниже, чем днём. Причин две. Во-первых, при слабом свете зрачок глаза расширяется, и начинают сказываться дефекты роговицы и хрусталика, их отличие от идеальной оптической формы. Так бывает с фотоаппаратом, когда его при полностью открытой диафрагме не удастся навести на резкость. Во-вторых, при низкой освещённости мозг суммирует сигналы от нескольких соседних палочек, чтобы результирующий сигнал стал заметнее: поскольку качество картинки невысокое, эффективный размер «пикселей» можно укрупнить.

Существует несложный способ убедиться, что наш глаз искусно пользуется приемом «чувствительность за счёт качества». Как известно, яркое и чёткое изображение возникает только в центре поля зрения. Если мы смотрим на предмет в упор, то видим его мельчайшие детали, но стоит немного отвести взгляд в сторону, как изображение расплывается, и мелкие детали становятся неразличимы. Зато недостаток чёткости «бокового зрения» компенсируется его большей чувствительностью к свету: часто тусклую звезду, невидимую «в упор», легко различить боковым зрением, если немного отвести взгляд в сторону.

Итак, на каждый зрительный элемент сетчатки нашего глаза попадает свет от нескольких далеких звёзд, примерно от дюжины. Чтобы изображение близкой звезды проявилось на этом фоне как яркая точка, она должна освещать глаз в десятки раз сильнее этой группы далеких звёзд, то есть в сотни раз сильнее, чем каждая из них в отдельности. Зная основной фотометрический закон — освещённость падает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника света, — нетрудно вычислить, что такая «заметная» звезда должна быть раз в 20–30 ближе, чем далекие 100 миллионов звёзд фона. Много ли таких близких звёзд, да и есть ли они вообще?

Если радиус сферы уменьшить, для определенности скажем, в 25 раз, то её объём уменьшится в  $25^3 \approx 15$  тысяч раз. Легко видеть, что из 100 миллионов звёзд, равномерно распределённых в пространстве и освещающих наше небо, в этой малой сфере вокруг нас остаётся около 7000 светил. Именно они должны быть заметны нашему глазу как яркие точки на однородном фоне ночного неба. Удивительно, но наш приблизительный расчёт оказался весьма точен: именно столько звёзд видит здоровый глаз человека на чистом загородном небе. Вот так биологическая эволюция и борьба с ночными хищниками за свое существование подарила нам в итоге радость созерцания красоты звёздного неба.

Не такими уж бесполезными оказались звёзды. Они действительно освещают наш ночной мир. А теперь давайте пофантазируем. Нам, людям, ведущим дневной образ жизни, для пассивной защиты от хищников достаточно глаз, различающих несколько тысяч звёзд. Но ведь существуют ночные хищники, для которых тёмное время суток — это время активной жизни. Их глаза много чувствительнее наших. Вот бы увидеть ночное небо глазами совы!

Оказывается, в принципе, это возможно: уже не раз звучали предложения переделать глаз человека, чтобы он стал в сотни раз чувствительнее к свету. Дело в том, что природа не использовала всех своих возможностей. Человеческий глаз можно значительно улучшить. Для этого нужно заменить простой хрусталик качественной многослойной линзой большего диаметра и перевернуть светочувствительную поверхность глаза — сетчатку, которая сейчас почему-то расположена у нас задней стороной к свету. После этого мы без труда сможем увидеть миллионы звёзд Млечного Пути и даже другие далёкие галактики. Без всякого телескопа! Правда, человеку со «звёздными» глазами днём, скорее всего, придется ходить в плотных тёмных очках, спасаясь от яркого солнечного света.

Впрочем, не будем спешить. Возможно, природа когда-нибудь сама изберет этот путь. Если человечество начнет расселяться по планетам Солнечной системы, то на далёких от Солнца планетах смогут жить люди только со «звёздными» глазами.

А пока... Чтобы насладиться видом звёздного неба, нужно чуть-чуть больше узнать об устройстве глаза и использовать некоторые нехитрые приемы.





*Сова видит созвездие Ориона совсем не таким, каким его видит человек — и звёзд в нём больше, и светят они ярче. Иллюстрация автора*

Наш глаз — поразительный оптический прибор. Он совершенствовался миллионы лет и стал очень чувствительным и зорким. Восприимчивость глаза к слабому свету выше, чем у самой хорошей фотопленки и практически такая же, как у дорогой цифровой фотокамеры. Ночью глаз видит слабые звёзды, а днём спокойно переносит яркий солнечный свет, от которого вмиг чернеет любая фотопленка. И только очень дорогие объективы могут тягаться с нашим глазом по четкости изображения: здоровый глаз различает эти две точки двоеточия ( : ) в стандартном печатном тексте с расстояния 3–5 м. А угловое расстояние между ними — всего 1–2 угловых минуты!

А с дорогой техникой и обращаться надо осторожно. Яркий солнечный свет вреден для глаз: их надо прятать за темными стеклами очков. Ни в коем случае не смотреть прямо на Солнце, особенно через оптические приборы — бинокли и телескопы. Иначе недолго потерять зрение!

К наблюдениям ночного неба глаза нужно подготовить. Выйдя из ярко освещённой комнаты на тёмную улицу, сразу можно и не разглядеть звёзды. Не торопитесь, отойдите от фонарей и ярких окон и подождите минут пять-семь, пока глаза привыкнут к темноте, и на небе начнут «появляться» сначала яркие, а затем все более тусклые звёзды.



*Паук-скакун. Глаза паукообразных, насекомых и иных членистоногих устроены совсем не так, как глаза млекопитающих. И видят они соответственно совсем другое. Фото (Creative Commons license): James Jordan*

Не только человек видит небо — его видят все животные и даже растения; но все — по-разному. У каждого живого



существа основой зрения служат светочувствительные клетки. Но в остальном конструкция глаз различается очень сильно. У растений и некоторых простых животных вообще нет глаз как отдельного органа. Например, у дождевого червя одиночные светочувствительные клетки распределены по всей поверхности тела. Поэтому он не видит изображения, а лишь чувствует, с какой стороны от него светлее. Днём он может заметить свет неба и определить, что выбрался на поверхность земли, но не более того. А вот на теле пиявки небольшие скопления зрительных клеток окружены стрех сторон темным непрозрачным пигментом; поэтому к зрительным клеткам свет проникает только с одной стороны, и пиявка может заметить движение жертвы или хищника, а возможно, и бегущие по небу облака.

Даже у высокоразвитых животных глаза сильно различаются чувствительностью к свету и чёткостью восприятия. Например, у ночных животных — крыс или сов — зрение намного чувствительнее, чем у человека; для них небо усеяно звёздами гораздо гуще, чем для нас.

Зато по остроте зрения у человека почти нет соперников. Пожалуй, в этом отношении ему не уступают лишь обезьяны, крысы и хищные птицы. А вот кошка, курица или лошадь видят во много раз менее чётко. Что уж говорить о хомячке или пчеле, которые не могут различить даже диски Луны и Солнца: эти светила кажутся им такими же «точками», как нам звёзды или планеты. Кстати, обычный человек не отличит звёзду от планеты: они нам кажутся точками одинакового размера. Но встречаются счастливицы с особенно острым зрением, которые видят спутники Юпитера и даже Венеру в форме серпа (ведь у нее те же фазы, что и у Луны).

С другой стороны, мелкая пчела или стрекоза, хоть и не могут похвастаться особенно резким зрением, зато различают движения в 10–20 раз более быстрые, чем может различить человек. Для человека полет по небу метеора или вспышка молнии длятся мгновение, а для стрекозы это целый кинофильм.

**Так что не будем особенно восторгаться своим зрением, а лучше станем его беречь и тренировать. Ведь оно дарит нам такое наслаждение, как созерцание звёздного небосвода!**

**Владимир Георгиевич Сурдин, ГАИШ**

Статья адаптирована с сайта <http://www.vokrugsveta.ru> с разрешения сайта на <http://www.vokrugsveta.ru/telegraph/cosmos/537/> и автора статьи. Журнал «Вокруг Света»: Зачем человеку звёзды на небе

## Планета Венера



Вид планеты Венера без облачного покрова. Фото NASA.  
Изображение с сайта <http://www.great-galaxy.ru>

### Ярчайшая и двулика

Нередко по вечерам, сразу же после захода Солнца, в западной части небосклона бывает видна очень яркая звезда. В другие дни похожая звезда появляется утром, на фоне рассвета, в восточной стороне неба. Это Венера – самое яркое после Солнца и Луны светило на нашем небосводе. Строго говоря, Венера не звезда, а планета; она не излучает собственный свет, как звезды, а лишь отражает падающий на нее солнечный свет. Это ближайшая к Земле из всех планет Солнечной системы. Она расположена между Солнцем и Землей. Среднее расстояние от нее до Солнца 108 млн. км. Минимальное расстояние между Землей и Венерой составляет 40 млн. км, что в два раза меньше расстояния от Земли до Марса.

Из-за положенная ее между Солнцем и Землей, Венера видна нам только по утрам и вечерам, находясь «вперед» восходящего или «позади» заходящего Солнца. Такая особенность наблюдений Венеры с Земли породила в прошлом представление о ней, как о двух самостоятельных светилах – утреннем и вечернем, что нашло отражение в названиях Венеры у разных народов, данных отдельно утренней звезде и отдельно – вечерней. Это Эосфор («несущий утро») и Геспер («вечер») у древних греков, Ютженка и Вечорница у поляков, Аушрине и Вакарине у литовцев, Утреница и Вечерница у русских, Тан йондозо и Энер йондозо у башкир, Зорняча и Вечерняча у сербов и хорватов, Моргенштерн и Абендштерн у немцев, Масасси и Моронго у макони в Зимбабве ... Ряд названий этой планеты связан с ее яркостью. Таковы, например, арабское Зухра («блестящая») и якутское Уоттах сулус («огненная звезда»).

На утреннем небосклоне, предвеляя восход Солнца, Венера сияет 263 дня. Затем она подходит очень



близко к Солнцу и его яркость не позволяет видеть планету в течение 50 дней. После этого Венера появляется вечером, вскоре после заката и ее снова можно наблюдать 263 дня, пока она не скроется на 8 дней, оказавшись между Землей и Солнцем. В это время к нам будет обращена неосвещенная сторона планеты. Затем Венера вновь окажется на утренней стороне неба и весь цикл повторится. Даже в небольшой телескоп хорошо видны фазы Венеры, которые первым наблюдал Галилео Галилей 400 лет тому назад.



Венера и Луна на вечернем небе 1 декабря 2008 года. В этот вечер произошло покрытие Венеры Луной. Фото Иоганн Шедлер (Обсерватория Пантер <http://panther-observatory.com/>). Врезка: Винсент Жак <http://vjac.free.fr/skyshows/> Изображение с сайта <http://www.astronet.ru>

## Ленивый близнец Земли

Из всех планет Солнечной системы Венера – самая похожая на нашу Землю. Она выглядит как близнец Земли, по крайней мере, по размеру – ее радиус равен 6051 км, что составляет 0,95 радиуса Земли. Объем Венеры – 0,9 объема Земли, а масса – 0,8. Средняя плотность Венеры – 0,95 от земной, а сила тяжести на ее поверхности составляет 0,9 от той, что есть на Земле. Несмотря на такое общее сходство, у этих двух планет множество различий. Это делает весьма привлекательным исследование Венеры, поскольку данные о ее развитии могут быть использованы для сравнительного анализа двух планет и прогноза эволюции Земли.

Вращается вокруг своей оси Венера очень медленно – Земля уже успеет повернуться 243 раза, а она – только один. Да притом еще и вращается не с запада на восток, как все планеты (кроме Урана), а с востока на запад. Таким образом, окажись наблюдатель на поверхности Венеры, он увидел бы рассвет на западе и закат на востоке. А вот самого Солнца увидеть бы не удалось из-за постоянного сплошного слоя облаков над всей планетой и сильного рассеивания света плотной атмосферой. Медленное вращение планеты вокруг оси в сочетании с ее движением по орбите вокруг Солнца приводит к тому, что венерианский день длится 58 земных суток, столь же долгая

там и ночь, т.е. солнечные сутки на Венере равны 116 земным.

## На Венере – с кусочком сахара

До космических полетов представления об условиях на Венере были самые разнообразные. Не были достоверно известны ни температура ее поверхности, ни давление и состав атмосферы, хотя какие-то неуверенные определения астрономами и делались, но и они относились лишь к надоблачной, весьма разреженной части атмосферы. А вот как выглядит ее рельеф планеты, есть ли там горы и моря – этого известно не было вовсе. Не удавалось точно определить даже диаметр планеты из-за того, что она постоянно окутана облаками и твердую поверхность в телескоп не видно. Данные разных авторов расходились настолько сильно, что один известный астроном, опубликовав в научном журнале результаты сравнения этих данных, дал своей статье совершенно ненаучный заголовок – «Где правда о планетах?».

Считалось, что раз уж Венера расположена близко к Солнцу и окутана облаками, то там часто идут обильные дожди и должно быть жарко и влажно. Предполагалось, что повсюду на планете, от экватора до полюсов, болотистая местность с густыми, вроде джунглей на Земле, зарослями каких-нибудь необычных растений вроде гигантских хвощей ростом с пальму. О такой необычности даже слагали стихи, например, Николай Гумилев: «На далекой звезде Венере солнце пламенной и золотистой; на Венере, ах на Венере у деревьев синие листья...». А некоторые ученые полагали, что там могут быть моря из нефти. Называли Венеру и планетой гроз (поскольку на ней есть облака), и планетой багровых туч (поскольку должны же эти облака иметь какой-то цвет), и планетой загадок (поскольку о том, что скрыто под облаками ничего не было известно).

Такая неопределенность нашла свое отражение в том, что первые космические станции серии «Венера», запущенные в СССР в 1960-е гг., конструировались в расчете на посадку как на твердую, так и на жидкую поверхность. У них предусматривалась даже плавучая радиоантенна, закрепляемая в нише на корпусе станции с помощью «сахарного замка». В случае посадки в жидкость, этот затвердевший сахарный сироп должен был раствориться и высвободить антенну, чтобы она всплыла на поверхность и уже оттуда транслировала радиосигналы со станции на Землю.

## Коварная соседка

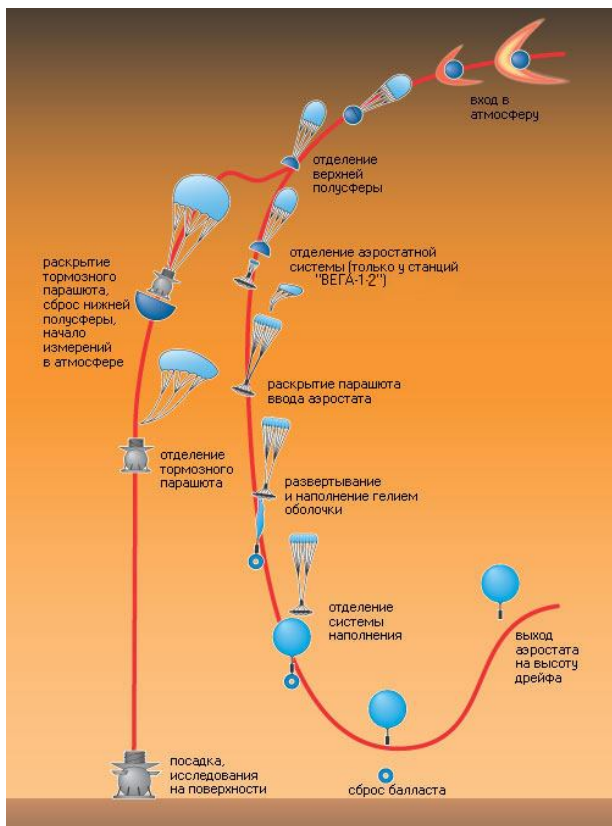
Первые измерения непосредственно в атмосфере Венеры выполнила советская автоматическая станция «Венера-4» 18 октября 1967 г. С тех пор еще полтора десятка наших и американских автоматических станций летали к Венере. Они провели исследования путем дистанционной съемки ее поверхности с орбит искусственных спутников при помощи радиолокаторов (радаров), а также и прямыми измерениями в атмосфере и на поверхности.



Вид АМС «Венера-14». Такой же вид имели аппараты серии «Венера», начиная с «Венеры-9». Изображение с ресурса <http://www.geokhi.ru/~meteorit/burba-ven.html>

Наша небесная соседка встречала посланцев Земли весьма негостеприимно – станция «Венера-4», не

долетев на парашюте около 25 км до поверхности, была попросту раздавлена чудовищным атмосферным давлением, о котором до тех пор и не подозревали. После этого были внесены изменения в конструкцию последующих станций, и они благополучно опускались на поверхность Венеры. Для повышения надежности исследований запуски автоматических станций «Венера» нового поколения стали дублировать. Их отправляли в полеты попарно, с интервалом в несколько дней. Поэтому в описании результатов, полученных этими станциями, они часто упоминаются по двое: 9 и 10, 11 и 12, 13 и 14, 15 и 16.



Схематическое изображение этапов спуска на поверхность Венеры АМС серии «Венера». Изображение с ресурса <http://www.geokhi.ru/~meteorit/burba-ven.html>

На поверхности Венеры температура атмосферы оказалась чрезвычайно высокой, около 750 К (или +480°С), а атмосферное давление почти в 100 раз выше земного. Чтобы обеспечить условия для работы научных приборов в столь агрессивной среде, при полете к планете автоматические станции стали специально охлаждать. Это требовалось для продления времени работы электронных устройств на поверхности Венеры, где, несмотря на мощную теплоизоляцию корпуса станции, происходило очень быстрое нагревание его, а затем и упрятанной внутри него аппаратуры. Перегрев приборов приводил к выводу их из строя и прекращению радиосвязи с Землей. Станции «Венера-7» в 1970 г. удалось проработать на поверхности Венеры около получаса, станции «Венера-8» в 1972 г. – уже 50 минут, и, наконец, «Венере-13» в 1982 г. – 2 часа 7 минут! Это время пока остается рекордным для работы электронных приборов в обстановке столь чудовищного пекла.

## Атмосфера Венеры – от Ломоносова до Флоренского

То, что Венера окружена довольно толстой газовой оболочкой – атмосферой – было обнаружено в 1761 г. М. В. Ломоносовым. Открытие было сделано им в Санкт-Петербурге во время наблюдения в телескоп за тем, как Венера проходила на фоне диска Солнца. Он увидел, что, когда Венера приблизилась к краю Солнца, но еще не оказалась на его фоне, вокруг нее образовалось яркое кольцо. Когда же планета стала удаляться от Солнца, то было впечатление, что на краю Солнца вырос светящийся бугор, в центре которого была Венера. Этот бугор отделялся от края Солнца постепенно, подобно тому, как

капля меда стекает с ложки, а оторвавшись сразу же перестал светиться. Ломоносов объяснил данное явление наличием вокруг Венеры газовой оболочки – атмосферы, которая преломляет и рассеивает проходящий сквозь нее солнечный свет.



Прохождение Венеры по диску Солнца 8 июня 2004 года. Любительское фото.

В тот день еще 120 астрономов в разных странах наблюдали за Венерой. Многие из них отметили образование светлой каймы вокруг планеты, но только Ломоносов дал правильное истолкование этого явления. С тех пор это довольно редкое астрономическое событие повторялось лишь четырежды – в 1769, 1874, 1882 и 2004 гг. Ближайшее прохождение Венеры по диску Солнца произойдет 6 июня 2012 г. Полностью оно будет видно в Сибири, Восточной Азии, Австралии, на островах Тихого океана и на Аляске, а частично – в Европе, Индии, Северной и Восточной Африке и Северной Америке.

Химический состав атмосферы Венеры впервые достоверно определила автоматическая станция «Венера-4» спустя два с лишним века после открытия Ломоносова. Это было сделано с помощью газоанализаторов Флоренского. Устройства эти были созданы в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Академии наук Кириллом Павловичем Флоренским (1915 – 1982) лет за десять до полета к Венере и использовались им в экспедиционных условиях при изучении газовых выделений на Средне-Сибирском плоскогорье. На автоматической станции «Венера-4» в межпланетную экспедицию было отправлено 11 таких устройств – стеклянных капсул небольшого размера, простых по конструкции, но очень надежно работающих. Они показали, что атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа (97% CO<sub>2</sub>, 2% азота N<sub>2</sub> и 1% приходится на пары воды H<sub>2</sub>O и некоторые другие газы). Такой состав резко отличается от преимущественно азотной атмосферы Земли (78% азота N<sub>2</sub>, 21% кислорода O<sub>2</sub>, 0,9% аргона Ar и 0,03% углекислого газа CO<sub>2</sub>).

Флоренский в 1969 г. основал Лабораторию сравнительной планетологии и провел со своими сотрудниками первые геолого-геохимические исследования Луны, Венеры и Марса, результаты которых были обобщены в книге «Очерки сравнительной планетологии» (М.: Наука, 1981). Эта книга не потеряла своей актуальности и по сей день, представляя собой всеобъемлющее введение в планетологию. Несколько лет назад Европейский геофизический союз учредил медаль Ранкорна – Флоренского, названную именами английского и российского исследователей планет. За выдающиеся научные работы по планетологии каждый год присуждается одна такая медаль.

## В горячих и крепких объятиях

Чрезвычайная жара (+480°С) царит у поверхности Венеры повсеместно – там практически отсутствуют перепады температуры от дня к ночи (не более 1°) и от экватора к полюсам (не более 12°), т.е. условия на поверхности Венеры напоминают хороший термостат. А вот



с высотой уменьшение температуры более ощутимо – на вершинах наиболее высоких гор почти на 100° «холоднее», чем на низменностях. Но по земным меркам это все равно страшная жара. Такая ситуация на Венере резко контрастирует с наблюдаемыми на Земле значительными изменениями температуры воздуха – как от экватора к полюсам, так и при обычных суточных колебаниях от дня к ночи.



