Б. Г. ПШЕНИЧНЕР
О. В. АБРАМОВА

ВСЕЛЕННАЯ

в инфографике

ВСЕЛЕННАЯ

в инфографике

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО АСТ

УДК 52
ББК 22.6
П93

П93 **Вселенная** в инфографике / Б.Г. Пшеничнер, О.В. Абрамова. — Москва: Издательство АСТ, 2016. — 208 с. : ил. — (Все знания мира в инфографике).

Человек увлечен астрономией на протяжении многих веков, с тех пор как он в порыве любознательности впервые поглядел на небо…

Трудно вообразить себе масштабы Вселенной… Книга «Вселенная в инфографике» содержит интереснейшую информацию по астрономии, она познакомит вас с космическими объектами и покажет, как они связаны друг с другом, а также поможет тем, кто хочет начать самостоятельные исследования. Просто и наглядно о сложном – в инфографике!

УДК 52
ББК 22.6

ISBN 978-5-17-097612-6 (ООО «Издательство АСТ»)

© Б.Г. Пшеничнер, О.В. Абрамова, 2016
© ООО «Издательство АСТ», 2016

ВВЕДЕНИЕ

В июне 2004 года учёные открыли астероид поперечником 250 метров, который двигался по орбите возможного сближения с Землёй. Астрономы занесли его в каталоги под именем «99942 Apophis» (предварительное наименование — 2004 MN4). Первые расчёты пути астероида показали, что он может врезаться в нашу планету в пятницу 13 апреля 2029 года. При ударе должна высвободиться энергия, эквивалентная взрыву 1600 мегатонн тротила. В прессе немедленно начали обсуждать возможные масштабы будущей катастрофы. А открытый небесный объект стали называть «Астероид-убийца».

Чтобы представить разрушительные последствия ожидавшегося удара, вспомнили о Тунгусской катастрофе, случившейся 30 июня 1908 года. Причиной того события в сибирской тайге стал взрыв небесного тела в 500 раз меньшего объёма. Но и этого оказалось достаточно, чтобы вырвать с корнем вековые деревья в радиусе около 40 километров. Рассчитано, что падение в океан такого астероида, как Апофис, могло бы вызвать огромные волны цунами и значительные разрушения на суше. К нашему счастью, последующие более точные наблюдения и расчёты орбиты Апофиса убедили учёных, что трагедии не произойдёт. Астероид в тот пока далёкий день 2029 года пронесётся вблизи Земли. В момент наиболее тесного соседства нас может разделять около 30 тысяч километров. Это в 13 раз меньше расстояния до Луны и на четверть меньше длины земного экватора. Дистанция по космическим меркам просто ничтожная. Искусственные спутники Земли на геостационарной орбите находятся выше.

Астрономы продолжают внимательно следить за движением Апофиса. Пока не ясно, как изменится его орбита в 2029 году под влиянием земного притяжения. Он может опасно приблизиться к нашей планете, когда снова вернётся к ней в 2036 году. Число подобных космических тел, сближающихся с Землёй и пересекающих её орбиту, измеряется десятками тысяч. Причём их значительная часть всё ещё остаётся неизвестной. Поэтому мы не знаем, когда и с какой стороны можно ожидать катастрофического удара астероида или ядра небольшой кометы.

В ИЮНЕ 2004 ГОДА УЧЁНЫЕ ОТКРЫЛИ АСТЕРОИД ПОПЕРЕЧНИКОМ 250 МЕТРОВ, КОТОРЫЙ ДВИГАЛСЯ ПО ОРБИТЕ ВОЗМОЖНОГО СБЛИЖЕНИЯ С ЗЕМЛЁЙ. АСТРОНОМЫ ЗАНЕСЛИ ЕГО В КАТАЛОГИ ПОД ИМЕНЕМ «99 942 APOPHIS».

Кометно-астероидную опасность земная цивилизация осознала лишь в последние десятилетия. Были предприняты и практические шаги по защите Земли: определена стратегия, разработаны и обсуждаются проекты создания многоуровневой (эшелонированной) системы космической обороны, предложены средства перехвата и разрушения опасных космических объектов с использованием авиации, кораблей, ракет и ядерных зарядов. Особое внимание уделяется поиску потенциально опасных космических объектов. Невольно возникает аналогия с подготовкой военных оборонительных операций. Но если военные операции планируются в интересах отдельных стран и группировок, то создание системы космической защиты Земли необходимо каждому из нас и всему человечеству.

На страницах этого издания рассматривается вероятность катастрофических столкновений Земли с другими небесными телами, рассказывается о Солнечной системе, нашей Галактике, звёздных системах Вселенной. Вы узнаете о природе комет, метеоритов и астероидов, о тех из них, с которыми уже сталкивалась наша планета в недалёком прошлом, и о тех, которые ещё летают в безграничном космосе, представляя угрозу для Земли.

Авторы книги:

Борис Григорьевич Пшеничнер — заслуженный работник культуры РФ, академик Российской академии космонавтики, специалист в области астрономического и космического образования. Более 40 лет Борис Григорьевич возглавлял отдел астрономии и космонавтики Дворца творчества детей и юношества на Воробьёвых горах. Борис Григорьевич — талантливый популяризатор науки, автор многих учебных пособий и научно-популярных изданий по астрономии и космонавтике.