Атмосфера Венеры. Высота нижнего слоя 70 км, среднего – от 70 до 100 км и верхнего – от 100 до 200 км. Изображение с ресурса <http://www.geokhi.ru/~meteorit/burba-ven.htm>

Атмосферное давление на поверхности Венеры почти в 100 раз выше, чем на Земле. Оно равно давлению воды в земных океанах на глубине около 1 км. Плотность атмосферы у поверхности Венеры примерно в 67 раз больше, чем плотность воздуха у поверхности Земли. 40% массы атмосферы находится в пределах 10 км от поверхности Венеры. Можно сказать, что воздух там в определенной степени вязкий. Движение в такой плотной газовой среде в какой-то степени должно напоминать перемещение в воде. Если вообразить человека на Венере, то он ясно ощущал бы там сопротивление воздушной массы движениям своего тела. Отчасти это сравнимо с тем, как действует на нас давление сильных порывов ветра.

### «Жулик» с пружинным сердцем

Казалось бы, что на раскаленной поверхности Венеры могут работать только устройства, надежно укрытые внутри защитного корпуса станции. Однако, конструкторы, вдохновленные успехом работы на Луне передвижного аппарата «Луноход», создали ему небольшого, размером с обувную коробку, младшего брата, которому предстояла работа в условиях Венеры. Задачи у «венерохода» были поскромнее – он должен был отойти от станции лишь на несколько метров, переступая своими стальными «ногами», похожими и на лыжи, и на гусеницы из-за сделанных на них поперечных выступов. Двигался он весьма своеобразно. Сначала одна опора поднималась над поверхностью, продвигалась в воздухе горизонтально вперед и мягко опускалась на грунт, а затем такой же цикл проделывала другая опора, перемещая весь корпус вперед мелкими шажками. За такую крадущуюся походку этот агрегат прозвали «жуликом». По изображениям на телевизионной панораме следов от его «гусениц», можно

было бы получить сведения о механических свойствах грунта Венеры. Самый сложный для жарких условий Венеры вопрос – о двигателе – был решен удивительно простым способом. Энергию для движения «венерохода» должна была давать предварительно закрученная в «улитку» плоская стальная пружина, подобная тем, что стояли в старых часах-будильниках. Такой «венероход» был полностью автономным и не боялся никакой жары. Устроен он был предельно просто – стальная корпус с опорами-лыжами по бокам, а внутри него лишь пружина-двигатель. Однако, по ряду причин «жулику» так и не суждено было отправиться в полет.

### Стальная шляпа вместо парашюта

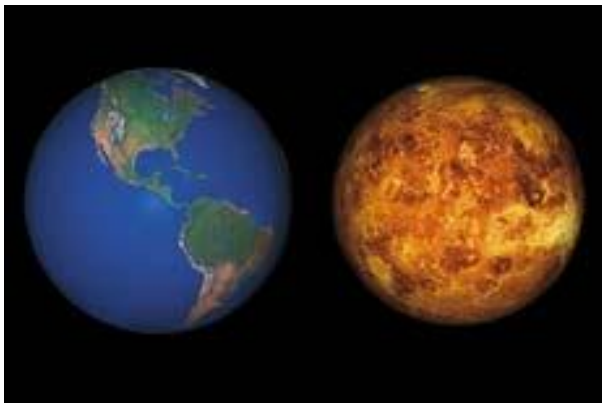
После того, как первые автоматические станции надежно установили параметры атмосферы Венеры, коренным образом была изменена схема посадки на планету. Если раньше станции весь путь сквозь атмосферу проделывали на парашюте, то теперь он требовался только для начального торможения при входе в атмосферу. Начиная с 1975 г. восемь станций нового поколения (от «Венеры-9» до «Венеры-14», а также «Вега-1» и «Вега-2») отстреливали тормозной парашют на высоте 50 км над поверхностью планеты и далее совершали свободное падение. Атмосфера Венеры очень плотная, поэтому было вполне достаточно того сопротивления, которое оказывала сама станция – шарообразная капсула диаметром 1 м, к верхней части которой прикреплен, наподобие шляпы на голове, металлический диск диаметром 2 м. Своей формой он напоминал вывернутый вверх порывом ветра зонтик. Тягучий воздух Венеры обтекал снизу вверх шар, а затем диск, гася скорость падения. Посадка под таким «зонтиком» происходила достаточно мягко – оставались неповрежденными даже лампы в фарах, предназначенные для подсветки поверхности во время съемки панорамы окружающего станцию ландшафта. Еще одна «хитрость» для смягчения удара о поверхность заключалась в посадочном кольце. Этот металлический «бублик» диаметром 170 см и толщиной 12 см и закрепленный под днищем станции, был полым и в момент удара тяжелой станции о каменную поверхность планеты сминался, чем и смягчали воздействие удара на аппаратуру, расположенную внутри корпуса.

### Хмурое утро, сумрачный полдень

Для того, чтобы определить возможность проведения телевизионной съемки венерианского пейзажа, требовалось измерить освещенность на поверхности планеты. Были опасения, что туда доходит слишком мало солнечного света, поскольку его сильно отражают и рассеивают облака и плотная атмосфера. В 1972 г. «Венера-8» определила, что освещенность на поверхности примерно такая, как в сумерки пасмурного дня на Земле. Эти измерения были выполнены ранним утром по венерианскому времени, когда Солнце было еще низко над горизонтом. Поэтому было сочтено, что освещенность на Венере в полдень, при высоком положении Солнца будет вполне достаточной для телевизионной съемки.

Три года спустя к планете были отправлены первые две станции нового поколения – с теми самыми металлическими зонтиками. Это были «Венера-9» и «Венера-10». Они совершили посадку на планету, когда там была середина дня. Конечно, даже полдень на Венере соответствовал по свету лишь сумеркам ясного дня на Земле. Но станции успешно передали телевизионные панорамы. На них впервые предстал вид поверхности Венеры, столь долго скрытый от взгляда землян. Оба аппарата опустились на каменную поверхность очень темного цвета, буквально, такого же, как уголь. В месте посадки «Венеры-9» это оказалась россыпь плитчатых камней поперечником от нескольких сантиметров до полуметра, расположенная на довольно крутом склоне в 15-20°. «Венера-10» опустилась на ровном участке, оказавшись на поверхности одного из массивов скальных пород, который местами присыпан мелкими обломками вроде щебня. Неподалеку тянулись такие же обширные плоские выходы скал. Каждая из станций передала черно-белую панораму с обзором в 180°. Снимки стали настоящей сенсацией среди ученых – ведь впервые удалось увидеть поверхность самой неведомой из планет.

## Оранжевое Солнце, оранжевое небо, оранжевые камни



Сравнительные размеры Земли и Венеры. Изображение с ресурса <http://www.geokhi.ru/~meteorit/burba-ven.htm>

Спустя семь лет после получения первых черно-белых панорам удалось увидеть пейзаж Венеры во всей красе – была сделана цветная панорамная съемка ландшафтов в двух районах планеты при помощи станций «Венера-13» и «Венера-14». На этот раз панорамы были уже полными – по 360°. Они показали, что небо Венеры имеет светло-оранжевый цвет. Такой же оттенок и у камней и грунта на поверхности, хотя они очень-очень темные, почти черные.



Открытки с другой планеты. Первые цветные снимки Венеры, полученные аппаратурой спускаемого аппарата советской межпланетной станции «Венера-13». Изображение: «Популярная механика» <http://www.popmech.ru> с сайта <http://elementy.ru>

В результате неоднократного зондирования этой оранжевой атмосферы при пролетах сквозь нее автоматических станций была установлена следующая картина ее строения. Облачный покров Венеры трехслойный: на высотах от 70 до 90 км находится разреженная стратосферная дымка, на 50-70 км расположен основной облачный слой, а высоты от 30 до 50 км заняты подоблачной дымкой. Основной облачный слой неоднородный – местами он гуще, местами более прозрачный. Он желтоватого цвета и обладает очень высокой яркостью, отражая около 80% падающего на него света. Такая величина сопоставима с отражательной способностью кучевых облаков в атмосфере Земли или ледяных полярных шапок на ее поверхности. В облаках содержатся аэрозольные частицы серной кислоты  $H_2SO_4$  диаметром 2-3 микрона (мк, мкм), а также водяной пар. Температура в этом слое около 250 К (около  $-20^\circ C$ ). Измерения с космических станций показали, что даже в самой плотной части основного слоя облаков, на высотах 57-61 км, его можно сопоставить с земным слабым туманом или дымкой, поскольку дальность видимости в нем составляет 1-3 км.

Наиболее резкая граница изменения физических параметров в облачном покрове Венеры (освещенность, плотность, прозрачность и др.) происходит на уровне 50 км, где лежит нижняя граница облаков. Структура облачного слоя на дневной и ночной сторонах планеты различная. Постоянный ярус облаков существует только выше уровня  $50 \pm 2$  км. Расположенный ниже него слой облаков, который стали называть подоблачной дымкой, имеет иной химический состав и появляется только в ночное время, распространяясь вниз до уровня 37 км к полуночи и до 30 км к рассвету, а затем к полудню эта дымка рассеивается.

Облачный слой стремительно перемещается с востока на запад над медленно вращающейся планетой, делая один оборот вокруг нее за четверо земных суток. Ветры в нем на высотах 50-60 км достигают сверхураганных

(т.е. более 12 баллов) скоростей 100-110 м/с (около 400 км/час). С приближением к поверхности, начиная с высоты 20 км, скорость ветра резко уменьшается и на высоте 10 км составляет уже лишь 3 м/с (около 10 км/час). На самой же поверхности планеты, а точнее на высоте около 1 м над ней, ветер дует со скоростью от 0,5 до 1 м/с (2-4 км/час). На Земле это соответствует ветру в 1 балл, называемому по шкале ветров «тихим», который идет первым после штиля и воздействует лишь на дым, оставляя неподвижным флюгер. Однако надо иметь в виду, что на Венере это ветер из воздуха, который в 67 раз плотнее земного, поэтому создаваемое им давление гораздо больше.

Детальное изучения динамики облаков Венеры в течение длительного цикла выполнил в последние годы искусственный спутник «Венера-Экспресс», созданный Европейским космическим агентством ESA, и запуск с помощью российской ракеты «Союз-Фрегат» в 2005 г. с космодрома Байконур в Казахстане.

## «Контраст» почти не виден

Содержание кислорода в самом близком к поверхности планеты слое представляло большой интерес для понимания геохимических процессов взаимодействия горных пород с раскаленной атмосферой Венеры. Однако определить эту величину никак не удавалось, поскольку количество кислорода там ничтожно мало, и чувствительности приборов не хватало, чтобы его замерить. Требовалось какое-то оригинальное решение. Его нашел планетолог-геохимик К.П. Флоренский, чьи газоанализаторы еще в 1967 г. выполнили на станции «Венера-4» первое определение химического состава атмосферы. Теперь же он предложил установить образец какого-либо вещества прямо на поверхности станции и проследить за возможным изменением его цвета при контакте с раскаленным газом, что указало бы на содержание кислорода в количестве меньше определенной критической («пороговой») величины или больше нее.

Индикатор изготовили из небольшого кусочка мягкого жаростойкого материала, так называемой асбестовой бумаги, пропитав специально подобранным веществом – пированадатом натрия. Это натриевая соль отличается от обычной поваренной соли  $NaCl$  тем, что в ее состав, кроме натрия входит не хлор, а пятиокись ванадия. Свойства ее таковы, что в условиях Венеры она могла либо сохранить свой белоснежный цвет, либо почернеть. Зависело это только от количества кислорода в атмосфере планеты. Из-за такого свойства индикатор получил название «Контраст». Результаты измерений должны были поступить «попутно» с передачей телевизионной панорамы. Телекамера довольно медленно вела осмотр местности слева направо, поэтому индикатор установили в правой части станции, чтобы до того, как он попадет в поле зрения, успело пройти какое-то время, достаточное для того, чтобы произошла его химическое взаимодействие с атмосферным газом.

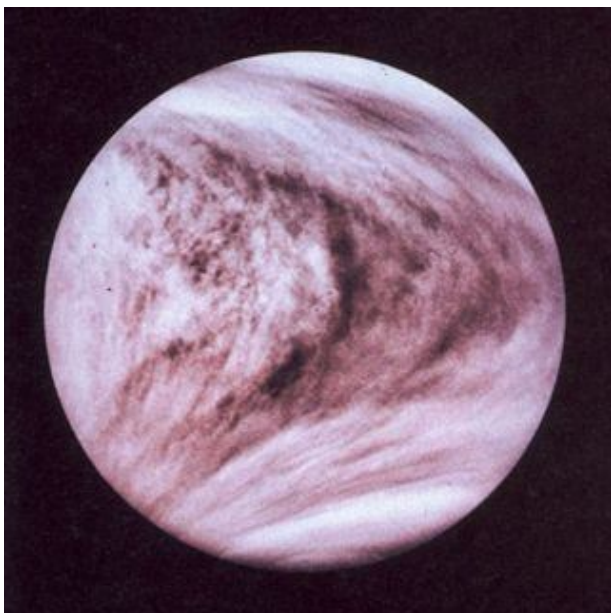
Первая попытка, сделанная в 1978 г., окончилась неудачно: ни на «Венере-11», ни на «Венере-12» из-за технического недочета не сбросились защитные кожухи, предохранявшие объективы телекамер от пыли, поднимавшейся в воздух при ударе станции о поверхность. Поэтому панорамных снимков местности получено не было, а без них не удалось увидеть и индикатор «Контраст». При второй попытке на «Венере-13» и «Венера-14», прилетевших на планету в марте 1982 г., почти все прошло безупречно. Сюрпризом стало лишь то, что на индикаторы, закрепленные на опорном кольце в 10 см над поверхностью планеты, во время посадки насыпался темный грунт, и на панораме невозможно было различить, остался ли сам индикатор белым или же потемнел. Пришлось провести тщательные спектрометрические измерения, чтобы «вычлесть» потемнение за счет насыпанного грунта. В результате было установлено, что индикаторы на обеих станциях почернели. Это говорило о том, что они подверглись так называемой восстановительной реакции, при которой у вещества происходит «отнятие» кислорода.

Данный эксперимент показал, что содержание кислорода близ поверхности Венеры ничтожно мало и выражается величиной с 20 нулями после запятой, следовательно, химическая обстановка на планете сугубо восстановительная. Полученные данные были использованы для геохимических расчетов возможности



существования на поверхности планеты тех или иных минералов. Сам же несгораемый индикатор, созданный для исследования атмосферы Венеры, некоторое время спустя нашел вполне земное применение. С его помощью выполнялся контроль газового состава в металлургической печи во время выплавки металла. Вот уж, действительно, козь жаростойкий, так полезай в пекло – хоть на Венеру, хоть в домну!

## Та, что дольше всех хранила тайну



Облачный покров Венеры скрывал поверхность планеты до начала Космической Эры. Изображение с сайта <http://solsys.ru>

Несмотря на то, что Венера – ближайшая к Земле планета, облик ее поверхности долго оставался недоступным взору человека. Уже были созданы карты всех других тел земной группы – Луны, Марса, Меркурия, уже были переданы на Землю с автоматических станций изображения спутников планет-гигантов Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, расположенных в десятки раз дальше, чем Венера, а наша небесная соседка все еще скрывала свой лик под непроницаемой облачной чадрой. Сплошной слой облаков в атмосфере Венеры не позволяет наблюдать поверхность этой планеты в оптическом диапазоне – ни в телескоп с Земли, ни телевизионными камерами с орбиты ее искусственного спутника, поэтому единственный способ получить изображение поверхности Венеры извне и составить ее карту – это радиолокационные наблюдения. Снимки, полученные радиолокатором (радаром) бокового обзора представляют собой изображения практически не отличающиеся от черно-белых фотографий или телевизионных снимков. Анализ таких радарных изображений – это главный способ изучения геологического строения поверхности Венеры. Важным дополнением к ним служат данные о высотах поверхности, получаемые с помощью радиовысотомера, когда радиосигнал посылается по вертикали к поверхности планеты, отражается от нее и принимается на борту спутника. По времени между посылкой радиосигнала и его приемом определяется высота спутника над планетой и строится карта высот поверхности.

## Русские карты помогают «Магеллану»

Первые подробные карты Венеры появились после проведенной в 1983-84 гг. радарной съемки со спутников «Венера-15» и «Венера-16». Аппаратура для этого была создана в Институте радиотехники и электроники Академии наук под руководством Олега Николаевича Ржиги, ученика того самого академика Владимира Александровича Котельникова, который в 1960-е гг. проводил первые опыты по радиолокации Венеры с Земли. На этих картах изображены детали размером до пяти километров в поперечнике. Впервые стало возможным изучить геологическое строение поверхности Венеры. Съемка охватила территорию в 115 млн. кв. км – это ¼

поверхности Венеры. Для этой северной части планеты – от 30 ° с.ш. до северного полюса – была составлена подробная карта на 27 листах и первый в мире атлас Венеры. В атлас вошли радарные фотокарты, топографические, геологические и структурные карты, а также указатель всех названий деталей рельефа, которые были присвоены в ходе исследований. Работа по созданию первых детальных карт планеты Венера и изучению на их основе геологического строения планеты была отмечена в 1989 г. присуждением Государственной премии СССР группе из 12 исследователей, в числе которых оказался и автор данной статьи.

Кроме этих детальных карт и атласа, была создана серия из трех обзорных карт по материалам тех же съемок. Эту работу провели совместно советские и американские специалисты в рамках первого международного проекта по внеземной картографии, проходившего под эгидой Академии наук СССР и НАСА. Автор данной статьи, картограф по специальности, был одним из четырех координаторов проекта. В этих работах участвовали сотрудники лаборатории сравнительной планетологии Института геохимии им. В. И. Вернадского и специалисты из отделения планетной картографии Геологической службы США (город Флагстафф, штат Аризона). Данная серия карт, получившая название «Комплект для планирования полета «Магеллана», была впервые представлена научной общественности летом 1989 г. на Международном геологическом конгрессе в Вашингтоне, куда часть только что отпечатанного тиража привезли прямо с картографической фабрики из соседнего городка Рестон. Участвовавшая в презентации карт американская астронавт Кэтрин Салливан даже шутила по поводу того, с какой скоростью они оказались выпущенными в свет: едва касаясь пальцами лежавших на столе пакетов с картами, она тут же отдергивала руку с возгласом: «Горячие, горячие – только что испеченные!». Впервые за свою столетнюю историю Геологическая служба США, отступив от правил, опубликовала геологическую карту, составленную вне США. Это была первая в мире карта северной четверти Венеры, подготовленная сотрудниками Института геохимии им. В. И. Вернадского, Геологического института Академии наук и геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

## Венерианские кругосветки «Магеллана»

В том же 1989 году в полет к Венере отправилась американская автоматическая станция «Магеллан» для проведения съемки остальной территории. Подготовка работы этой станции на орбите вокруг планеты проводилась по картам, составленным по материалам съемок со спутников серии «Венера». В день запуска станции одна из крупнейших газет США поместила на первой странице статью, озаглавленную «Русские помогают планировать полет «Магеллана». Заместителем научного руководителя этого полета стала геолог Эллен Стофан, перед тем прошедшая стажировку в Москве, в Институте геохимии им. В. И. Вернадского и защитившая после этого в США диссертацию по результатам исследования геологических структур на снимках, сделанных с «Венеры-15» и «Венеры-16». Снимки эти изучались с другими учеными и аспирантами из США, Финляндии, Украины, Индии, Германии, Франции, приехавшими для этого в Москву. После завершения «Магелланом» съемок Венеры все полученные материалы также были предоставлены в распоряжение ученых любых стран.

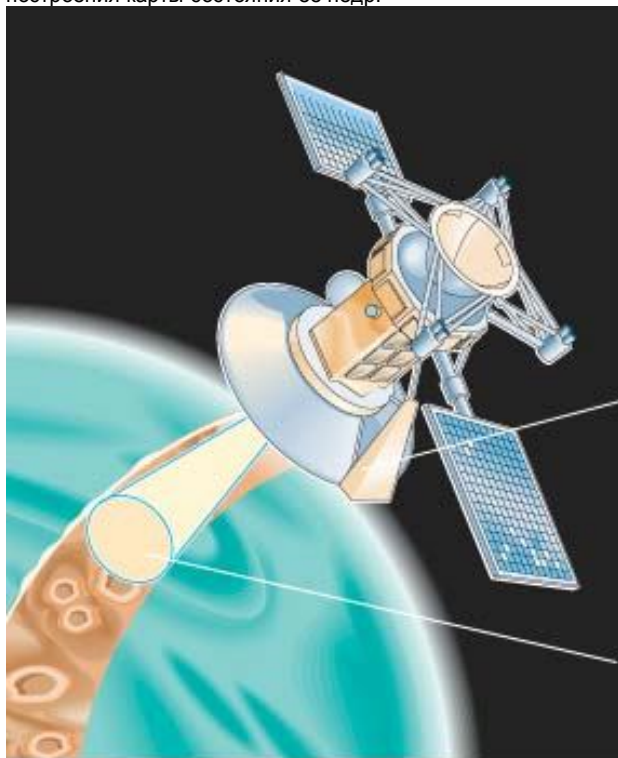


Изображение с ресурса <http://www.geokhi.ru/~meteorit/burba-ven.html>

Поверхность Венеры от «Магеллана». Долина Лунанг – извилистая ложбина, выходящая между горными отрогами тессеры Атропос. Это ныне сухое русло длиной 250 км и шириной 1–1,5 км образовалось в результате быстрого течения очень подвижной

лавы малой вязкости, излившейся на поверхность Венеры из вулканического кратера на склоне высокогорного массива (справа). Большие порции лавы растекались по низинам, где медленно застывали, образуя базальтовые равнины. А более поздние излияния промывали в еще не затвердевшей поверхности своего рода русла, по которым текла огнедышащая лава.

Американская станция «Магеллан» работала с 1990 по 1994 год, сделав несколько тысяч витков по орбите вокруг Венеры. За один виток вокруг планеты радар создает изображение полосы поверхности, над которой он пролетал. Из этих полос потом создается цельное изображение рельефа. В течение первых двух лет «Магеллан» троекратно выполнил съемку планеты с помощью радиолокаторов бокового обзора, дающих черно-белое изображение. Было отснято 98% поверхности, на снимках различаются детали размером до 500 м. Кроме того, составлены: карта высот поверхности Венеры и карта электропроводности ее горных пород. Следующие 2 года велись измерения гравитационных аномалий Венеры для построения карты состояния ее недр.

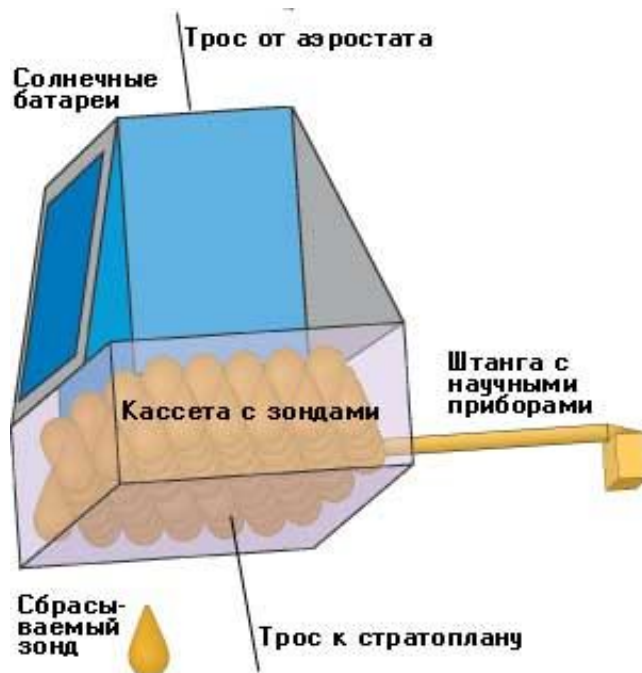


За один виток вокруг планеты радар создает изображение полосы поверхности, над которой он пролетал. Из этих полос потом создается цельное изображение рельефа. Стрелками показаны: альтиметр, вычисляющий высоту по времени задержки отраженного от поверхности радиосигнала и область, наблюдаемая радаром. Изображение с ресурса <http://www.geokhi.ru/~meteorit/burba-ven.html>

## Стратоплан будущего

По заказу НАСА американская корпорация «Глобал Аэроспэйс» разработала недавно проект исследования Венеры с помощью аэростата, названного «Управляемый воздушный робот-исследователь», сокращенно DARE. Такое имя выбрано не случайно, оно соответствует фамилии (которую можно перевести как «Смелыхаков») сверхпопулярного в 50 – 60-х гг. прошлого века героя английских комиксов – «пилота будущего», совершившего первый полет на Венеру, где он повстречался с зелеными венерианцами. Предполагается, что аэростат DARE диаметром 10 м будет «плавать» в облачном слое на высоте 55 км над планетой. На тросе под ним расположится гондола с телекамерами и несколькими десятками небольших зондов, сбрасываемых на поверхность в интересных для наблюдений районах. Работа аэростата рассчитана на длительный период – от полугода до года. Подробная съемка местности с аэростата DARE определит, в какие районы надо сбросить зонды, чтобы изучить химический состав самых разных геологических структур на

поверхности планеты. Комплекс метеоприборов в гондоле будет проводить наблюдения за состоянием атмосферы. «Гвоздь» проекта – небольшой самолетик, названный стратопланом, летающий на тросе намного ниже гондолы. С его помощью будет регулироваться высота и направление полета аэростата.



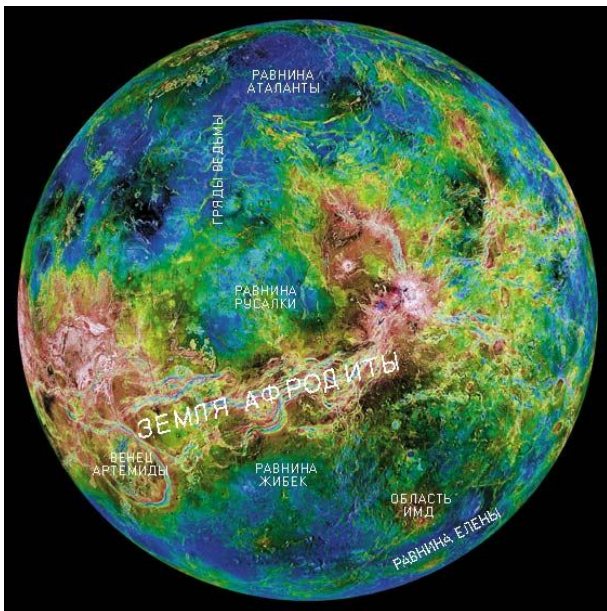
Схематическое изображение стратоплана Венеры. Рисунок с ресурса <http://www.geokhi.ru/~meteorit/burba-ven.html>

## Где Гринвич на Венере?

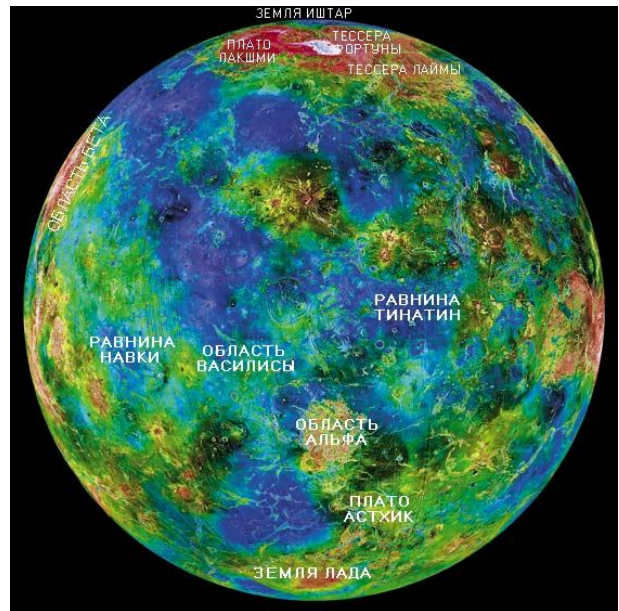
Сетка широт и долгот присуща любой карте – хоть географической, хоть инопланетной. И сетки эти похожи во всем, кроме одного – положения нулевого меридиана на поверхности планеты. Привычный нам сейчас гринвичский меридиан стал считаться общепринятым в качестве нулевого лишь после международного соглашения 1884 г. До этого на картах разных стран отсчет долгот вели от «своих» меридианов – во Франции от парижского, а в России – от пулковского. Еще раньше нулевым был меридиан острова Ферро в группе Канарских островов – до плаваний Колумба в Новый Свет этот остров считался самой западной точкой суши. На Венере же не было подобного разнобоя, здесь за «ноль» сразу был принят меридиан, проходящий через центр светлой (на радарных изображениях) округлой области поперечником в 2000 км, расположенной в южном полушарии планеты, а сама она была названа «область Альфа» по начальной букве греческого алфавита. Произошло это сравнительно недавно, в середине 60-х годов прошлого века, когда были проведены первые радиолокационные наблюдения Венеры с Земли.

Впоследствии, с возрастанием детальности этих изображений, положение нулевого меридиана было смещено примерно на 400 км с тем, чтобы он проходил через небольшое светлое пятно в центре крупной кольцевой структуры поперечником 330 км, название для которой – Ева – подобрали под стать начальному меридиану. Когда в 1984 г. были созданы первые очень подробные карты по данным космической съемки с искусственных спутников Венеры, то обнаружилось, что точно на нулевом меридиане в северном полушарии планеты расположен небольшой кратер диаметром 28 км. При возросшей точности карт такой маленький объект оказался гораздо удобнее в качестве опорной точки. Поэтому кратер этот был назван Ариадна по имени героини древнегреческого мифа, давшей Тесею клубок, разматывая который он смог найти обратный путь, чтобы выбраться из лабиринта. Теперь начальный меридиан – своего рода путеводная нить для картографов – соединяет на карте Венеры и Альфу, и Еву, и Ариадну.





Карта Венеры с обозначением наиболее крупных образований на ее поверхности.



Изображение с ресурса <http://www.geokhi.ru/~meteorit/burba-ven.html>

## Тессеры счастья и венцы плодородия

Среди структур рельефа, выявленных на поверхности Венеры по радиолокационным снимкам, особый интерес представляют два типа уникальных, свойственных только Венере, образований – тессеры и венцы. Оба эти типа впервые были обнаружены при анализе данных, полученных с отечественных искусственных спутников «Венера-15» и «Венера-16» в 1983-84 гг. Тессеры, получившие такое название от греческого слова «черепица», представляют собой возвышенности, нагорья, размером от сотен до тысяч километров, поверхность которых пересечена в разных направлениях системами хребтов и разделяющих их желобов-долин. Эти хребты образуют сложную мозаику, похожую на рисунок паркета. Однако, еще больше они напоминают черепичную крышу, поскольку поверхность их не гладкая, а имеет многочисленные ступенчатые перепады высот.

Тессеры образованы в результате неоднократных сложных тектонических движений верхних слоев планеты, при которых образовывались расколы и происходили поднятия и опускания различных участков поверхности. Областям тессер, как наиболее древним структурам планеты, присвоены собственные названия по именам богинь времени, судьбы, счастья, удачи. Самое крупное нагорье такого типа, протянувшееся на 3000 км в длину неподалеку от северного полюса Венеры, названо тессерой Фортуны по имени римской богини удачи. К югу от него находится тессера Лаймы, носящая имя латышской богини счастья и судьбы. Тессеры занимают лишь 8% территории планеты. Это второй по распространенности тип рельефа на Венере после равнин, занимающих около 80% территории. На все остальные типы рельефа (а их около десятка) приходится примерно 12% площади.

Второй тип уникальных образований – венцы. Это округлые возвышенности диаметром от 100 до 600 км, состоящие из кольца горных гряд с межгорным плато в центре. Плато расположено ниже, чем кольцо гряд, но выше, чем равнинная местность, прилегающая к кольцу снаружи. Таких венцов на Венере несколько сотен. Считается, что эти структуры образовались над так называемыми мантийными плюмами – потоками разогретого материала, поднимающегося к поверхности из частично расплавленной глубиной оболочки (мантии), расположенной под твердой корой планеты. Вокруг многих из венцов отчетливо видны застывшие лавовые потоки, расходящиеся в стороны в виде широких языков или обширных покровов с фестончатым внешним краем.

Венцы могли служить основными источниками, через которые на поверхность планеты поступало расплавленное вещество из недр. Застывая, эти лавы сформировали обширные равнинные участки, занимающие теперь основную, около 80%, часть территории Венеры.

Названия этим изобильным источникам расплавленных горных пород даны по именам богинь, связанных с плодородием, землей, изобилием, рождением. Среди названий венцов встречаются Анахит – армянская богиня плодородия, Рауни – финская богиня урожая, Помона – древнеримская богиня плодов, Синлаку – богиня хлебного дерева у микронезийцев Каролинских островов, Шилонен – богиня кукурузы у ацтеков, Дидилия – восточнославянская покровительница деторождения, Янбике – первая женщина в башкирских мифах, Деохако – дух урожая у ирокезов, Асомама – богиня картофеля у перуанских индейцев кечуа.

## На карте только женщины

На раскаленной поверхности Венеры воды нет – ни океанов, ни морей, ни самого маленького озера, что делает карту планеты довольно однообразной: куда не кинешь взгляд – кругом суша, земля, без конца и края, причем она довольно обширная, ее территория в три раза превышает площадь суши на нашей планете. «И лежала перед ним большая, женщинами полная земля» – эти слова из «Песни искателей урана» Александра Городницкого абсолютно точно подошли бы и для пока еще не сочиненной «Песни венерианских картографов», поскольку на карте этой планеты – только женские имена. Так решил Международный астрономический союз, в ведении которого находятся все названия за пределами Земли, поскольку Венера – единственная из планет, сама названная женским именем.

Названия для деталей рельефа Венеры берутся из мифологии различных народов мира. Установлен определенный порядок – например, возвышенностям, к которым относят горы, плато, хребты, гряды, купола и т.п., даются имена богинь, а низменности называют по именам героинь мифов. Нашлось место и для реальных имен и фамилий женщин – они служат названиями самого распространенного на планете типа образований – кратеров. Причем, более крупные кратеры, диаметром более 20 км, называются фамилиями известных личностей, а малые кратеры – обычными личными именами.

Вокруг северного полюса простираются равнина Лоухи – хозяйки Севера в карельских и финских мифах – и равнина Снегурочки. В другой части планеты рядом с венцом Нефертити находится кратер Потанина, носящий имя русской исследовательницы Центральной Азии, а рядом с ним – кратер Войнич, названный в честь английской писательницы. По разным районам Венеры разбросаны и весь гарем Абдуллы из кинофильма «Белое солнце пустыни» – это небольшие кратеры Зарина, Джамбия, Гюзель, Саида, Хафиза, Зухра, Лейла, Зульфия и, конечно же, Гюльчатай. Не забыта и «разлюбленная Катерина Матвеевна», жена товарища Сухова – кратер Катя тоже есть на Венере. А некоторым именам посчастливилось закрепиться на карте даже в нескольких местах, правда, в

разных вариантах. Например, близ северного полюса расположен кратер Татьяна, а в южном полушарии – кратер Таня. Еще больше встречается вариантов имени Елена: на Венере есть кратеры Лена, Елена, Эйлин и Эллен, а также равнина Елены. Последнее название связано с героиней древнегреческой мифологии Еленой Прекрасной.

## Внеземной интернационал

Множество имен из мифов самых разных народов мира можно встретить на картах Венеры. В настоящее время на всех планетах (кроме Земли) имеется 7266 названий деталей рельефа. Из них на долю Венеры приходится 1963, т.е. чуть более одной четверти. Венера имеет наибольшее число наименованных деталей среди всех планетных тел кроме Земли. На Венере же и самое большое разнообразие названий по их происхождению. Здесь встречаются имена из мифов 195 различных национальностей и этнических групп со всех континентов мира. Причем, названия из мифов разных народов располагаются по планете вперемешку, избегая образования «национальных районов».

Самые крупные детали рельефа на Венере – обширные возвышенности, своего рода континенты – называются «землями». Они имеют в поперечнике от 5 до 10 тыс. км и высоту до 3-5 км над прилегающими низменностями. Их на Венере три, все названы именами богинь любви. У экватора расположена самая крупная – Земля Афродиты, носящая греческое имя, у северного полюса – Земля Иштар, названная по имени вавилонской богини, а ближе к южному полюсу – Земля Лады, имеющая славянское название.

Когда на Венере обнаружили первый каньон – узкий желоб глубиной в несколько километров, образованный тектоническим разломом в коре планеты, то его назвали именем Дианы, римской богини, связанной с лесом, охотой и луной. Впоследствии и всем остальным каньонам тоже стали давать имена подобных мифологических персонажей. Теперь среди названий каньонов встречаются лунные божества Геягуга и Хангепиви из мифов североамериканских индейцев чероки и дакота, литовская богиня зверей Жверине и чешская «лесная дева» Девана, инганасанская лунная правительница Кичеда с полуострова Таймыр и русская Лесавка – жена хозяина леса Лешего, грузинская Дали, мордовская Вирь-ава, ненецкая Парнгэ, лезгинская Варз, ацтекская Ишчель, греческие Артемида и Геката, польская Зевана, эскимосская Пинга, инкская Куилла, гавайская Хина, индийская Араньяни, масайская Олапа, китайская Чанси и многие другие.

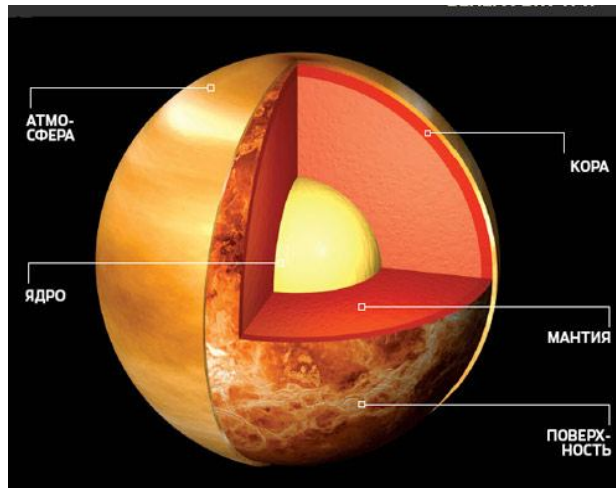
## Материк без границ

Поскольку на Венере нет ни океанов, ни морей, то она представляет собой своего рода единый огромный материк. Поэтому карта Венеры разительно отличается от привычной нам географической, представляя собой изображение бесконечной суши, простирающейся по всей планете. Площадь поверхности Венеры равна 460 млн. кв. км, что в три раза превышает площадь суши на Земле. Максимальные различия высот на Венере достигают 13 км. Это меньше, чем перепады высот твердой поверхности Земли, где разница между самой высокой горой и самой глубокой впадиной на дне океана достигает 20 км. В целом рельеф на Венере более ровный, чем на Земле. Около 80% поверхности Венеры расположено на высотах, отклоняющихся от среднего радиуса планеты не более, чем на 500 м. Однако, отдельные вулканические горы гораздо крупнее по площади, чем земные вулканы. Диаметр основания у многих вулканов Венеры превышает 100 км, доходя до 500 км. При этом высота их составляет от 1 до 5 км, т.е. они довольно плоские по сравнению со своими земными собратьями.

На Венере обнаружено около 1000 метеоритных кратеров. В среднем это по 2 кратера на участок площадью 1 млн. кв. км (1000 x 1000 км). Такая плотность кратеров намного меньше, чем на Луне, Меркурии или Марсе. Следовательно, на Венере метеоритные кратеры либо образовывались в меньшем количестве из-за экранирующего действия плотной атмосферы, либо они «стерты» последующими геологическими процессами – скорее всего обширными излияниями лав, покрывающих

большую часть этой планеты. Кратеры Венеры имеют в диаметре от 2 до 270 км. Они расположены по территории в беспорядке и накладываются на самые разные геологические структуры случайным образом. Вокруг большинства из них виден покров выброшенного материала, который расположен в виде коротких лучей. Образующих ореол. Всего лишь несколько кратеров затоплено лавой, поступившей с прилегающих равнин, а у подавляющего большинства кратеров очень отчетливый, «свежий» облик. Это указывает на слабую интенсивность процессов эрозии материала на поверхности Венеры, что естественно для планеты, на которой отсутствует жидкая вода.

## Портрет давно минувшего



Венера внутри. Изображение: «Популярная механика». <http://www.popmech.ru> с сайта <http://elementy.ru>

Для воссоздания истории геологического развития Венеры, отображение которой зафиксировано структурами на ее поверхности, планетологи выполнили детальный анализ изображений поверхности Венеры. Общая картина геологической эволюции этой планеты состоит из трех этапов. Им соответствуют наблюдаемые на Венере геологические образования, образующие образуют три структурных этапа. В первый, наиболее древний, входят сильно деформированные структуры – тессеры, горные пояса, равнины с густой сетью борозд-трещин и пояса гряд. Ко второму, промежуточному по возрасту, структурному этажу относятся обширные равнинные области, состоящие из равнин с невысокими извилистыми грядами и равнин с мелкими холмами. Третий, наиболее молодой структурный этап представлен гладкими равнинами и равнинами с языковидными лавовыми потоками. Вещественный состав первого комплекса неизвестен, ни один из космических аппаратов не совершал посадку в такие районы. Горные породы второго и третьего комплексов – это базальтовые лавы, сходные с теми, что слагают дно океанов на Земле. Их химический состав был неоднократно определен при посадках автоматических станций серий «Венера» и «Вега» в различных районах Венеры с помощью аналитических приборов, созданных в лаборатории Ю.А. Суркова в ГЕОХИ.

Каких-либо следов современной геологической активности на планете не обнаружено. Считается, что за последние 500 млн. лет там не произошло сколь-либо существенных изменений. В возможной активности подозреваются лишь только один из крупнейших вулканов планеты – расположенная на экваторе гора Маат, носящая имя древнеегипетской богини истины и порядка. Чтобы точно установить, действует ли этот вулкан, потребуется вновь провести его съемку и посмотреть, не появились ли на его поверхности новые лавовые потоки или другие отложения вулканического материала.

Сравнительное представление Венеры и Земли наглядно показывает, насколько могут различаться две планеты, имеющие практически одинаковый размер. Становится более ясным, что Земля – гораздо комфортнее для устойчивого развития жизни, чем Венера.

**Георгий Бурба, кандидат географ. наук**  
Статья была опубликована в журнале *Вокруг Света* № 6, 2003. Дополненная и обновленная версия статьи прислана автором для журнала «Небосвод»



## Когда быстро бегут облака

Каждый месяц года по-своему удивителен. Первый весенний месяц, без сомнения, тому не исключение. Воздух вокруг наполнен особым, свойственным только марту аромату, который проникает в каждый уголок даже таких мегаполисов, как Москва и Петербург. Что уж говорить о нашей деревеньке, которая буквально тонет во всем этом нетерпеливом предчувствии весенней благодати. Кажется, ну что может быть такого особенного в воздухе, носящемся над оседающими под солнцем грязноватыми пластами снега, которые обнажают подчас не самые живописные подробности. Но, по мне, воздух в марте самый свежий в году, а небо, когда не затянуто тучами, — самое голубое.

Не знаю как будет в этой весной — уж слишком непредсказуемой стала погода в последние пару-тройку лет — но зачастую в самом начале марта выдается декада, когда спадает серая шаль облаков, и молодое солнце совсем не по-зимнему начинает припекать землю. То там то тут чернеют проплешины освободившейся от гнета земли, а лед на речке потемнел, словно приготовившись к ледоходу. В городе к этому времени высыхает асфальт и от проезжего транспорта летит пыль, но у нас, в десяти километрах от цивилизации, где об асфальте и не слыхивали, пыли нет, и воздух чист необычайно. От обрушившейся лавины тепла начинает просыпаться природа, вот глядишь, а возле теплой и деревянной стены сарая начинают порхать бабочки. Представляете себе — бабочки в самом начале марта! Вспоминаю, как в детстве наш двор был разделен тенью дома на две части: в согретой солнечным касанием половине сошел снег, земля высохла, и сквозь влажный грунт начали пробиваться первые побеги травы-муравы, а в части, недосягаемой для солнечного света, стояли снопы сугробов. Можно было, сполна насытившись «летними» видами развлечений, перейти в другую половину и до звона в голове наиграться в снежки. Это ощущение — нереальности всего происходящего, соседства зимы и лета не обманчиво, совсем скоро седая злодейка возьмет свое и погребет все эти ростки и всех бабочек под новыми полчищами сугробов.

А еще — в марте очень быстро бегут облака. Иногда просыпаешься тихой, беззвучной ночью у себя домике, подходишь к окну и видишь, как вчерашнее покрывало туч рвется и клочками уносится прочь. Бывает, пройдет несколько минут, и небо вновь сияет во всем великолепии: бриллиантовый Сириус и жемчужный Процион сопровождают к закату великого охотника Ориона, в восточной части небосвода уже сияет апельсиново-оранжевый Арктур, а прямо над головой зажглось великолепие семизвездия Большой Медведицы.

А между всем этим великолепием — эдакий темный провал, образованный созвездиями Рыси, Малого Льва, Рака, Чаши и Ворона. И, как часто

бывает, и в этом «омуте» скрыты удивительные по своей красоте объекты глубокого космоса.

Одной из главных достопримечательностей этого бедного на яркие звезды участка неба, безусловно, является рассеянное скопление М44 или Ясли. Наверное, не ошибусь, назвав Ясли вторым по популярности рассеянным скоплением после знаменитых Плеяд. В популярной астрономической литературе зачастую можно встретить сравнение этих двух объектов: Плеяды гораздо моложе и горячее, Ясли же, напротив, являются весьма «проэволюционировавшей» звездной популяцией. В этом смысле Ясли очень напоминают Гиады — немолодое и самое близкое с Земле скопление, и даже существует предположение, что эти два прекрасных звездных роя вышли из одного «родильного дома» — гигантской газопылевой туманности, существовавшей около 600 миллионов лет назад.

Лично для меня М44 стало первым «настоящим» дип-скай объектом — объектом который я увидел вооруженным глазом — в отличие от туманности Ориона и тех же Плеяд, для наблюдений которых телескопа не требовалось. Копаясь в прошлом, я обнаружил, что возможно именно та весенняя ночь, когда я был очарован красотой Яслей, стала для меня моментом истины: отныне мое сердце принадлежало туманным объектам. Безусловно, становлению меня как созерцателя дип-скай объектов, способствовали не только Ясли, но и дуэт М81 и М82, оставивший неизгладимое впечатление, и туманность Розетка, и вереница звездных облаков и туманностей в Змееносце и Стрельце. Но именно М44 стали первой вехой на этом пути.

Объект созвездия Рака номер два — это рассеянное скопление М67, недоступное для моего первого, «очкового» телескопа, но оказавшееся таким обворожительным в 150-мм инструмент: десятки словно выколотых иголкой точек... И обычно знакомство с одним из самых тусклых зодиакальных созвездий заканчивается. Но все же есть еще, как минимум, один объект, заслуживающий внимания начинающего наблюдателя туманных объектов.

Спиральная галактика NGC 2775 в первую очередь примечательна тем, что в момент своего открытия Гершелем в 1783 году она принадлежала созвездию Гидры, а через полторы сотни лет переместилась в то, где мы видим ее сейчас — в созвездии Рака. Это курьезное событие произошло в ходе переопределения границ созвездий, проведенного Международным астрономическим союзом в 1930 г. Но даже и сейчас складывается ощущение, что NGC 2775 не полностью рассталась со своим прошлым: она относится к скоплению галактик Гидры-Насоса, а отыскать ее в телескоп, не обладающий системой GoTo проще всего от звезды Дзеты Гидры.



*NGC 2775. Фото: Jeff Newton/Adam Block/NOAO/AURA/NSF*

Галактика NGC 2775 не является сложным объектом для 150-мм рефлектора, в безлунные ночи она уверенно просматривается и без бокового зрения словно зернышко, окруженное туманной овальной оболочкой. Каких либо подробностей спиральной структуры этой галактики не удастся заметить в телескопы вплоть до 12 дюймов (300 мм) в поперечнике — уж слишком она тонкая, а спиральные ветви слишком туго закручены.

Подлинная красота галактики раскрывается на фотографиях. Спиральные рукава, словно кружевные нити, с нанизанным на них жемчугом комплексов звездообразования окутывают золотистое центральное утолщение. Рукава этой галактики настолько фрагментированы, что не могут рассматриваться как индивидуальные образования. В 1993 г. в NGC 2775 вспыхнула сверхновая блеском около  $14^m$ , что, в принципе, тоже примечательно.

Понятное дело, что не хочется бродить телескопом по бог весть каким закоулкам неба, когда справа все еще сияют бриллианты зимних созвездий, а к кульминации близится Лев с его прекрасными галактиками, не говоря о полчище оных из созвездий Девы и Волосов Вероники, поднимающихся на юго-востоке. И, возможно, именно это обстоятельство послужило причиной тому, что галактика NGC 3115 не была включена в знаменитый каталог Мессье. Созвездие Секстанта, в котором уютно разместилась галактика, далеким от эклиптики не назовешь, а совсем рядом с ним этим знаменитым французом была обнаружена целая уйма туманных объектов. Чем же эта область неба так не приглянулась Шарлю Мессье?

Неужели своей пустотой? Впрочем, спустя совсем немного времени, галактику обнаружил Уильям Гершель.

Это произошло в ночь на 23 февраля 1787 г. «Крайне яркая, довольно большая и протяженная, наклонена на  $45^\circ$  с юго-запада на северо-восток. Обладает ярким ядром размером  $2'$  и протяженной ветвью  $5'$  длиной», — отметил впоследствии астроном. Позволю себе согласиться — NGC 3115 не является трудным объектом даже для моего шестидюймового «Ньютона», не говоря уж о детищах этого титана телескопостроения — сэра Уильяма.

Галактика NGC 3115 — одна из нескольких галактик, называемых в простонародье «Веретенном», а я бы отметил, что веретенообразная форма становится доступна уже в 150-мм телескопы, а, возможно даже и в меньшие инструменты. Сказав об этом, хочется заметить, что с подачи Хаббла NGC 3115 практически полвека носила звание эллиптической и даже служила наглядным примером эллиптических галактик крайней вытянутости, вытянутее которых и не бывает — класса E7. Между тем, даже я, будучи не самым гениальным школьником, рассматривая фотографию этой галактики в научно-популярных книжках, чувствовал, что не совсем она эллиптическая. «Острые концы» у галактики были действительно острыми, а не скруглялись как у эллипса.

В защиту великого Хаббла говорит тот факт, что он оперировал снимками, полученными на «небольшом», полтораметровом телескопе. Снимки же полученные на тогда еще новом пятиметровым Паломарским прояснили ситуацию и NGC 3115 перешла в категорию линзообразных галактик (S0).





Галактика NGC 3115. Фото: *Daniel Verschate - Observatorio Antilhue - Chile*

Согласно новейшим исследованиям, доля светимости галактики, создаваемая плоской составляющей, диском равняется все лишь 6 процентам против 94 процентов, даваемых мощным центральным утолщением.

Еще одной достопримечательностью линзообразной галактики NGC 3115, правда, не доступной любительским инструментам, является наличие сверхмассивной черной дыры в ее центре (неподалеку от центра, если быть точнее) массой от 1 до 2 млрд солнечных. Кстати, эта галактика является третьей у которой сверхмассивная черная дыра была документально зафиксирована.

Если в последний совладать с искушением отправиться на поиски дип-скай объектов в Деву или Большую Медведицу, которая находится в зените, то можно наткнуться на замечательную туманность Призрак Юпитера, незаслуженно не встречающуюся в отечественных пособиях для любителей астрономии. Подумать только, эта туманность обладает блеском  $7,8^m$ , то есть почти в 5 раз ярче знаменитой туманности «Кольцо». Ходят даже слухи, что эту туманность можно заметить без помощи телескопа или бинокля, правда, в исключительно девственных и не испорченных городской засветкой местах. Мне кажется, что

можно попытать удачу на Кавказе или, быть может, в Крыму, но у нас, на русских равнинах сделать это практически невозможно. Размер туманности всего  $45'' \times 36''$ , то есть даже при небольших, до 50 крат увеличениях, она выглядит как звезда, что уж говорить о глазе невооруженном.

Свое необычное название туманность получила за то, что ее видимый размер примерно равен видимому поперечнику Юпитера, а возможно также за то, что окрашена она в более теплые тона, нежели большинство планетарных туманностей. Во всяком случае, первого сравнения с Юпитером она удостоилась из уст самого Гершеля, что, в принципе, не странно, ведь именно он ввел понятие «планетарной туманности» за схожесть их внешнего вида с дисками планет, а, особенно, открытого им Урана.

Удивительно как в одном лишь названии — Призрак Юпитера — полностью отражена сущность планетарных туманностей. Ведь с одной стороны, они действительно напоминают планеты и, Юпитер, как выяснилось, в том числе. А с другой, по своей сути — они не более чем призраки давно отсветивших звезд...

*Виктор Смагин, любитель астрономии*

# Звездное небо надо мной

*«Две вещи наполняют душу всегда новым, и всё более сильным удивлением и благоговением, чем чаще и продолжительнее я размышляю о них – звездное небо надо мной и моральный закон внутри меня.» Иммануил Кант*

## НЕИЗВЕСТНЫЕ ЗВЁЗДЫ ДЕТСТВА (часть 1)



Прекрасен мир детства - сколько еще неизведанного впереди.... Первый взгляд во Вселенную (у телескопа Алексей Козловский - сын редактора журнала, снимок 1992 года)

*«...Мне не приходится их искать и представлять как нечто окутанное мраком или лежащее за пределами моего кругозора. Звездное небо начинается с того места, которое я занимаю во внешнем, чувственно воспринимаемом мире...» Иммануил Кант*

Это рассказ о моём увлечении астрономией. Любое увлечение - это картинки прошлого. Детства, юности... Вспоминая свои увлечения, невольно возвращаешься к прошлому. О том, что это полезно, я уже говорил. Тем более Вселенная, которая всегда над головой, всегда напоминает о себе... Вот и у Иосифа Самуиловича Шкловского, в книге "Вселенная, жизнь, разум", вычитал интересную мысль о том, что одним из фундаментальных признаков живого (в отличии от неживой материи) является стремление сохранить своё внутреннее состояние. То есть как бы сохранить прошлое. Это то, что отличает живое. Стало быть, стремление сохранить свои воспоминания - вообще говоря, не моё личное побуждение, а какое-то фундаментальное свойство Вселенной. Вселенной, которая всегда над головой...

Звёзды. Они появляются над нами, едва стемнеет вечером. Для большинства людей - простая декорация времени суток. Как в детской сказке или мультфильме. Появились звёзды, взошла Луна... С какого возраста мы начинаем задумываться о том, что это такое? Я вот, честно говоря, не помню. Когда я осмысленно смотрел на звёзды, я уже знал, что это - гигантские газовые шары. Такие же, как наше Солнце.

Было это в детском саду. Зимними вечерами меня забирал из садика папа, мы шли в темноте, над нами ярко сияли звёзды и месяц. Я был чуть выше папиного колена, и чтобы держаться за его руку, свою мне приходилось держать высоко над головой. Однажды папа показал мне Большую Медведицу - семь звёзд в форме ковша. Я с удивлением подтвердил, что действительно, по форме эти звёзды напоминают ковш. С того времени я знаю это созвездие.

Долгое время оно оставалось единственным, которое я знал.

Однажды зимним вечером я заигрался с Санькой Курносковым и Андреем Шестаковым, ребятами на год старше из нашего двора. Как-то вдруг мы стали рассматривать звёзды, и ребята рассказали мне, что по средней звезде в "ручке" ковша Большой Медведицы древние греки проверяли зрение. Если видишь рядом слабую - значит, годен в воины. И действительно, я увидел эту звезду. Не забуду ощущения от разглядывания звёзд "молодыми" глазами. Чёткие, яркие кружки на чёрном фоне неба. Сейчас, увы, совсем не так. Звёзды - "плюшки" с лучами. Происходит это от преломления лучей света в хрусталике, а он уже не тот. Да и сама сетчатка глаза слабеет, не может рисовать изображение так чётко, как раньше. На распознавании образов, протяжённых объектов, это не так заметно, а вот звёзды - звёзды уже не те...

Впрочем, долго разглядывая эту древнюю звезду над средней в ручке ковша, я вдруг стал чувствовать её объём. Мне показалось, она выглядит крошечным серпиком, как Луна. И значит, я вижу её освещённую часть и неосвещённую, как у яблока, подсвеченного Солнцем с одной стороны. И звезда из плоской яркой точки стала объёмным шариком.

Поздний час вечера зимней ночи. На улицах уже никого, да и нам пора домой, а мы разглядываем звёзды. Темнота, свет редких фонарей, запах мороза и снега... Наверное, мы смотрели и другие звёзды, но я этого уже не помню. Звездное небо, словами Иммануила Канта, началось с этого места - квартала рабочего города, простой улицы Пархоменко, между домом 19, старой пластмассовской (завода пластмасс) общагой и рядом с детским садиком. Мне 5 или 6 лет, это 1967 или 1968. Придя домой, я поделился своим открытием с мамой. Она усмехнулась: что ты, такого быть не может. Вот те раз: взрослые, которые всё знают, вдруг не могут объяснить. Но я же вижу!

Разгадка этого явления стала ясна мне только недавно: проходя на заводе очередной медосмотр, я узнал, что у моих хрусталиков небольшой астигматизм. Тот, кто делал телескоп своими руками, знает этот оптический дефект: кривизна хрусталика глаза (или объектива телескопа) разная в разных направлениях. Из-за этого изображение растягивается в полоску (или запяточку), что я и обнаружил в далёком детстве по наблюдениям звёзд. Впрочем, это достаточно распространённый дефект: людей с абсолютным зрением практически нет. Можно прожить всю жизнь и даже не знать об этом. Но надо запомнить: свет звёзд на пути к нашему мозгу проходит через оптику нашего прибора; через сложную оптику глаза, и надо прежде всего научиться отделять реальную картинку от искажений. Это несложно и очень быстро входит в привычку, но незнание особенностей своего зрения и телескопа очень часто является причиной ошибок при наблюдениях у новичков.

Какие ещё астрономические наблюдения я проводил в те годы? Вообще, то время - конец 60-ых - бум астронавтики. Только началась космическая эра; каждый старт пилотируемого корабля в космос или автоматической станции к другим планетам был событием. Начиналось оно торжественным голосом диктора по радио: "работают все радиостанции Советского Союза". От этой торжественности мурашки бежали по спине, радио делалось на полную громкость - и вот оно - "в соответствии с программой исследования космического пространства...". Я замирал. Очередной космический полёт поражающе воображение и вызывал чувство глубокой гордости за нас, землян. Именно за Землян, а не советских людей. Сейчас многие историки представляют космическую гонку того времени как соревнование двух систем. На бытовом уровне я этого не чувствовал.

Очередной старт был предметом обсуждения и взрослых, и детей. Это было время всеобщего интереса к Космосу. Стоит описать моё мировоззрение того периода. Из созвездий я знал только Большую Медведицу, да и то только часть её, которую все знают как ковш. Что касается других звёзд, то я не представлял, как они движутся. Когда



вечером зажигались звёзды, я бы не смог сказать, те это, что были вчера, или другие. Сам я не выделял на небе каких-то заметных групп и не находил их следующим вечером. Звёзды действительно были декоративным фоном. Так было очень долгое время, класса до 9-го. Идя утром в школу, (в основном, осенью и зимой) я видел звёзды, но они не представляли для меня никаких ориентиров. В то время я уже замечал, что та или другая звезда видна каждое утро, но никаких выводов из этого не делал, а когда после периода ненастья звезды на том же месте не оказывались, не делал никаких попыток узнать, куда же она делась. Впрочем, большинство людей именно так относятся к звёздам всю жизнь...

Недавно я побывал возле школы зимой в вечернее время. Местность там точно такая же, как во времена моего детства, а вот небо... Я увидел Ориона над школой, Близнецов, Тельца. Небо изменилось. В детстве это была дорога в школу и звёзды над ней, а теперь, оказывается, это самые обычные созвездия. Это обстоятельство поразило. Знакомые места - и как бы совсем не то, другое небо.



Санька Курносов, я и Андрей Шестаков. Декабрь 1972 года (из архива Кузнецова Александра)

В детском саду нам наверное давали какие-то знания о Вселенной. Но в моей голове каких-то определённых конструкций не сложилось. Раз воспитательница, то ли в шутку, то ли всерьёз сказала нам: "-видите, облака движутся?" - я поднял глаза к небу и на весёлом пасмурном небе увидел медленно движущийся массив облаков - "-дак вот, это наша Земля вращается". Так мы увидели вращение Земли. Но когда вечером я рассказал об этом папе, он, подумав, сказал, что воспитательница объяснила неправильно. Впрочем, и сам какого-то объяснения не дал. Во всяком случае, у меня долго не было никакого понятия о суточном движении светил, вызванных вращением Земли. Тем летом или весной во дворе нашего дома мы наблюдали заход Солнца. У стены дома стояли скамейки, на западе в проёме между двумя пятиэтажками был виден горизонт. Было много народа - в то время скамейка возле дома была местом общения жильцов и местом сбора для наших игр. И вот мы увидели, как край Солнца коснулся горизонта. На него можно было смотреть без опаски, дымка ослабила свет. Многие взрослые встали со скамейки, чтобы видеть это. Солнце плавно погружается всё глубже, вот остался только верхний краешек, вот исчез и он. Наблюдение этого астрономического события - одно из ярких впечатлений детства. Я видел, что Солнце погрузилось в землю и спросил у мамы, куда же оно делось. Мама удивилась: - я же тебе рассказывала. Но я ничего не помнил, и загадка о том, куда же девается Солнце после захода, меня заинтересовала. Я всерьёз верил, что если пойти на то место, где зашло Солнце, можно увидеть, куда оно делось. Мне хотелось сходить туда, но это было слишком далеко. Как видно, несмотря на все усилия просвещения, я довольно долго оставался на уровне пещерного человека.

А однажды утром мне сообщили, что сегодня будет солнечное затмение. Окна отпотели от холодной сентябрьской ночи и папа, протерев его, пытался увидеть месяц недалеко от восходящего Солнца. Потом открыл форточку и долго вглядывался в небо, прикрыв глаза рукой от яркого света. Ведь если затмение - значит Луна должна быть где-то вблизи Солнца. Но ничего увидеть не удалось -

месяца не было. Это сейчас я знаю, что Луну можно увидеть не позже чем за 36 часов (1,5 суток) до новолуния. Подходя к Солнцу ближе, Луна делается таким нитевидным серпиком, что различить его на светлом фоне неба уже невозможно.

Кстати, наблюдение месяца - старого перед новолунием или молодого - после - своеобразный "спорт" у любителей астрономии. Мне удавалось увидеть молодой месяц спустя 27 часов после новолуния - но для этого нужно совпадение многих благоприятных условий. А в то утро, в день затмения, Луна была уже не видна. Папа работал в этот день во вторую смену (с 16 часов), а перед этим несколько дней - в первую (с 8). Видно, идя утром на работу, он видел стареющий месяц, и попытался найти его и в этот день. Днём я уже и думать забыл про затмение - было много куда более важных дел у шестилетнего человека. Но вечером мы с мамой пошли во двор, где уже собрался чуть не весь дом. Был невероятно тёплый для конца сентября день. Все одеты по-летнему, на небе - ни облачка. Разглядывали Солнце кто во что, даже через цветное стекло разбитой бутылки. У меня были тёмные очки, но они помогали мало: на Солнце смотреть было невозможно. Наконец проблема была решена: сосед по подъезду вынес большой кусок оконного стекла и безжалостно разбил его. Все стали коптить осколки спичками и - поджигая старые газеты. Солнечные фильтры были готовы. И вот на Солнце справа наполовину чёрная заслонка. Ожидалось, что во время полной фазы станет темно, как ночью; завоют кошки и собаки. Но когда в небе уже остался только узкий огненный серп, появился небольшой массив тонких, рассечённых на неправильные многогранники облаков. Многие взрослые досадовали, что ничего не видно, меня это не беспокоило. Я с интересом следил за окружающей природой и до сих пор помню эту картинку: сумерки, очень светлые, а совсем не такие, как ожидалось; тишина, не дрогнув листья на яблонях и черёмухах в палисаднике, - а впрочем и весь день был тихий, на улице почему-то нет прохожих, во дворе группа людей (и детей) напряжённо вглядываются в небо через закопченные стёкла. Кошек и собак не видно; никто не бежал и не выл. Досадные реплики взрослых на то, что ничего не видно из-за облаков. Как я знаю сейчас, полоса этого затмения - 22 сентября 1968 года - проходила где-то в сотне километров от нашего города; затмение у нас было на 99% или больше.

Впоследствии (спустя 20 лет) я многих расспрашивал об этом затмении. Одни говорят, что затмение было полным, другие - что почти полным. Сообщили, что облака не помешали наблюдать полную фазу. По всей видимости, облачность была локальная, и не повезло только нам. Наконец, кто-то произнёс: да всё, уже выходит. Действительно, светлело. Взрослые с досадой побросали стёкла в урну и пошли домой. Я же ещё долго с интересом наблюдал, как чёрный диск сползает с Солнца, и даже вечером, когда мы с мамой и соседкой - тётёй Валей - ходили в магазин, ещё раз сбегал к урне, достал кусок закопченного стекла чтобы убедиться, что затмение действительно закончилось. Утром папа (а он пришёл с работы поздно, в 12 ночи) спросил, как. Я рассказал, что было совсем светло, и что никто не выл. Папа задумался - его предсказание не сбылось.

Мне приходится читать и сейчас наблюдения полных солнечных затмений любителями. Как правило, все отмечают, что вовсе не было так темно, как ожидалось. Да и звёзды на светлом небе не проступают - разве что Венеру можно увидеть, да и то только в том случае, если знать, где она находится. В чём тут дело? Возможно, описание ночи среди дня связано с очень большими затмениями, когда полоса полной фазы достигает 200-250 километров, а продолжительность 5-7 минут. Но даже при этом, по всей видимости, нужна исключительная прозрачность атмосферы, а ещё лучше - условия высокогорья. Там, где наблюдались затмения в древности - Греции и Малой Азии - как раз и есть такие условия. Именно там и встречается больше описаний затмений в исторических хрониках. А может быть, рассказы о звёздах во время полных солнечных затмений достоверны не больше, чем о наблюдениях звёзд днём со дна глубоких колодезцев. Попробуйте проверить это сами во время ближайшего полного солнечного затмения.

Яркие впечатления астрономии дошкольного возраста на этом заканчиваются. Следующие связаны с великим противостоянием Марса 1971 года. Весной этого года я заканчивал второй класс. Астрономические темы почему-то

были предметом бурных обсуждений в школе. То ли потому, что по природоведению у нас была эта тема, то ли в связи, как я уже упоминал, с общим астронавтическим бумом. Папа сводил и записал меня в детскую библиотеку, после чего я ходил туда уже самостоятельно. Первой же взятой книгой была "отзовись, марсиане" - не помню какого автора (а в то время я вообще на авторов внимания не обращал). Там интересно рассказывалось о телескопических наблюдениях Марса, марсианских каналах, и даже о неудачном полёте станции Марс-1 (а в каком году она запускалась?). Из этой книги, а так же из запоем читавшейся научно-фантастической литературы я и почерпнул основные сведения о строении солнечной системы. Было интересно следить за перемещениями героев от планеты к планете; вместе с ними узнавать, как они выглядят и устроены, представлять, как выглядит от туда наша Земля. Одной из моих игр было: на ковре вокруг вышитого Солнца расставлял планеты - шарики из газет. Планеты двигались по круговым орбитам: самые ближние я передвигал вокруг "Солнца" на большее расстояние, они двигались быстро; дальше на меньшее и т. д. Все закономерности движения соблюдались, а конфигурации планет всё время менялись. Приставив глаз к одной из планет, я наблюдал, как выглядят с неё другие. В такой вот незатейливой игре я получил основные представления о видимых положениях планет.

В классе мы с Сергеем Плешковым крупно поспорили о размерах планет. На следующий день каждый в доказательство принёс свою книгу. В его действительно, Марс был крупнее Юпитера (а впрочем, точно не помню). В моей - наоборот. Как думаю сейчас, просто размеры планет земной группы в его книге были для удобства разглядывания увеличены; авторы книги совсем не позаботились о том, что это надо как-то оговорить. Правда, я обратил внимание Сергея на то, что в моей книге указано: "сравнительные размеры планет", а в его - нет, но должного впечатления это не произвело, он остался при своём мнении. Можно честно сказать, что драк на научной почве у нас всё же никогда не было. С Сергеем мы одно время вместе ходили на занятия в бассейн. Он жил далеко от школы, на Вые (где сейчас я). После школы мы шли ко мне домой, обедали, а потом вместе - в бассейн.

А в августе мы наблюдали Марс. Папа рассказывал так: он приходил со второй смены (в 12 ночи), мы выходили на балкон (смотревший на восток) и видели на юге ярко-красную звезду, которая вскоре скрывалась за домом. Анализируя теперь расположение Марса и нашего дома (бывшим нашим до мая 1978) я вижу, что это так и было; но вот самого этого эпизода не помню. Он исчез начисто. Но помню отрывной бумажный календарь на стене; раз в месяц там был листок с указанием видимости планет в текущем месяце. И я отлично помню, что не раз читал всем взрослым о великом противостоянии Марса, которое случается раз в 15-17 лет (так и было написано). Августовских наблюдений Марса я не помню, а вот позже, в сентябре - декабре, да. Марс слабел и поднимался по вечерам всё выше над горизонтом; выходя гулять на улицу, я первым делом находил красноватую звёздочку на небе. Во дворе был хоккейный корт, рядом - горка, с которой катались на лыжах и даже прыгали с самодельного трамплина. Иногда бывало пасмурно, и Марса видно не было. И вот почему-то мне стало казаться, что когда Марс на небе, мне не везёт. Выхожу с крыльца, смотрю в небо: Марс. Значит, сегодня не повезёт. Вот так наверное и родилась астрология у древних людей. Про астрологию тогда я ещё и слыхом не слыхивал, а корни её видимо в том, что проще обвинить во всём внешние обстоятельства, чем искать причину в себе. Звёзды не так расположились - вот и всё!

Как показывают расчёты, Марс был хорошо виден по вечерам до конца апреля, но я видимо "потерял" его раньше. Весенних наблюдений 1972 года уже не помню. Возможно, другие дела и заботы вытеснили марсианскую тему. Хотя в то время я уже хорошо представлял себе размеры солнечной системы, движение планет, я совсем не ориентировался в звёздном небе. Не знал ни одного созвездия, кроме "ковша", и не представлял, как найти планету. Единственным доступным пониманию указанием было "вечером на юго-западе", а написанное "только в южных районах страны" воспринималось как абсолютная истина, из-за чего, например, я долго считал, что Юпитер у нас вовсе увидеть нельзя. Мы с папой по таким указаниям пытались находить другие планеты, для чего вечером

ходили на гору Шихан километрах в двух от нашего дома. Не могу сказать, видели мы реальные планеты или звёзды, но сообщённое вечером маме, что мы "видели Венеру", или Сатурн, наполняло жизнь особым смыслом, а нас делало братством, недоступным простому смертному. Папа раздобыл звёздную карту, но без накладного круга в ней не ориентировался. Раз зимой он разбудил меня часов в шесть утра, и сказал, что нашёл созвездие Голубя. Голубь у нас, конечно же, не виден, но встать затемно, открыть обледеневшую форточку, увидеть две звезды у горизонта и осознать, что это не просто звёзды, а древнее созвездие - для этого нужно иметь совершенно особый склад души, как теперь выясняется - доступный очень и очень немногим. Несколько слов о почему-то пропущенном лунном затмении 6-7 августа 1971 года. Оно было видно у нас, Луна была вблизи Марса, но я не помню, чтобы мы пытались его наблюдать или досадовали, что увидеть не удалось. Не помню и разговоров о том, что кто-то его видел. А ведь оно было под стать великому противостоянию Марса, тоже "великим", то есть очень продолжительным. Неужели в бумажном календаре про него ничего не было написано? Этот факт мне до сих пор непонятен. И, кстати, применительно к этому же периоду у нас появляются два цветных диафильма - "Станция - Луна" и "Новые открытия во внегалактической астрономии". Диафильм (если кто не знает) - цветная фотоплёнка, которую смотрели через диапроектор. Из первого диафильма я и узнал, что могут быть лунные затмения. До этого я считал, что затмения случаются только солнечные. Был один очень красивый кадр, показывавший вид лунного затмения на Луне - поверхность, залитая красным цветом; яркий ореол вокруг тёмной Земли. В другом диафильме было столько великолепных фотографий туманностей, галактик, скоплений, что лучше я увидел уже только в наши дни, сделанные с помощью космического телескопа "Хаббл". Эти два диафильма - особенно последний - крутили много раз, а пропал он очень нескоро, вместе с уходом зры диапроекторов.

Видимо, благодаря урокам в школе, в это время я уже хорошо представлял изменение высоты Солнца над горизонтом по сезонам года. В августе 1971 у меня родился брат, зимой я часто ходил на молочную кухню за питанием для него. Располагалась она в другом районе города, "на Красном Камне", километрах в 3 на север от нашего дома. Возвращаясь обратно к дому, я шёл на юг, прямо на Солнце. И осознанно отмечал, как же оно низко, несмотря на полдень.

...Удалялся от Земли Марс; астрономическая тематика уступала место другим интересам. Долгое время о небе напоминал лишь печальный лик Луны, внезапно встававший из-за открытой двери подъезда - или морозным зимним утром её же висевший на юге и потому сопровождавший меня в школу серп. Я отмечал в дневнике дни зимнего солнцестояния, но не как астрономическое явление, а как вестник весенних погодных перемен, зимой играл в хоккей на корте, а летом в футбол, ходил в походы в лес - и, конечно же, учился плюс всё то, что с этим связано - бурная общественная жизнь. Звёзды над головой сияли, но на время отошли...

И всё же ещё несколько эпизодов астрономической тематики. Зимними вечерами 1974 года мы с ребятами во дворе пытались увидеть на юго-западе комету Когоутека. О ней писали газеты; даже предполагалось, что блеск достигнет полной Луны. Отчётливо помню, как мы вглядывались на юго-запад, в проём между 79-тым домом (пятиэтажкой) и общежитием (и это было правильно, именно там и был юго-запад). Но так ничего и не увидели. (А в это время комета проходила близ Венеры и Юпитера, располагавшихся там же; но мы не видели и этих ярких планет, очевидно, выходили гулять уже после того, как эти планеты заходили. Впрочем, комета Когоутека не оправдала возлагавшихся на неё надежд.) Увы, дату (январь 1974) я восстанавливаю сейчас, изучив условия видимости кометы по элементам её орбиты. Сказать достоверно без расчётов, было это весной 1973 или зимой 1974 года, я не могу.

Хотя раз ребята во дворе видели вечером что-то летящее по небу; рассказывали об этом громко и оживлённо, предполагали, что это та комета и есть. Но конечно, они наблюдали полёт яркого спутника или даже старт его. В те времена трассы стартов ИСЗ проходили над северным Уралом, о необычных ярких "шарах" в небе часто рассказывали ребята в школе. А ещё отлично помню эпизод: зимнее морозное утро, сильный туман. Наш 5-тый



"А" только пришёл с физкультуры, переодевались после неё мы в классе. И вот сквозь туман проступило Солнце. Но оно было такого необычного вида, что Серёга Воробьёв предположил, что это и есть комета Когоутека. Я стал доказывать, что это Солнце, и как только оно поднимется повыше, все это увидят. Но многие всё же склонялись к мнению о комете. Лишь через один или два урока туман рассеялся и я с победным видом сказал: ну что?! Но до сих пор эта яркая картинка стоит перед глазами: ярко освещённый утренним светом класс. Тепло, за окном туман и огромное Солнце. А мы переодеваемся в проходах между партами и спорим о комете.

А раз зимой я пошёл кататься на коньках на корте в нашем дворе. Коньки обычно одевал дома, затем спускался в них с пятого этажа по каменной подъездной лестнице. Так делали все; при спуске стоял грохот от коньков на весь подъезд. А ступеньки были выщерблены. Например, делая уроки, я слышал стук и знал, что это пошла кататься Светка из соседней квартиры. Там была коммуналка, 6 или 7 комнат с одним коридором. Ещё из этой квартиры ходил кататься Серёга Хомутов, но его ступи были бойчее и уверенней.

Так вот, спускаясь по лестнице на коньках, я вдруг заметил у горизонта странный месяц. Я прильнул к железной решётке ограждения подъездных окон и стал его разглядывать. Эти окна выходили на запад; месяц висел справа от пятиэтажки - общежития, над одноэтажным зданием кафе "Молодость". Он был очень тонким, почти нитевидным, красноватым. Чуть подсвечивала и его тёмная часть. Я решил разглядеть его получше, когда буду возвращаться; тогда я был уверен, что месяц всегда восходит вечером и заходит утром. Очевидно, свою роль сыграли детские сказки и мультфильмы. Там всё однозначно: зашло Солнце, появились звёзды, поднялась Луна.

Возвращаясь с корта, я не забыл о месяце и снова прильнул к железной решётке подъезда. Странно. Месяца не было. Я ещё раз осмотрел тёмное небо с кое-где видневшимися звёздами и... застучал коньками дальше.

Ещё один астрономический эпизод связан с не наблюдением лунного затмения 29 ноября 1974 года. Ноябрь у нас зимний месяц, и мы уже всю зиму катались на лыжах во дворе. Выходила яркая Луна, на снегу от неё были видны отчётливые тени. Для меня, городского жителя, это было внове: я любовался и лунными тенями от деревьев, и полосками лунного света дома, падавшими из окна. Тот вечер помню отчётливо: ложась спать, подошёл к окну, чтобы посмотреть на Луну. Вид её меня удивил: висел какой-то странный несимметричный серп. То, что вчера Луна была полная, а нынче - серп, меня не удивило. Я не знал закономерностей в движении Луны и то, как меняются её фазы. То есть мне рассказывали, как отличить растущий месяц от старого: старый - буква С, а если при подстановке палочки получается буква Р - то растущий. Но как последовательно молодая Луна превращается в полную, я не представлял. А ведь уже учился в 6 классе. Наверное, этому не способствует и наша пасмурная погода: Луна светит несколько дней, особых изменений на ней не заметно. Потом приходит череда пасмурных ночей, нет ни звёзд, ни Луны. И если вдруг она выныривает из облаков - буквой С - значит, старая. А записывать свои наблюдения - недосуг, возраст такой, что столько всего происходит...

Я ещё раз посмотрел на удивительный серп Луны и отметил про себя, что Луна сегодня какая-то странная. И лёг спать.

На следующий день в школе Лёва Гаврилов спросил меня: - видел лунное затмение? Оказывается, многие в классе его наблюдали. Тут-то я и вспомнил странную вчерашнюю Луну. Но не сильно переживал, что не увидел этого явления. Как-то много было всего другого. Но затмение наблюдали и взрослые - мама, придя с работы, тоже сообщила, что вчера было затмение Луны. О затмении широко оповещалось, но мы как-то пропустили. И ещё одна деталь, которая теперь меня удивляет: я видел Луну скорее всего при выходе из тени, а значит спать ложился в половине десятого! (Полное затмение закончилось в 20.51 по нашему времени, а частное - в 21.57). В такую рань! А в школу выходил в 8.15, занятия начинались в половине девятого. Вставать можно было не раньше 7.

Вот так случайно я в первый раз увидел затмившуюся Луну. В год открытия нами поляны "Белый Гриб", заповедного и любимого лесного уголка.

Сейчас я задумываюсь об этом - что важнее в жизни, или как они сочетаются - лесные поляны, друзья детства, наш

двор по Пархоменко 19, где мы и начали осознавать себя и себя в мире. Наш маленький мир с его детскими заботами и огромная Вселенная над головой. Вселенная, подавляющая нас своими размерами и не несущая ничего, кроме одиночества и пустоты. И в то же время - подарившая нам этот уголок с туманными летними рассветами, запахами леса, цветов, грибов. Давшая нам внутренний мир, который так же неисчерпаем, как сама Вселенная. И, наверное, таким же вечным, как она.

Но это теперь. А тогда, утром после затмения, я, наверное, встал как обычно, в восьмом часу. Умылся в раковине, что стояла в прихожей комнаты (а мы жили с соседкой, Верой Николаевной, две квартиры в одной). Завтракал бутербродом с маслом и сыром (папа говорил, что это очень калорийно, по-солдатски), и при этом слушал радио (на кухонном серванте у нас стоял динамик со спутанными проводами - платить за точку мы не хотели и когда приходили с проверкой, быстро всё обрывали. Он так никогда и не был нормально оборудован.) Новости шли с 8 до 8.15, по окончании я уходил в школу. Шёл по скрипучему снегу, в уже морозном воздухе. Всегда проходил мимо фонаря освещения, слегка задевая его портфелем. От этого фонаря отдавал странным низким гулом...

За книжным магазином "Знание" я поворачивал в тёмный дворик, и здесь уже была видна громада школы, медленно на меня наплывавшая. А над головой сияли звёзды, неизвестные звёзды моего детства....

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ (часть 2)



Вот такой периодической литературой пользовались любители астрономии конца 70-х.

Вряд ли можно сказать, что небо надо мной долгое время меня не интересовало. В феврале 1978 я перешёл учиться в ШИСП, здесь жизнь была ещё насыщенной и интересней. Но той весной я не помню сцен со звёздами - было не до того. Но вот в сентябре 1978 пошёл в 10 класс (тогда это был последний школьный класс) и первым делом прочитал школьный учебник астрономии. Наверное, отсюда я и почерпнул все основные закономерности видимого движения звёзд, планет, смены лунных фаз. Кажется, это всё просто, но надо же об этом хоть где-нибудь прочитать! Хороший урок нынешним деятелям просвещения, исключившим астрономию из школьной программы! Хотя я и не знал созвездий (а карт не было), но той осенью я уже чётко знал, что все светила восходят на восточной половине небосвода и заходят на западной. Дома даже специально раз следил за звездой в северной части неба и лично убедился, что она движется от запада к востоку, то есть всё небо вертится вокруг Полярной звезды. Раз и навсегда усвоил, что Луна проходит весь цикл смены фаз за месяц, ежедневно запаздывая с кульминацией примерно на 50 минут. Захватывали дух строки Воронцова-Вельяминова о том, что в свете современных представлений Вселенная оказывается бесконечной в пространстве и времени... Она всегда существовала и всегда будет существовать... Это действительно было написано в учебнике 1978 года, но не

спешите усмехаться казалось бы наивным строчкам. Неисповедимы пути науки, да и в конце концов Большой Взрыв, породивший Нашу Вселенную, то же не мог произойти беспричинно...

Курс астрономии мы проходили ускоренно; учительница решила посвятить второе полугодие исключительно физике. Где-то в ноябре или в декабре, перед уроками, рано утром, мы вышли посмотреть в телескоп. Видели Юпитер со спутниками, серп Венеры. Затем смотрели (для проверки увеличения) на окна дальней девятиэтажки. Увеличение телескопа впечатляло. Это лучше заметно на земных предметах с хорошо видимыми угловыми размерами, чем на планетах, которые внешне ничем от звёзд не отличаются.

Ясное, чуть голубеющее небо, лёгкий морозец. У крыльца школы на треноге телескоп; сверкает яркая Венера, значительно правее - Юпитер. Из четырёх его спутников видны 3, Толик Грачёв спрашивает, где ещё один. Учительница поясняет - либо за Юпитером, либо перед ним. Через 2-3 дня опять выходим смотреть на Луну, и благодаря этому можно установить дату наблюдения: ведь Луна появляется на утреннем небе через 2-3 дня после полнолуния. А в первый раз её не было.

#### УСТАНОВИМ ДАТУ

Итак, было это в ноябре или декабре; хорошо видна Венера, Юпитер, Луна после полнолуния. Посмотрим на таблицу видимости планет и фазы Луны:

1978 Нижний Тагил ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ											
	МЕРКУРИЙ (м)	ВЕНЕРА (м)	МАРС (м)	ЮПИТЕР (м)	САТУРН (м)						
11 Ноя	-0.4	-3.0	-	+1.5	08:36 ну	-2.0	05:07 у	+0.8			
11 Ноя	-0.3	-1.6	-	+1.4	09:32 ну	-2.1	06:02 у	+0.8			
21 Ноя	-0.1	00:55 у	-3.8	-	+1.4	10:29 ну	-2.1	06:57 ну	+0.8		
1 Дек	-	+2.1	02:11 у	-4.5	-	+1.3	11:27 ну	-2.2	07:51 ну	+0.8	
11 Дек	00:19 у	+2.1	02:56 у	-4.7	-	+1.3	12:22 ну	-2.3	08:46 ну	+0.7	
21 Дек	01:06 у	-0.2	03:16 у	-4.7	-	+1.3	13:15 ну	-2.4	09:34 ну	+0.7	
31 Дек	00:42 у	-0.4	03:16 у	-4.7	-	+1.2	14:03 ну	-2.5	10:17 ну	+0.7	

#### Фазы Луны на 1978 год

Новолуние	Перв. четв.	Полнолуние	Посл. четв.
1 Ноя 01:07	7 Ноя 21:18	15 Ноя 01:00	23 Ноя 02:25
30 Ноя 13:19	7 Дек 05:34	14 Дек 17:31	22 Дек 22:42
30 Дек 00:36			

#### ВЕНЕРА Основные явления в движении

1978 18 Октября	стояние (m = -4.4; Эл=28°24')
1978 8 Ноября	нижнее соединение (m = -1.0; Эл=04°43')
1978 8 Ноября	сближение до 0.269 а.е. (m = -1.1)
1978 28 Ноября	стояние (m = -4.5; Эл=28°58')

Итак, после ноябрьского полнолуния, 16-17 ноября 1978, Венера ещё была не видна, следовательно, наблюдали мы её в первый раз 12-13 декабря, когда её утренняя видимость достигала уже 3 часов. Второй раз - после полнолуния, около 15-16 декабря. Если ещё взглянуть на таблицу этого года (ведь воскресенье - выходной), то скорее всего, это было 12 декабря (вторник) и 15 декабря (пятница). Правда, многие могут спросить, а зачем устанавливать точную дату события, которое не имеет никакого, в общем-то, значения? Ответить можно, что в таком случае все мы, кроме крупных политических деятелей, не имеем никакого значения и наша жизнь бессмысленна. По-моему, именно эвристический интерес (не связанный с насущными нуждами) и сделал человека человеком. А потому продолжу рассказ о своей личной астрономии, что может быть, поможет кому-то заинтересоваться или лучше понять элементарные азы этой науки.

Вот азимутальные координаты планет на утро 15 декабря 1978 г.:

#### Азимутальные координаты светил Нижний Тагил 08:00 15 Декабря 1978

Планета	Азимут	Высота
СОЛНЦЕ	-64°09'	-11°25'
МЕРКУРИЙ	-51°34'	+01°00'
УРАН	-36°38'	+08°39'
ВЕНЕРА	-32°33'	+14°26'
САТУРН	+28°27'	+37°08'
ЮПИТЕР	+71°45'	+32°52'
ЛУНА	+107°17'	+10°08'

Луна	Видимость	Восх	ВК	Заход
	15:01 ну	17:35	01:11	09:35

ЮПИТЕР	12:44 ну	19:52	04:11	12:25
САТУРН	09:06 ну	23:30	06:30	13:25
ВЕНЕРА	03:07 у	05:30	10:09	14:47
УРАН	02:12 у	06:25	10:31	14:38
МЕРКУРИЙ	00:51 у	07:45	11:42	15:38
НЕПТУН	-	09:06	12:35	16:04
СОЛНЦЕ	06:31	09:39	12:55	16:10
МАРС	-	10:31	13:34	16:37

Солнце в 11 градусах под горизонтом, это значит, что только голубеет небо на востоке, Венера в 15° на юго-востоке, Юпитер довольно высоко (в 32°) на западе, Луна правее и довольно низко (всего 10°). И вот посмотрите - великолепно виден Сатурн (на юге, между Венерой и Юпитером), а нам его почему-то не показали! Кольцо Сатурна - самая эффектная вещь, которую можно увидеть в любительский телескоп, и не показать его было просто непростительно! По всей видимости, учительница сама плоховато знала небо или просто забыла об этом.

Именно с этого дня я и стал следить за Венерой и Юпитером. Вставал на зарядку рано, в 6 часов. Чтобы не разбудить соседа по комнате, Владислава Гринькина, одеваю вполтамах с вечера приготовленную одежду. Прохожу по длинному коридору мимо столовой, первому корпусу, выхожу на крыльцо, вдыхаю морозный воздух.. Побежал! Обычно делал 1-2 четырёхкилометровых круга. И на востоке висела яркая, похожая на дальний фонарь, Венера. Ясных дней было много и я воочию день за днём следил за изменением условий её видимости. Часть большого круга я бежал прямо на неё.

Но вот полученное задание - написать реферат на тему "исследование Луны космическими аппаратами" и сделать подвижную карту звёздного неба - не выполнил. Даже и не пытался приступить. Все зимние каникулы пробежал. Хорошо, что всё сделал Владислав, а задание было как бы на двоих. Он и сдал его. Подвижную карту сдал Олег Смагин (помню и даже вижу, как он с ней подходит к столу). Сдали свои работы и другие. А я карту и в руках не подержал и в глаза не видел. Видно, интерес к звёздам ещё не был таким практическим или просто и так хватало интересов.

И всё же есть одно событие, с которого меня уже можно назвать любителем астрономии. Было это в январе или феврале. Однажды, вдруг, я проснулся часа в три ночи и подошёл к окну. Была ясная звёздная ночь. Ярko светила Луна с уже хорошо заметным ущербом. На снегу отлично выделялась тень соседнего корпуса; наметённые ветрами снежные бугры под окном тоже давали чёткие, с плавными контурами тени. Тишина. Спит весь город. Лунные тени на снегу и её печальный лик в небе. Эта картина поразила и запомнилась. Сон как рукой сняло. Несколько минут я стоял и смотрел на этот пейзаж лунной ночи.

Случилось и ещё одно происшествие, связанное с Луной. По понедельникам, на вечерней тренировке, у нас обычно был длинный кросс, в тот раз я собирался бежать 20 километров. Уже темнело, но я смело двинулся привычным маршрутом в ближний лесопарк: вчера сияла яркая полная Луна, и я надеялся, что и сегодня она вскоре взойдёт и будет освещать мой путь. И вот бегу в лесу по тропинке, сумрак уже такой, что почти ничего не видно. Для тех, кто не бывал за городом ночью в лесу, расскажу: это не страшно. Город освещает облака над собой, они отражают этот свет и на много километров от города достаточно светло, настолько, что можно двигаться без опаски. Тем более зимой по снегу. Но это в пасмурную погоду. В ясную облаков нет, и за городом значительно темнее. Но всё же, если есть снег, двигаться можно. Итак, бегу по лесу, а Луны всё нет. Пробежал половину, повернул обратно - нет. Тропинка уже еле угадывается, бегу скорее ногами на ощупь, чем по зрению. Вот наконец лес кончается, город, открытое место. Но и здесь я не вижу Луны. И только когда прибежал в интернат, сходил в душ, на ужин, только после этого, на самоподготовке, увидел наконец полный красный диск, да и то ещё у самого горизонта. Почему Луна так опоздала - этот вопрос меня заинтересовал.

А днём 13 марта 1979 года Валера Тапилов предупредил меня, что сегодня ночью будет лунное затмение. Я решил его посмотреть, но не знал точного времени. Вечером легли спать; я то и дело вставал и смотрел на Луну. Была исключительно ясная погода, луна - небывало яркой. Но затмение всё не начиналось. Где-то до полпервого ночи я за ней следил, затем это стало невозможно: Луна переместилась ближе к меридиану и из нашего окна стала не видна. В конце концов я уснул. А



затмение всё-таки было; Валера наблюдал его всей семьёй, спать легли только когда Луна уже выходила из тени. Он рассказал об этом на следующий день. А вечером этого дня, 14 марта, я наблюдал восход Луны, сидя в классе на самоподготовке.

Тогда мне впервые показалось - и сейчас тоже - что после полнолуния Луна какая-то другая. Перед полнолунием она блестящая, после как-то... выглядит осунувшейся. Какой-то резкой, а не размытой. Иллюзия? А Вы замечали что-нибудь? А тем вечером я сидел в классе, смотрел на поднимающуюся Луну и писал письмо сам себе в 2000-год. Письмо это благополучно дошло.

А в мартовские каникулы (тогда они были с 21 по 31 марта) мне попал в руки журнал "Наука и Жизнь", № 8, 1976, со статьёй Подъяпольского "Ваш первый самодельный телескоп". Короткофокусные лупы у меня были, ещё от того фильмоскопа, а оказывается, для телескопа нужна ещё длиннофокусная, с фокусом 1 метр и оптической силой +1 диоптрия. Линзу я выпросил в магазине "Оптика" (тогда без рецепта врача ничего не давали). Она была менисковой, то есть вогнутой в одну сторону) и потому давала очень сильные искажения. Впоследствии я покупал плоские линзы, насадочные для фотоаппарата, при том же фокусе они дают вполне приличное изображение. Но тогда я этого не знал. Радостный, шагал по ярко освещённому мартовским солнцем улицам домой. Волнуясь, достал линзу дома и стал делать телескоп. Взял кусок трубы от железной гардины, в неё удачно вошла трубка от пылесоса. Линза была слишком большой, резать её я побоялся и просто прилепил пластилином к трубе. Первый телескоп был готов!

Хотя в статье Подъяпольского и было указание, что надо обязательно изготовить штатив для телескопа, но первым делом я решил посмотреть так. И хотя увеличение было всего 33х, но даже и при таком слабом масштабе смотреть с "рук" оказалось невозможным - всё тряслось. Ночью, когда проявилось, навёл трубу на звезду прямо через двойное оконное стекло, и увидел цветную полоску - спектр. Оптические неоднородности в оконном стекле так велики, что никакого изображения, вообще говоря, получиться не может. Впоследствии давал одному знакомому телескоп "Алькор", и он мне рассказывал, что отлично всё видно, а Луна "вообще". Телескоп он брал показать ребёнку. И вдруг выяснилось, что смотрели они... из комнаты через оконное стекло! Что там можно было увидеть? - Да ничего. Впрочем, читал и в газетах заметки об "НЛО", что его наблюдали в бинокль (а это был Марс) из квартиры, и подробно описывали возникающие при этом световые эффекты как реальные ("кружащиеся звёздочки", "лучи света", и т. д.). Казалось бы, открой форточку и сравни две картинки: здесь и там, и сразу станет ясно, что реально, а что оптическая иллюзия. Но, видимо, уровень критического мышления у большинства людей очень невысок.

Люди, впервые смотрящие в телескоп, просто ставят меня иногда в полный тупик такими вопросами: а что это там за туман рядом с Луной? Или - а что это там за трава растёт на Луне? Просто устаёшь объяснять, что светлые пятна - блики на стёклах окуляра. Вообще, оптическая система достаточно сложна, хороший окуляр (лупа) склеен из нескольких линз, при определённом положении относительно яркого объекта паразитный свет, преломляясь на многих поверхностях, попадает в глаз. Это легко обнаруживается опытом: стоит немного изменить положение глаза относительно окуляра, и блики исчезают (или наоборот, усиливаются), в то время как наблюдаемый объект почти не меняется. "Трава" на Луне - просто пылинки на одной из поверхностей окуляра. Поверните немного окуляр вокруг своей оси - пылинки сдвинутся вместе с ним. Казалось бы, очень просто, но чтобы это понять, надо, видимо, посидеть ночью с телескопом одному...

Итак, стало ясно, что без штатива смотреть в трубу даже с небольшим увеличением невозможно, и я принялся за сооружение штатива. Сколотил из досок и гвоздей за какой-нибудь час. Вращающуюся головку сделал из гвоздя, болта и гайки. Не слишком эстетично и не очень удобно, но смотреть уже можно. Кстати, даже бинокль при астрономических наблюдениях нужен штатив. Неподвижное (не трясущееся) поле зрения позволяет увидеть намного больше, да и удобно: бинокль наведён и закреплён, руки свободны, можно спокойно рассматривать звёздную карту, отождествляя звёздные поля.

И вот я впервые увидел лунные кратеры. По карте Луны (в той же "Науке и Жизни") впервые сам увидел загадочно звучащие прежде названия Море Кризисов... Море Ясности... Океан Бурь. Вот только дата, когда это было, вызывает сомнения. Наблюдал вечером весной, это точно. Но новолуние в том году было 28 марта, значит, первый раз я её мог увидеть вечером 30 и 31. По всей видимости, это было не в каникулы, а позже, в первую неделю апреля, когда я приехал из Свердловска домой на выходные. А в том апреле как раз была вспышка сибирской язвы в Свердловске, и нам рекомендовали не ездить по домам. Но я, скорее всего, всё-таки ездил.

Отчётливо помню надпись на деревянном ложе моей трубы: МАРТ 1979. Луну я наблюдал в том апреле. Хорошо помню, младшие ребята - соседи по интернатовской общаге - потрясли меня известием, что в ЦУМЕ появились в продаже настоящие телескопы. Я чуть не сразу поехал смотреть. Это был зеркальный (рефлектор) "Алькор", максимальное увеличение 133х, в деревянном чемоданчике. При мне один пожилой мужчина его купил. Долго осматривал его, вглядывался в окуляр. А я смотрел на него, счастливого. 130 рублей - это была недоступная цена. Нечего было и думать выпрашивать такую сумму у родителей. Я и не просил, и даже не рассказал им об этом. "Алькор" за те же 130 рублей купил через два года, перед солнечным затмением 31 июля 1981 года.

А тогда я только посмотрел на него и уехал. Впереди была подготовка к выпускным школьным экзаменам, к другим вступительным экзаменам.

Теперь за текущими делами я уже никогда не забывал о небе: промежду делом следил за изменением фаз Луны, если бывал дома - смотрел в свой телескоп. По-прежнему особенно поражали лунные ночи: тишина, далёкие таинственные звуки, тени деревьев и зданий в свете Луны. Одна такая ночь запомнилась особенно. В августе 1979 я жил в Свердловске, в общаге при УПИ, в качестве абитуриента сдавал экзамены. Поздним вечером 6 августа вышел на улицу, на большую пустырь возле общаги. Был ясный тёплый вечер, бешено светила полная Луна. Почему вдруг я запомнил эту дату - ведь она не связана ни с какими событиями личной жизни? Не знаю. Вспоминаю строки у Рея Брэдбери:

Не бродить уж нам ночами,  
Хоть и манит нас Луна  
Серебристыми лучами.  
А душа любви полна.

Меч сотрёт железо ножен,  
И душа источит грудь.  
Вечный пламень невозможен,  
Сердцу нужно отдохнуть.

Пусть влюблёнными лучами  
Месяц тянется к земле -  
Не бродить уж нам ночами  
В серебристой лунной мгле...

"В серебристой лунной мгле" - таинственность лунной ночи; "не бродить уж нам ночами" - мысли о недолговечности земной жизни, о том, что же вечно в этом мире. Может, эти мысли так или иначе посещают каждого лунной ночью, пусть даже неосознанно?

Луна - куда более постоянный объект на нашем небе, чем даже ... звёзды. Изменения в расположении звёзд на нашем небе станут заметными спустя десятки тысяч лет; спустя сотни тысяч лет будет уже весьма трудно отождествить старые созвездия; через миллион лет рисунок созвездий на небе будет совсем другим. Знакомые звёзды удалятся от Земли; на смену им приблизятся другие в своём движении по галактической орбите. А вот лик Луны будет всё тот же; так же периодически будет меняться её фазы, происходить затмения. Небольшое её вековое удаление от Земли почти незаметно, так же, как и увеличение продолжительности суток. Самые молодые лунные кратеры имеют возраст 60 миллионов лет, это означает, что во времена динозавров печальный лик Луны был таким же, как сейчас. А вот картина звёздного неба изменилась десятки раз... Не в генах ли у нас заложено преклонение перед Луной? И о чём думали динозавры ясной ночью в полнолуние?

В сентябре 1979 сдал документы в училище у себя в Нижнем Тагиле. Начал тренироваться с новыми ребятами

и тренером. В старой школьной тетради по обществоведению начал вести записи о наблюдениях за небом. Первая запись помечена 10-ым сентября 1979 года. Здесь записано, что Венеру и Юпитер ещё не наблюдал. По всей видимости, у меня уже был отрывной бумажный календарь на 1980 год, там печатались сведения о видимости планет и затмениях. Там же была карта звёздного неба размером чуть больше спичечного коробка; я пользовался ей больше года. Карты отдельных созвездий были в книге В. П. Цесевича "Что и как наблюдать на небе", которую я купил в том августе.

В свою тетрадь выписал сведения о трёх полутеневых лунных затмениях 1980 года и попытался вычислить, когда будет лунное затмение в 1979 году, используя знания, полученные по учебнику астрономии Воронцова-Вельяминова (он у меня сохранился до сих пор). Наверное, можно было пойти в библиотеку и попытаться найти там какой-нибудь астрономический календарь; но почему-то я этого не сделал, а может, ещё и не знал, какие есть справочные издания по астрономии.

Итак, как записано в моей тетради, "лунное затмение можно ожидать в любое полнолуние, наиболее вероятно оно в октябре". Вполне естественно, так как сентябрьское полнолуние уже минуло, а промежуток между двумя лунными затмениями - 5-6 месяцев. Следовательно, нужно вычислить момент наступления полнолуния - ведь затмение будет только в близкий к этому момент. (Если вообще будет!). С точки зрения теории движения Луны это простая задача. Но попробуйте сделать это с одним учебником астрономии (а тогда только появлялись первые калькуляторы, и я в руках его не держал). Поэтому я выписываю полнолуния 1980 года и пытаюсь найти закономерность в изменении промежутка времени между ними. Интересно посмотреть на результаты:

1980, Полнолуния. (моск. время)	Промежуток времени между соседними полнолуниями
2 января 12.03	
1 февраля 5.22	29 с. 17ч.22мин.
1 марта 24.00	29 18.38
31 марта 18.15	29 18.15
30 апреля 10.36	29 16.21
30 мая 0.28	29 13.14
28 июня 12.03	29 12.01
27 июля 21.54	29 9.49
26 августа 6.43	29 8.49
24 сентября 15.09	29 8.20
23 октября 23.53	29 8.50
22 ноября 9.40	29 9.47
21 декабря 21.09	29 11.40

При среднем значении синодического месяца 29 суток 12 часов 44 минуты отклонения, как видно, доходили до 6 часов. Но заметно, что сами отклонения меняются плавно, и на самые ближние к январскому полнолунию даты их можно предсказать. Тогда, для себя, я выписал возможные моменты (по "нашему" времени):

1979, полнолуния			
5 октября	24 ч	++	3 часа
4 ноября	10	++	2 часа
3 декабря	22	++	1 час.

Конечно, ошибка могла быть и больше, но какое-то руководство к действиям было. Только в эти декабрьские дни 2004 года я решил проверить, насколько точны были те предсказания. Вот моменты полнолуний, вычисленные моей программой "Астрономический Календарь":

1979, полнолуния. Программа АК 4.06	
6 октября	0.36
4 ноября	10.47
3 декабря	23.08

Ошибка в пределах часа - великолепный результат, учитывая все обстоятельства!

Я стал ждать 5 октября, а пока принялся рассчитывать условия видимости планет осенью 1979 года по известным данным календаря на 1980. Для этого использовал данные о синодических периодах видимости планет, взятых из учебника астрономии. Для Венеры, разбив её синодический период в 584 дня пополам, получил, что за Солнцем она находится в сентябре. "Значит, ни в октябре, ни в ноябре увидеть Венеру не удастся. Наилучшее время для наблюдений - лишь весна

1980 года". Для Юпитера сделал предсказание, что его можно видеть в октябре низко над горизонтом на востоке в созвездии Рака. Вообще-то в это время Юпитер был уже в созвездии Льва, близ его главной звезды Регул, и восходил уже в 3-4 часа ночи. Это ошибка. Да и созвездие Рака в это время уже значительно выше над горизонтом, достигает к рассвету высоты в 40°. Увы, такой простой вопрос, как условия видимости планет, легко решаемый с помощью подвижной карты звёздного неба, мне в то время был недоступен. А ведь мне уже 17 лет и я закончил школу! А ведь всего-навсего надо было сделать подвижную карту неба и посидеть, "поиграть" с ней! С дифференциалами и интегралами в рамках школьной программы обращаться легко, а системно разобраться с такими простыми вопросами элементарной астрономии почему-то в голову не приходило.

Запись утром 18 сентября 1979 года: "ни вечером, ни рано утром вблизи эклиптики не было видно планет. В 5.05 - летящая звезда, первой величины, видимо, крупный спутник". Благодаря той маленькой звёздной карте я уже представлял, по каким созвездиям проходит эклиптика, и именно там высматривал планеты. Но Юпитер был у самого горизонта и, видимо, прятался в утренней дымке. Не увидел я и Луны, бывшей недалеко от Юпитера в 8° над горизонтом. Видимо, действительно был туман. Но вот Марс на высоте почти 30° в созвездии Близнецов я тоже не обнаружил! Тут уж сказались незнание созвездий. В мае 1978 мы переехали на Красноармейскую, 123, жили теперь на 8-ом этаже, с отличным обзором на север и запад. Особенно это удобно для наблюдений зимой: телескоп на балконе, в любой момент можно зайти, погреться. И только для наблюдений в восточной части неба нужно было выходить на улицу. Тогда, 18 сентября 1979 года, в 5 утра, я стоял возле дома и вглядывался в звёзды над головой. Знакомых созвездий было очень мало. Ориентироваться по имевшейся микрокарте трудно. Но... Для большинства людей встать в 5 утра, чтобы посмотреть на звёзды - действие, граничащее с безумием. Звёзды им просто не нужны.

4 октября Луна уже выглядит абсолютно круглой. Попробуйте определить момент полнолуния по наблюдениям. Без компьютера и калькулятора. Я тогда поступил так: близ меридиана, на юге, в 11.45 засёк азимут Солнца - заметил точку на соседнем доме, над которой оно было. Затем запись: "Луна была над этим местом в 22.45 - 22.55, т.е. разница составила 11ч - 11ч 10 мин. Это подтверждает, что момент полнолуния будет завтра, вероятно после полуночи". В момент полнолуния Луна и Солнце находятся в противоположных точках неба, между ними 180 градусов или 12 часов времени между их кульминациями. Несмотря на всю грубость этого метода, примерно определить момент полнолуния можно. Затем - "в телескоп хорошо видно, что левая сторона ещё освещена не вся, на этом краю заметны неровности терминатора, несколько кратеров. Отлично виден кратер Тихо с радиально расходящимися белыми лучами". Вечером 5 октября слежу за Луной - не начнётся ли затмение. Подобно древним вавилонским жрецам, не умевшим их точно предсказывать и потому пристально за Луной следивших. Моя любительская астрономия началась и с первого телескопа Галилея (он как раз по параметрам подобен ему) и с наблюдений за несостоявшимися затмениями. За Луной следил до часу ночи, затем запись: "Скорее всего, оно было в сентябре". Так оно и было.

23 октября утром, наконец, нашёл Юпитер на восточной части неба. Это было моё самостоятельное его открытие. То есть один раз я его уже видел в хороший телескоп, но теперь "открыл" сам, без справочников, календарей и чьей-то помощи.

Затем в тетради - реферат о Луне. По учебнику астрономии. То есть то, на что не хватило времени в школе, теперь делаю просто для себя. Добавляю и свои наблюдения Луны. Иллюстрация, прямо в тетради, лунных кратеров: каплями застывшего олова. Попробуйте сами: капли расплавленного олова, падая на не слишком твёрдую поверхность, застывают в виде кольцевого вала и центральной горки.

Интересно наблюдать сближение Луны с планетами: запись от 13 ноября 1979, 4.55: "Луна проходит близ Юпитера. Возможно, даже затмит его своим диском. Сейчас до него осталось около 3 Лун". То есть примерно полтора градуса. На деле было 3°. И впоследствии этот эффект всё время проявлялся: Луна представляется глазу



вдвое больше, чем есть на самом деле, т.е. около 1 градуса в поперечнике (на самом деле 0,5°). Измеряя расстояния на небе "в Лунях", всегда ошибался в 2 раза. 17 ноября, 4.30, выхожу на улицу с телескопом: "сам Юпитер виден как маленький белый шарик, но спутников почему-то не видно. Попробую убрать диафрагмы и посмотреть утром ещё раз". Диаметр трубы моего первого телескопа был около 3 сантиметров, но я ещё установил после объектива диафрагму диаметром 1 см. (По совету Подъяпольского). Это снизило разрешение и светосилу, но существенно уменьшило искажения, даваемое очковым стеклом объектива. Благодаря этому неплохо были видны детали на Луне; а снижение яркости в этом случае наоборот, сказывается благоприятно - не слепит глаз. Почему не удалось увидеть спутники Юпитера - непонятно. Возможно, была небольшая дымка, ослабившая их свет. Но мне вообще не удалось их увидеть в этот телескоп. Спутники я увидел следующей зимой в трубу, сделанную за 5 минут из плотной бумаги: в качестве объектива использовал насадочную линзу для фотоаппарата +2 диоптрии (фокус 50 см). Увеличение она давала только 16X, но как видно увеличение не самый главный фактор, если при этом велики искажения. Если Вы решите сделать себе такой простенький телескоп, поищите линзу +1 в магазинах фототоваров. Чем короче фокусное расстояние объектива (из одной линзы), тем больше искажения. Но вот с трубой длиной 2 метра уже работать не удобно. Пожалуй, именно метровый телескоп является оптимальным вариантом. Лучше конечно использовать готовые трубы или телескопы, но... если есть деньги. Если нет - вполне для начала можно обойтись самодельным.

Продолжаю отмечать соединения Луны с планетами: утром 11 декабря Луна уже в 4 своих дисках от Юпитера ("прошла" его). И действительно между ними чуть больше 2°. 18 декабря вечером впервые замечаю Венеру. После захода Солнца внимательно вглядываюсь в синезелёное небо у горизонта на юго-западе. По мере того, как темнеет, снова провожу обзоры. Наконец белая точка на светлом фоне замечена! Она вблизи горизонта и вскоре заходит. Открыта вторая планета солнечной системы! А вот точной даты первого (осознанного) наблюдения Марса нет. 23 декабря я уже зарисовываю его вместе с Юпитером на фоне созвездия Льва и отмечаю, что "в ноябре Марс был западнее Юпитера, теперь он восточнее. Смещение этих планет хорошо заметно даже в течение нескольких дней (относительно друг друга)". Движение планет на фоне звёздного неба - третье наиболее интересное для начинающего любителя явление после лунной поверхности и движения Луны по небу. Для этого уже нужна карта, надо знать созвездия и регулярно следить за небом. Впрочем, я встречал людей, которые наблюдали движение планет без карт и даже не зная названия планеты. Они просто отмечали, что "одна звёздочка постепенно смещалась и ушла". На мой взгляд, для этого надо обладать незаурядной наблюдательностью.

"21 декабря Луна прошла близ Венеры. Но она была выше её примерно на 4-5 своих дисков".

"7 января 1980. Сегодня Луна прошла близ Юпитера. Около восьми утра они были на одном небесном меридиане. Луна была ниже Юпитера, как и в прошлые прохождения, примерно на половину своего диска". А вот как интересно описываю соединение Венеры с Луной в январе: "21 января. Сегодня третий день после новолуния, однако Луна уже довольно большая и находится примерно в сутках 'ходьбы' от Венеры, т.е. возле неё она, видимо, прошла вчера". Как видно, я уже хорошо усвоил, что Луна сдвигается на небе за сутки на 13° к востоку, и уже уверенно определяю это расстояние на глаз. Действительно, 20 января в нашем городе вечером, на тёмном небе, можно было видеть покрытие Луной Венеры. Но или погода в тот воскресный вечер была пасмурной, или я был на соревнованиях, но пропустил это явление. А как жаль! Какой был подарок начинающему любителю астрономии без календаря, карт и самодельной трубой из очкового стекла!

А пока в преддверии полутеневого лунного затмения 1 марта 1980 года решаю проблему видимости полутени на Луне. Рассчитываю размеры тени и полутени Земли на расстоянии до Луны; получаю, что полутеневое лунное затмение может быть даже полным, то есть Луна может целиком погрузиться в полутень, не заходя в тень. Внимательно читаю листок календаря, где указывается фаза полутеневого лунного затмения 0,68 и описываются

районы Земли, где оно будет видно. Обращаю внимание на слова "будет видно", (то есть заметно глазом?). Читаю описание лунного затмения в книге В. П. Цесевича "Что и как наблюдать на небе" (а это очень хорошая книга, там есть и карты созвездий. Долгое время они были единственными, чем я мог пользоваться). В описании Цесевича перед началом частного затмения край Луны начинает темнеть. Но когда, при какой фазе? Наконец, делаю модель системы Земля - Луна из двух пластилиновых шариков, подвешиваю их на ниточках и в качестве Солнца использую... само Солнце! Ясные февральские дни этому способствуют. Располагаю "луну" вблизи тени шарика-земли и внимательно смотрю, когда видна полутень. Различить её трудно, но слегка покачивая шарик - Луну, я вроде бы её вижу. Но вопрос остаётся открытым. Жду затмение. Напряжённо слежу за тем, будет ли ясная погода.

"1 марта. Календарь затмения.

11.00 Ясно, -9,5°. Ветер северо-западный, умеренный. На северо-западе дымка.

14.15 Ясно. Лёгкие перистые облака в северо-западной части неба. -4°.

Ветер северо-западный, сильный.

18.26 - Заход Солнца. По всему небу раскиданы лёгкие перистые облака. Уже отчётливо видна Венера на западной части неба.

18.55 Смотрел на Луну - она уже прошла Юпитер и Марс, находится примерно в полусутках "ходьбы" от них. На небе появилась хмарь, хотя видно и Луну, и планеты.  $t = -6^\circ$

23.48 4 минуты назад должно было начаться затмение, но пока ничего не видно, т.к. всё небо затянуто тучами, хоть сквозь них Луну и видно, но каких-то подробностей в телескоп не разглядишь.

00.27 Вот уже 43 минуты идёт лунное затмение, но я до сих пор ни простым глазом, ни в телескоп не смог разглядеть сколько-нибудь мало-мальского потемнения лунной поверхности.

00.46 До наибольшей фазы затмения - 1 час. Луна вся абсолютно белая.

2.00 Когда Луна была в тучах, вокруг неё иногда появлялись красивые цветные круги - радуга. Сейчас она вышла на ясное небо и календарь утверждает, что закрыто 0,68 её поперечника, но я не могу подтвердить это ни на один процент. Луна просто бешено ярко, хоть читай и пиши в её свете, но потемнение каких-то областей я обнаружить не могу. Я предполагал, что затмение будет едва заметным, но такого не ожидал. Даже прикладывая долю воображения, я не мог зафиксировать факт затмения".

Это было уже второе ожидавшееся, но не состоявшееся затмение в "моей истории". Что можно рассказать о видимости полутени Земли на Луне? Каких-то подробных описаний в литературе я не встречал, обычно описывается проблема яркости земной тени. В той же книге Цесевича при наблюдении лунных затмений рекомендуется отмечать моменты, когда становится заметным потемнение лунного края. Такие наблюдения впоследствии я проводил. Иногда полутень бывает вовсе не заметна - всё начинается в момент начала частного теневого затмения. Иногда полутень заметна хорошо - например, во время затмения 3 марта 1988 года с частной фазой 0,00 невооружённым глазом просматривалось (и очень хорошо) потемнение 0,1 диаметра Луны; в телескоп край Луны близ тени был очень тёмным и плавно светлел к другому краю. Хорошо наблюдалось полутеневое лунное затмение 31 января 1999 года (зафиксированное мной на видео). Значит ли это, что яркость земной полутени изменчива, как и самой тени? Может быть, да, а может, и нет. Возможно, оказывает большое влияние погода: на ясном тёмном небе Луна слепит глаз и полутень незаметна; при небольшой дымке глаз лучше различает изменения в освещённости лунной поверхности. Во всяком случае, к лунному затмению подготовьте фильтры, ослабляющие свет Луны в разной степени (в том числе цветные) и попробуйте поэкспериментировать. Полутень становится заметна при фазе 0,8 и больше; но, например, снимая лунное затмение 16-17 сентября 1997 года на видео, я заметил, что при маленьких выдержках видно потемнение Луны до 1/3 её диска от края тени. Невооружённым глазом этого было не видно; связано это с реальным потемнением или эффектами видеокамеры, не ясно. Во всяком случае,

вопрос о яркости полутени оставляет место для любительских исследований.

А пока я, несмотря на разочарование от несостоявшегося затмения, с увлечением продолжаю следить за небом. Запись от 9 марта 1980:

«Сейчас вышел на балкон с северной стороны, сел так, чтобы в глаза не попадал свет от фонарей. Через несколько секунд я увидел столько звёзд! И понял, что совершенно не знаю созвездий. Хотел бы я в такую ночь очутиться где-нибудь в лесу, чтобы без помех познакомиться с созвездиями неба. Сейчас же мой скудный запас знаний пополнился ещё одним созвездием – Кассиопеей.

*Как прекрасно ночное звёздное небо и Венера, пылающая на западе среди звёзд вселенским костром! Созвездия, которые я знаю на сегодня (и могу отыскать на небе): Б. Медведица, Орёл, Кассиопея, Орион, Рак, Лев. Звёзды, которые я знаю и могу найти: Вега, Сириус, Алголь, Арктур».*

Те, кому знакомы эти звёздные имена, сразу добавят к выше перечисленным созвездиям Лиру, Большого Пса, Персея и Волопаса. А в целом вот несмешно – изредка, по созвездию, я изучал небо. Я никуда не спешил. Смотрел на звёзды, только когда была возможность и желание.

18 марта устанавливаю личный «рекорд», заметив молодой месяц в 19.57; через 44 часа после новолуния. По-прежнему не вижу в свой телескоп ни фазы Венеры, ни спутников Юпитера.

А в апреле 1980 года едем на сборы в Орджоникидзе (ныне Владикавказ), и я получаю возможность любоваться южным звёздным небом. Записей об этом периоде в дневнике нет, но я помню, как поздно ночью 8 апреля едем из аэропорта Минеральных Вод в Орджоникидзе. На заправке нас высадили, и над головой – Лев с Марсом и Юпитером! Вдали от города, на юге, вид просто великолепный. И незабываемый. Показываю их всем ребятам (и девчонкам), членам нашей команды, практически моим одногодкам. Это прежде всего Саня Пронюк, с которым тренировались весь этот год; Коля Костромин, бегавший дистанцию 400 метров и всегда называвший её «круг». Валера Рыбин, откровенно друживший с Мариной Брагиной; Ольга Баскакова, бывшая моя тайная симпатия детства. Некоторых из них изредка встречаю и теперь; другие – и большинство – давно ушли из моего круга, и ничего о них не знаю. Ох, и прав же Иммануил Кант – звёздное небо ничто без нашего внутреннего мира. Эту ночь и эти звёзды над головой я бы никогда не запомнил, не будь рядом друзей.

Спортивные сборы – это зарядка утром и две тренировки днём: в 11 часов и в 17. Утром, на первой же зарядке на новом месте (а это небольшой кросс в 6-8 км) вижу старую Луну и сразу отмечаю, что она здесь существенно выше над горизонтом, чем у нас. Это понятно и без расчётов: чем ближе к экватору, тем ниже над горизонтом северный полюс мира с Полярной звездой и выше небесный экватор и эклиптика. Но одно дело – знать это, другое – только что видеть старый месяц по утрам у самого горизонта, и вдруг – достаточно высоко в небе.

В середине апреля около недели шёл снег и даже лежал на земле, но по большей части погода была ясной. Жили в мотеле, по два человека в комнате, окна выходили на запад. В вечерних сумерках сразу вспыхивала Венера, благодаря мне все об этом знали. На юге и западе возвышались заснеженные вершины Кавказа. Поздно вечером можно было выйти на балкон и видеть, как за горами исчезает «Богиня Любви», как её называл Валера Рыбин. На смену ей выплывали Марс и Юпитер. Наверное, можно было воспользоваться этими вечерами для изучения созвездий, но я этого не делал. Все силы отдавал тренировкам, вечером мы с Саней Пронюком читали учебники, потому что учились в одном училище и отпустили нас с условием, что не отстанем в учёбе. А ещё собирались все вместе, слушали музыку, разговаривали. Провели шахматный турнир; съездили на экскурсию по военнo-грузинской дороге до Казбегов. Гуляли и днём по городу. В общем, астрономия была постольку-поскольку. Да она в принципе и никогда не заслоняла мне всей остальной жизни, а была к ней полноценным довеском. Мне приходилось читать о любителях астрономии, затративших на изучение неба сотни часов, целенаправленно занимавшихся поиском комет, наблюдениями переменных

звёзд, построивших себе отличные телескопы и обсерватории.

Я никогда столько времени своему занятию не уделял. Может, всё зависит от жизненных обстоятельств – если вдруг появилось много свободного времени, можно и более серьёзно заняться астрономией, получая и ценные научные результаты. Или просто пропагандировать астрономию, привлекая к этому делу школьников – по своему опыту знаю, такие занятия, прикосновения к Вселенной, остаются в памяти на всю жизнь. Как-то, уже после армии, занимался с ребятами в нашем доме. Судьбы их впоследствии сложились по-разному, но те несколько месяцев, что мы занимались дома и проводили на крыше у телескопа, они вспоминали потом спустя много лет. Наблюдения метеорных потоков проводил не столько для получения научных результатов, сколько для того, чтобы полюбоваться ночным небом и пейзажем. Именно пейзажем – посидеть одному (а это полезно), послушать ночные звуки. Увидеть, как быстро проносятся в причудливом лунном свете кучевые облака, в промежутках между ними вспыхивают метеоры. Как вдали над кромкой загадочного ночного леса плывёт Юпитер. Да и просто выйти ночью из дома, чтобы увидеть, как повернулся за прошедшие часы Млечный Путь, какие новые созвездия взошли на востоке. Или просто полюбоваться в бинокль сближением планет, когда они близко подходят друг к другу и видны в поле зрения вместе.

Можно ли это назвать любительской астрономией? На мой взгляд, да. Если утром, идя на работу, Вы знаете, что это за планета висит в небе – Вы астроном-любитель. Или хотя бы знаете 2-3 созвездия и при случае не упустите возможности найти ещё одно. Или, увидев яркую звезду возле Луны, ощутите внутреннюю потребность узнать, что это – звезда или планета. Астрономия как наука когда-то началась с такого бескорыстного интереса. С внутренней необъяснимой тяги к познанию.

Каждый начинающий любитель астрономии в своей практической деятельности проходит через самый трудный и самый интересный этап – изучение звёздного неба. Это ознакомление с суточным движением светил, распознаванием созвездий, планет в них, знакомство с объектами в бинокль и телескоп. На всё уходит (с учётом нашей пасмурной погоды) 2-3 года, после чего любитель, которого теперь уже по праву можно назвать опытным, выбирает «серьёзную» программу наблюдений, которая может при определённых условиях принести научные результаты. (Впрочем, я по этому поводу испытываю глубокий пессимизм. Ведь даже такое выдающееся для любителя событие, как открытие кометы, сегодня уже мало что даст науке. Разве что деталь в статистику. А результаты наблюдений любителями переменных звёзд – области, когда-то широко разрекламированной популярной литературой как «любительской» у профессионалов ничего, кроме улыбки, не вызывает. Слишком уж далеко ушла наука от кустарных любительских методов).

Но пока я находился в этом, самом интересном периоде. И порой совершал ошибки, свойственные всем новичкам: например, за всю весну 1980-года так и не смог найти планету Сатурн, так как принимал его за одну из звёзд Льва. Или путал близко расположенные  $\eta$ ,  $\alpha$ ,  $\delta$  Орла – мне почему-то казалось, что яркий Альтаир ( $\alpha$ ) должен быть выше более слабой  $\eta$  - а в действительности, на небе, всё было наоборот. Очень нескорю я понял, что более слабая звезда над Альтаиром -  $\delta$ , а  $\eta$  совсем не рядом с ним, а довольно далеко к югу. Умение правильно соотносываться с масштабом карты приходит при практических занятиях.

В начале мая, вернувшись со сборов, принимаю к своему телескопу, и – не сразу – вижу месяц Венеры! Менисковое очковое стекло даёт настолько плохое изображение, что он тонет в нескольких цветных месяцах! Но тем не менее различается!

С 1 июля уже завожу специальную общую тетрадь для астрономии (а до этого писал в школьной, по обществоведению). Записываю не только свои наблюдения и предположения, но и клеиваю вырезки по астрономии из газет и журналов. Только недавно два «Вояджера» передали снимки спутников Юпитера, и печать полна этими сообщениями. Есть статьи по всем планетам, предстоящему появлению кометы Галлея, внеземным цивилизациям, созвездиям. 7 июля наблюдаю восход



Солнца и отмечаю 3 момента: край диска 4.16, полностью вошло (нижний край) 4.20; астрономический восход 4.18. Астрономическим восходом тогда я считал восход середины солнечного диска, хотя в астрономии такого понятия нет. Восходом считается момент появления верхнего края. Не знал я тогда и про рефракцию – искажения хода лучей в земной атмосфере, из-за чего все светила у горизонта как бы «приподнимаются» на полградуса. Это значит, что когда диск Солнца уже отрывается от горизонта, «на самом деле», (если бы не было атмосферы) его восход только начинается. В астрономии при расчётах восходов – заходов светил учитывается и рефракция. Интересно, недавно послал свою программу «АК» одному любителю, а он спрашивает по e-mail: «а восход Солнца дан для края или середины диска Солнца?». Видимо, все любители в своих занятиях проходят через одни и те же стадии познания, и может быть то, что я пишу сейчас для себя, кому-нибудь окажется полезным?

А восход Солнца – это не момент времени. Это радостный летний рассвет; утренный хор птичьих голосов и неимоверное кваканье лягушек на необитаемых островках в пойме реки Тагил, что великолепно видна с моего балкона на 8-ом этаже. Лёгкий туман над этими островками, делающий их загадочными, необычно пустынные в столь ранний час улицы города. Чувство радости от того, что покрытые росой затуманенные лесные поляны уже ждут тебя. Астрономия это или любованье природой? Или это одно и то же?

В июле ожидается полутеневое лунное затмение с фазой 0,28, я уже знаю, что разглядеть его не смогу. Поскольку сведений о предстоящих затмениях найти не могу, начинаю думать, как это сделать самому (предсказать затмение). Ещё раз повторю, что в то время я даже простейшего калькулятора в глаза не видел – расчёты вёл с помощью логарифмической линейки. Из учебника астрономии я знал, что лунная орбита наклонена к эклиптике на  $5^\circ$ , что сама линия узлов поворачивается за 18 лет. Из книги Селешникова переписал таблицу для определения дат новолуний и полнолуний (средних дат, соответствующих равномерному движению по орбите). И в период между 10 июля и 24 августа (после исправления некоторых ошибок) составил таблицу для определения затмений, которой... действительно можно было пользоваться! Так как истинный момент новолуния или полнолуния может отклониться от среднего на величину до 18 часов, предсказать затмение в данном месте нельзя, но то, что оно произойдёт именно в это полнолуние – почти наверняка!

Действительно, предсказать затмение довольно просто. Ежегодно Солнце дважды проходит через линию узлов лунной орбиты. (Период возвращения Солнца к одному и тому же узлу называют драконическим годом). Линия узлов вращается навстречу видимому движению Солнца, и дата «встречи» узла с Солнцем (с учётом периода вращения 18 лет) ежегодно будет смещаться по датам календаря на 18 дней. Если полнолуние происходит в 4-5 днях от даты прохождения узла Солнцем – возможно полное лунное затмение. До 11 дней возможно частное. То же для солнечных затмений (12 для центральных и до 18 для частных). Достаточно составить таблицу прохождения Солнца через узел лунной орбиты, сопоставить её с датами новолуний или полнолуний – и можно успешно предсказывать дату затмения и даже его фазу, а для солнечных затмений – в южном или северном полушарии Земли оно произойдёт. Кстати, предполагается, что именно так работала вычислительная машина Стоунхендж – ведь достаточно чисто механически переключать, например, камни из лунок в лунки – одни будут показывать положения узлов, другие – фазы Луны.

Таблицы, составленные по этому принципу, уточнённые по теории движения Луны, я привожу в конце.

В том же августе 1980 года из реек, фанеры и нити с грузиком сделал небольшой квадрант и с его помощью начал с увлечением измерять высоту светил над горизонтом. Выхожу на балкон, устанавливаю квадрант таким образом, чтобы вертикальная черта на размеченном круге совпала с нитью – отвесом. Нить слегка покачивается от ветра – добиваюсь, чтобы амплитуда качаний была одинаковой по обе стороны вертикальной линии. Подвижную рейку, на которой привязана полая трубка от карандаша (визир) навожу на светило. 24 августа измеряю высоту Полярной звезды –  $58^\circ$  (а столько и должно быть).

Измеряю и записываю высоту над горизонтом Солнца и Луны, звёзд, моменты их кульминаций. (И это в то время, когда «наши космические корабли уже бороздят просторы Вселенной!»). А я уподобился какому-то средневековому астроному с примитивным квадрантом! Но получаю от этого явное удовольствие – записанное «26 августа – кульминация Луны 1.26. Высота в кульминации  $18^\circ$ » наполнено каким-то особым смыслом.

Несколько месяцев я этим занимался, усовершенствовав квадрант (1/4 окружности) до целого круга. В верхней части круга из толстой фанеры просверлил отверстие – в него вставлял карандаш, и круг сам собой занимал вертикальное положение – оставалось навести визир на светило. Ветер такому прибору уже не страшен, наблюдения проводятся с рук и быстро. А если положить его горизонтально – можно быстро измерить азимуты и светил, и земных объектов.

Тут же начинаю интересоваться закономерностью изменения высоты светил в разное время. 26 августа «составил таблицу изменения высоты светил над горизонтом вследствие вращения Земли». Считаю, что с её помощью «можно определять моменты восхода и захода Солнца, продолжительность дня и высоту Солнца в кульминации, измерив лишь один раз в любое время высоту Солнца над горизонтом». Задача действительно решается таким образом, но я быстро понимаю, что сама таблица ошибочна. И вскоре в тетради появляются первые формулы сферической тригонометрии, списанные из каких-то книг. В 1984, будучи в армии и находясь в госпитале, я от нечего делать вывел все формулы сферической тригонометрии из плоской. Само по себе это занятие доставило мне удовольствие. Впрочем, как и много раз потом, когда сидел за своими компьютерными программами... Но всё-таки странным путём я шёл – от практики к теории. Современный темп течения жизни требует как раз обратного – сначала глубокой теоретической проработки вопроса, затем – практики. Но, наверное, прежде чем заинтересоваться теорией, надо заинтересоваться хоть чем-нибудь...

Слежу за небом, когда есть возможность. В октябре 1980 едем на сборы в Сочи, я уже вычисляю восходы и заходы Солнца, Луны, планет для этого города на основе данных «школьного астрономического календаря». Погода там тёплая и почти всё время ясная. По утрам бежим на зарядку к морю, и я всегда смотрю на висящие на востоке, построившиеся в линию, Венеру, Юпитер, Сатурн.

22 ноября 1980 уже в Свердловске, впервые удалось увидеть невооружённым глазом Меркурий.

## Вместо заключения

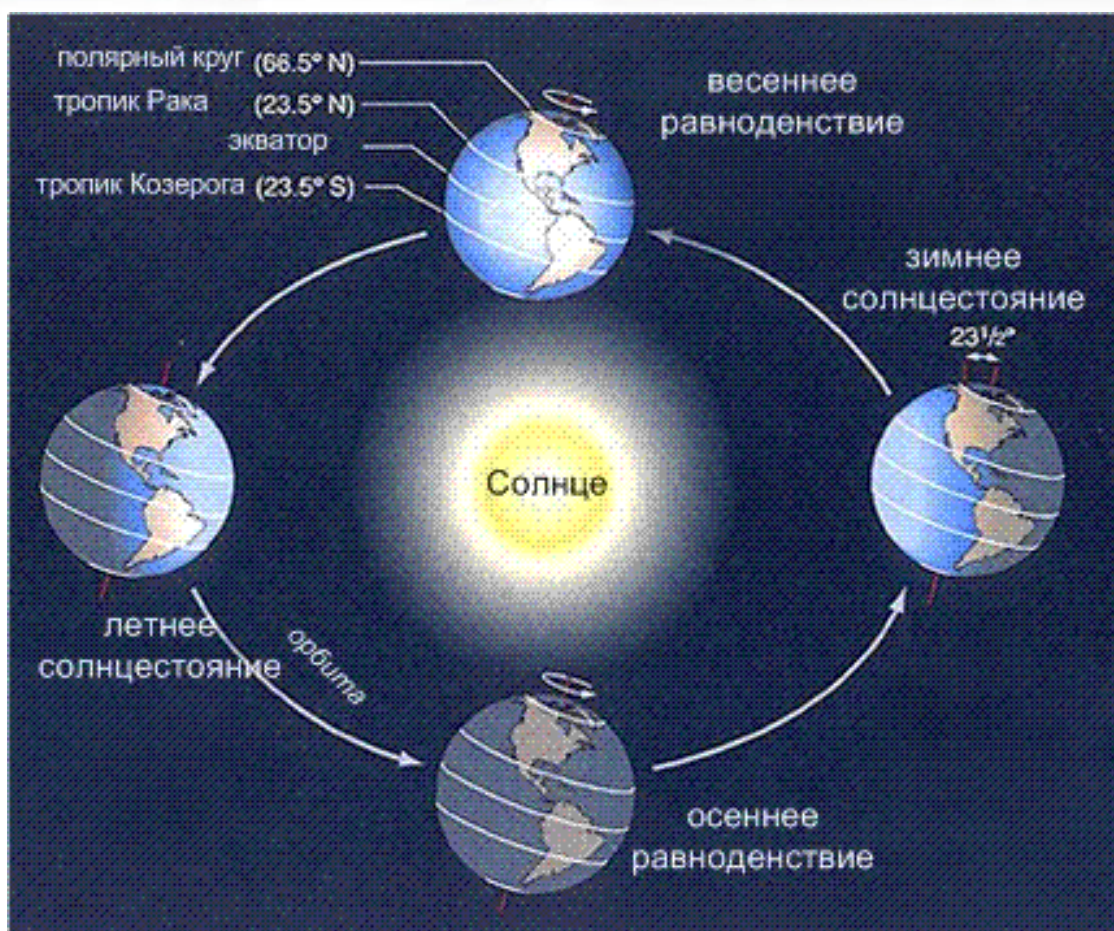
Как я уже говорил, около двух лет уходит на изучение звёздного неба. Летом 1981 у меня появился «Алькор», с ним связан новый всплеск наблюдений. То же случилось в 1985, с появлением в 2 раза более мощного «Мицара». С ним я наблюдал комету Галлея, затмения, прохождения по Солнцу Меркурия и Венеры, фотографировал звёздные поля, Луну, планеты.

Такие наблюдения всегда непродолжительны по времени – обычно не более полугода. Так было в 1999, когда я увлёкся видеосъёмкой Луны в телескоп и усердно снимал её в разных фазах, сделал фильм на видеокассете.

Между циклами наблюдений – большие перерывы, когда только посмотришь на убывающий диск Луны утром по пути на работу или полюбуешься в ясных сумерках огнём Венеры. Ведь повторять наблюдения неинтересно. Всегда нужно что-то новое. Когда кто-нибудь из знакомых спрашивает – «что, наблюдаешь?» – просто нечего ответить. Сказать – нет – значит вроде, астрономией больше не занимаюсь. Да нет, занимаюсь. Смотрю новости в интернете. В деревне, если выдастся погода, посижу с биноклем полчаса. Или просто выйдя в туалет (а он на улице) посмотришь, как повернулся с вечера Млечный Путь. А лунной ночью – как ползут по огороду лунные тени, пока сама она идёт над кромок дальнего леса. Лунные ночи в лесу, особенно тёплые августовские, удивительны. Так что наблюдаю. Да и как не наблюдать – ведь звёздное небо всегда надо мной.

*Нижний Тагил, октябрь 2006*

*Александр Кузнецов, любитель астрономии*



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

1 марта - Луна ( $\Phi = 0,13+$ ) проходит близ Марса и Урана,  
 2 марта - Нептун в соединении с Солнцем,  
 2 марта - Венера в стоянии с переходом от прямого к попятному движению,  
 3 марта - Луна ( $\Phi = 0,26+$ ) в перигее на расстоянии от центра Земли 369060 км,  
 4 марта - Меркурий проходит в градусе южнее Нептуна,  
 5 марта - покрытие Луной ( $\Phi = 0,46+$ ) звезды Альдебаран при видимости в Северной Америке (покрытие звезд Гиад видно в России и СНГ),  
 5 марта - Луна в фазе первой четверти,  
 7 марта - Меркурий в верхнем соединении с Солнцем,  
 7 марта - Луна ( $\Phi = 0,67+$ ) в максимальном склонении (+18,9 градусов),  
 9 марта - Луна ( $\Phi = 0,88+$ ) проходит в 4 градусах к югу от звездного скопления Ясли (M44),  
 10 марта - покрытие Луной ( $\Phi = 0,97+$ ) Регула при видимости в южной части акватории Атлантического океана,  
 11 марта - Луна в восходящем узле орбиты,  
 12 марта - долгопериодическая переменная звезда Т Голубя близ максимума блеска (6,5m),  
 12 марта - полнолуние,  
 14 марта - Луна ( $\Phi = 0,95-$ ) проходит в полутора градусах к северу от Юпитера (близ Спика),

15 марта - долгопериодическая переменная звезда R Лебеда близ максимума блеска (6,5m),  
 18 марта - Луна ( $\Phi = 0,68-$ ) в апогее на расстоянии от центра Земли 404650 км,  
 18 марта - долгопериодическая переменная звезда RS Лебеда близ максимума блеска (6,5m),  
 20 марта - весеннее равноденствие,  
 20 марта - Луна ( $\Phi = 0,5-$ ) близ Сатурна,  
 20 марта - Луна в фазе последней четверти,  
 21 марта - Луна ( $\Phi = 0,44-$ ) в минимальном склонении (-18,9 градусов),  
 23 марта - Меркурий в перигелии своей орбиты,  
 25 марта - Венера в соединении с Солнцем в 8 градусах к северу (двойная видимость вечером и утром),  
 25 марта - Луна ( $\Phi = 0,1-$ ) в нисходящем узле орбиты,  
 26 марта - покрытие Луной ( $\Phi = 0,05-$ ) Нептуна при видимости в Африке, Аравии, Индии и акваториях Атлантического и Индийского океанов,  
 26 марта - Меркурий проходит в 2 градусах севернее Урана,  
 28 марта - новолуние,  
 29 марта - Луна ( $\Phi = 0,01+$ ) близ Урана,  
 30 марта - Луна ( $\Phi = 0,08+$ ) в перигее на расстоянии от центра Земли 363855 км,  
 30 марта - Луна ( $\Phi = 0,09+$ ) близ Марса,  
 31 марта - долгопериодическая переменная звезда RR Стрельца близ максимума блеска (6m).



**Обзорное путешествие по небу марта** в журнале «Небосвод» ( <http://astronet.ru/db/msg/1233809> ).

**Солнце** движется по созвездию Водолея до 12 марта, а затем переходит в созвездие Рыб. Склонение центрального светила постепенно растет, достигая небесного экватора 20 марта (весеннее равноденствие), а продолжительность дня за месяц быстро увеличивается от 10 часов 43 минут до 13 часов 02 минут на **широте Москвы**. Полуденная высота Солнца за месяц на этой широте увеличится с 26 до 38 градусов. Наблюдения пятен и других образований на поверхности дневного светила можно проводить в телескоп или бинокль и даже невооруженным глазом (если пятна достаточно крупные). **Но нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно обязательно (!) проводить с применением солнечного фильтра** (рекомендации по наблюдению Солнца имеются в журнале «Небосвод» <http://astronet.ru/db/msg/122232>).

**Луна** начнет движение по мартовскому небу у границы созвездий Рыб и Кита при фазе 0,07. Первый мартовский вечер будет красочным в отношении видимости Луны и планет, т.к. на фоне зари будет виден тонкий лунный серп, Венера и Марс. Пройдя южнее Марса и Урана при фазе 0,12, молодой месяц 2 марта перейдет в созвездие Кита, а 3 марта - в созвездие Овна. Увеличив фазу до 0,3, молодой месяц 4 марта уже будет находиться в созвездии Тельца, где 5 марта в очередной раз покроет звезды скопления Гиады и Альдебаран при фазе около 0,5 и близ перигея своей орбиты. Продолжив путь, ночное светило 6 марта посетит созвездие Ориона при фазе около 0,6. В этот период Луна поднимается на наибольшую высоту над горизонтом. В созвездии Близнецов яркий лунный диск проведет с 6 по 8 марта, а затем перейдет в созвездие Рака при фазе 0,83. Здесь лунный овал пробудет до 10 марта, вступив в этот же день в созвездие Льва. Пройдя южнее Регула 10 марта (покрытие звезды при видимости в южной части акватории Атлантического океана) при фазе менее 1 ночное светило продолжит движение по просторам созвездия Льва. В этом созвездии Луна 12 марта примет фазу полнолуния, и в этот же день перейдет в созвездие Девы. Здесь 14 марта Луна при фазе около 0,95 пройдет севернее Юпитера и Спика, а 16 марта перейдет в созвездие Весов, где пробудет до 18 марта (апогей орбиты), достигнув границы с созвездием Скорпиона. В этот же день при фазе более 0,65 Луна начнет движение по созвездию Змееносца, красуясь на утреннем небе низко над горизонтом и постепенно уменьшая фазу. 20 марта ночное светило перейдет в созвездие Стрельца и пройдет севернее Сатурна при фазе около 0,5. Совершив почти трехдневное путешествие по Стрельцу, лунный серп при фазе менее 0,3 перейдет в созвездие Козерога 23 марта. Через два дня Луна вступит в созвездие Водолея при фазе около 0,1, где 26 марта покроет Нептун при видимости в Африке, Аравии, Индии и акваториях Атлантического и Индийского океанов. Фазу новолуния Луна примет у границы созвездий Рыб и Кита 28 марта. На

вечернем небе Луна появится в день новолуния в виде самого тонкого серпа, который будет украшать западное небо, находясь при этом близ Марса и Урана. 30 марта молодой месяц побывает в созвездии Кита, 31 марта - в созвездии Овна, поднимаясь все выше над горизонтом, а завершит свой путь по мартовскому небу в созвездии Тельца близ Гиад (покрытие 1 апреля) при фазе около 0,2.

**Большие планеты Солнечной системы.** **Меркурий** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Водолея, 11 марта переходя в созвездие Рыб, а 31 марта - в созвездие Овна. Планета находится на утреннем небе, но условия видимости ее неблагоприятны. Но 7 марта Меркурий пройдет верхнее соединение с Солнцем и перейдет на вечернее небо. Наблюдать его в лучах заходящего Солнца можно будет уже через неделю, а к концу месяца видимость планеты увеличится до полутора часов! Это самая благоприятная вечерняя видимость в 2017 году. Элонгация Меркурия после соединения увеличится от 2 до 19 градусов, и он будет легко доступен для наблюдений над западным горизонтом в виде звезды с блеском около -1<sup>m</sup>. Видимый диаметр быстрой планеты близ соединения составляет около 5 угловых секунд, а к концу месяца увеличивается до 7 секунд дуги. Фаза уменьшается от 1 до 0,5, т.е. Меркурий при наблюдении в телескоп имеет вид диска, превращающегося в овал, а затем в полудиск. В мае 2016 года Меркурий прошел по диску Солнца, а следующее прохождение состоится 11 ноября 2019 года.

**Венера** движется в одном направлении с Солнцем (до 2 марта) по созвездию Рыб, где проведет весь описываемый период. 2 марта планета сменит движение с прямого на попятное. Вечерняя Звезда наблюдается в сумеречное время около двух часов, но благодаря большой яркости (-4,5<sup>m</sup>) и удалению от Солнца ее можно наблюдать невооруженным глазом даже в полуденное время. Следует отметить, что наблюдения Венеры в дневное время в телескоп имеют лучшую эффективность, чем после захода Солнца, т.к. отсутствует слепящий фактор из-за яркости нашей небесной соседки. Угловое расстояние планеты уменьшается за месяц от 33 до 8 градусов ко дню соединения с Солнцем 25 марта, а затем увеличивается до 13 градусов уже на утреннем небе. В период соединения с Солнцем у Венеры наблюдается двойная видимость, что значит видимость планеты и вечером и утром. Видимый диаметр Венеры увеличивается от 47" до 60", а фаза уменьшается от 0,17 до 0,01. Это означает, что в телескоп наблюдается уменьшающийся по толщине серп с одновременным увеличением видимого диаметра планеты. Венера превосходит по видимым размерам все остальные планеты Солнечной системы.

**Марс** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Рыб (недалеко от Урана), 7 марта переходя в созвездие Овна. Планета наблюдается в вечернее время над юго-западным горизонтом около трех часов. Блеск планеты снижается от +1,3<sup>m</sup> до +1,5<sup>m</sup>, а видимый диаметр

уменьшается от 4,6" до 4,2". Марс постепенно удаляется от Земли, а возможность увидеть планету вблизи противостояния появится лишь в следующем году. Детали на поверхности планеты (крупные) визуально можно наблюдать в инструмент с диаметром объектива от 80 мм, и, кроме этого, фотографическим способом с последующей обработкой на компьютере.

**Юпитер** перемещается попятно по созвездию Девы (близ Спики), постепенно приближаясь к своему противостоянию (7 апреля). Газовый гигант наблюдается на ночном и утреннем небе, увеличивая продолжительность видимости до девяти с половиной часов к концу описываемого периода. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы увеличивается от 42,0" до 44,1" при блеске -2,3m. Диск планеты различим даже в бинокль, а в небольшой телескоп на поверхности видны полосы и другие детали. Четыре больших спутника видны уже в бинокль, а в телескопы средней силы в условиях хорошей видимости можно наблюдать тени от спутников на диске планеты.

**Сатурн** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Стрельца. Окольцованную планету можно найти на ночном и утреннем небе над юго-восточным и южным горизонтом, а ее видимость составляет около трех часов. Блеск планеты составляет около +0,5m при видимом диаметре около 17". В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также некоторые другие наиболее яркие спутники. Видимые размеры кольца планеты составляют в среднем 40x16" при наклоне к наблюдателю 27 градусов.

**Уран** (5,9m, 3,4") перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Рыб (близ звезды дзета Psc с блеском 5,2m). Планету можно наблюдать по вечерам в юго-западной части неба. Уран, вращающийся «на боку», легко обнаруживается при помощи бинокля и поисковых карт, а разглядеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планету можно увидеть в периоды новолуний на темном чистом небе, но такая возможность представится лишь в конце лета, осенью и зимой. Спутники Урана имеют блеск слабее 13m.

**Нептун** (7,9m, 2,3") движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Водолея близ звезды лямбда Aqr (3,7m). Планета не видна, т.к. 2 марта проходит соединение с Солнцем, а появится на утреннем небе только в апреле. Для поисков планеты в период видимости понадобится бинокль и звездные карты в [Астрономическом календаре на 2017 год](#), а диск различим в телескоп от 100 мм в диаметре с увеличением более 100 крат (при прозрачном небе). Продолжается серия покрытий Нептуна Луной (очередное покрытие 26 марта). Фотографическим путем Нептун можно запечатлеть самым простым фотоаппаратом (даже неподвижным) с выдержкой снимка около 10 секунд. Спутники Нептуна имеют блеск слабее 13m.

**Из комет**, видимых в марте с территории нашей страны, расчетный блеск около 10m и ярче будут иметь три кометы: Энке, Johnson (C/2015 V2) и P/Tuttle-Giacobini-Kresak (41P). Комета Энке при максимальном расчетном блеске 3,5m движется по созвездиям Рыб и Водолея. Небесная странница Johnson (C/2015 V2) перемещается по созвездию Геркулеса, имея расчетный блеск около 9m. P/Tuttle-Giacobini-Kresak (41P) при максимальном расчетном блеске 7m (в конце месяца) движется к северу по созвездиям Рака, Льва, Рыси, Большой Медведицы и Дракона. Расчетный блеск может не совпадать с реальным. Подробные сведения о других кометах месяца (с картами и прогнозами блеска) имеются на <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://cometbase.net/>.

**Среди астероидов** самыми яркими в марте будут Веста (7,1m), а также Церера, Метида, Ирена, Евномия, Амфитрита и Дафна (блеск около 9m). Веста движется по созвездию Близнецов, Евномия - по созвездиям Секстанта и Гидры, Церера - по созвездиям Кита и Овна, а Метида, Ирена, Амфитрита и Дафна - по созвездию Льва. Всего в марте блеск 10m превысят семь астероидов. Карты путей астероидов и комет даны в приложении к КН (файл mapkn032017.pdf). Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

**Из относительно ярких долгопериодических переменных звезд** (наблюдаемых с территории России и СНГ) максимума блеска в этом месяце (по данным календаря-памятки Федора Шарова, источник - AAVSO) достигнут: RY Геркулеса 9.0m - 4 марта, Т Андромеды 8.5m - 4 марта, Т Геркулеса 8.0m - 7 марта, Т Гидры 7.8m - 9 марта, Т Стрелец 8.0m - 10 марта, S Цефея 8.3m - 10 марта, RZ Скорпиона 8.8m - 11 марта, RY Змееносца 8.2m - 11 марта, Т Голубя 7.5m - 12 марта, R Лебеда 7.5m - 15 марта, RS Лебеда 7.2m - 18 марта, RT Весов 9.0m - 20 марта, V Близнецов 8.5m - 21 марта, W Северной Короны 8.5m - 21 марта, Z Стрельца 8.6m - 21 марта, RU Лебеда 8.0m - 24 марта, Т Пегаса 8.9m - 27 марта, RR Стрельца 6.8m - 31 марта. Больше сведений на <http://www.aavso.org/>.

**Среди основных метеорных потоков** 14 марта в максимуме действия окажутся гамма-Нормиды (ZHR= 6) из созвездия Наугольника. Это - южный поток со склонением радианта -50 градусов. Подробнее на <http://www.imo.net> Другие сведения - в АК\_2017 - <http://www.astronet.ru/db/msg/1360173>

Дополнительно в АК\_2017 - <http://www.astronet.ru/db/msg/1360173>  
**Оперативные сведения о небесных телах и явлениях** - на Астрофоруме <http://www.astronomy.ru/forum/index.php> и на форуме Старлаб <http://www.starlab.ru/forumdisplay.php?f=58>

*Ясного неба и успешных наблюдений!*

Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты их видимых путей по небесной сфере имеются в Календаре наблюдателя № 03 за 2017 год <http://www.astronet.ru/db/news/>

**Александр Козловский, журнал «Небосвод»**



# Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>

# КА ДАР

ОБСЕРВАТОРИЯ

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

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

Сделайте шаг к науке  
вместе с нами!

**Астрономический календарь на 2017 год**

<http://www.astronet.ru/db/msg/1360173>



# АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

# Два стрельца

<http://shvedun.ru>



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

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



<http://астрономия.рф/>

# Астрономия .РФ

Общероссийский астрономический портал

ТЕЛЕСКОПЫ - НАША ПРОФЕССИЯ

# Звездочет

<http://astronom.ru>

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

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

О НАС    КОНТАКТЫ    КАК КУПИТЬ И ОПЛАТИТЬ    ДОСТАВКА    ГАРАНТИЯ



# большая вселенная

<http://www.biguniverse.ru>

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

Подписку можно оформить в двух вариантах: печатном (в печатном временно подписки нет) и электронном. На печатный вариант могут подписаться любители астрономии, у которых нет Интернета (или иной возможности получить журнал) прислав обычное почтовое письмо на адрес редакции: **461675, Россия, Оренбургская область, Северный район, с. Камышлинка, Козловскому Александру Николаевичу**. На этот же адрес можно присылать рукописные и отпечатанные на принтере материалы для публикации. Рукописи и печатные материалы не возвращаются, поэтому присылайте копии, если Вам нужен оригинал. На электронный вариант в формате pdf можно подписаться (запросить все предыдущие номера) по e-mail редакции журнала [nebosvod\\_journal@mail.ru](mailto:nebosvod_journal@mail.ru). Тема сообщения - «Подписка на журнал «Небосвод»». Все номера можно скачать по ссылкам на 2 стр. обложки





# Комета 45P пролетает около Земли