Оксана Викторовна Абрамова — кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела Внегалактической астрономии Государственного астрономического института имени Штернберга, автор многочисленных научных и научно-популярных статей по астрономии.

Часть I

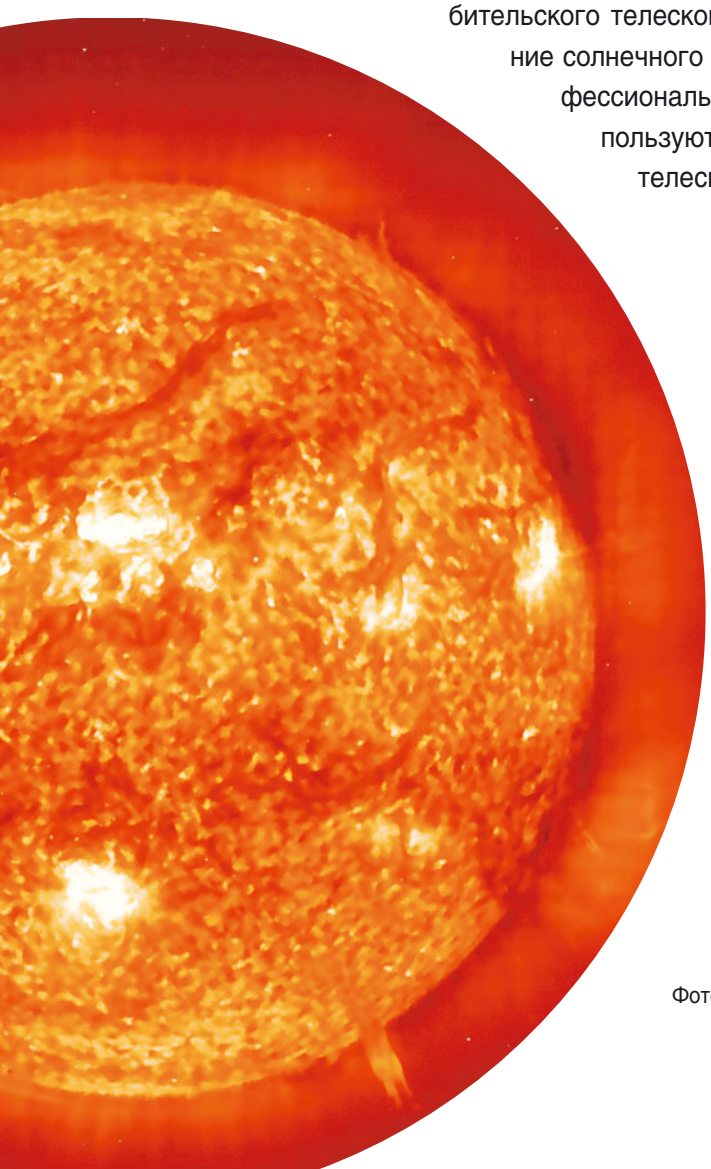
ВСЕЛЕННАЯ. ОБЪЕКТЫ И ПРОЦЕССЫ

ГЛАВА I
ЗВЕЗДА СОЛНЦЕ

Солнце — самая близкая к Земле звезда, дающая нам свет и тепло. Этот газовый шар не имеет чёткой границы, его плотность убывает постепенно. Почему же мы видим Солнце резко очерченным? Дело в том, что практически всё его видимое излучение исходит из очень тонкого слоя, который называют фотосферой (*греч.* «сфера света»). Её толщина не превышает 200–300 км, что очень мало по сравнению с радиусом Солнца. Именно тонкость этого слоя и создаёт у наблюдателя иллюзию того, что Солнце имеет «поверхность». Слои выше фотосферы прозрачны для видимого света, а ниже наш взгляд просто не проникает.

Каждому известно, что нельзя смотреть на Солнце невооружённым глазом, а тем более в телескоп без специальных, очень тёмных светофильтров или других устройств, ослабляющих свет. Пренебрегая этим запретом, наблюдатель рискует получить сильнейший ожог глаз. Самый простой способ рассматривать Солнце — спроецировать его изображение на белый экран. При помощи даже маленького любительского телескопа можно получить увеличенное изображение солнечного диска со множеством деталей. Однако профессиональные астрономы для изучения Солнца используют специальные инструменты — солнечные телескопы.

На первый взгляд диск Солнца кажется однородным. Однако, если приглядеться, на нём можно обнаружить много крупных и мелких деталей. Даже при среднем качестве изображения видно, что вся фотосфера состоит из светлых зёрен — гранул — и тёмных промежутков между ними. Размеры гранул невелики по солнечным масштабам, 1000–2000 км в поперечнике; тёмные межгранульные дорожки более узкие, примерно 300–600 км в ширину. На солнечном диске наблюдается одновременно около миллиона гранул.



Фотография Солнца в ультрафиолетовых лучах

Грануляция создаёт общий фон, на котором можно наблюдать гораздо более контрастные и крупные объекты — солнечные пятна и факелы. Солнечные пятна — это тёмные образования на диске Солнца. В телескоп видно, что крупные пятна имеют довольно сложное строение: тёмную область, называемую тенью, окружает полутень, диаметр которой в 2–3 раза превышает размер тени. Если пятно наблюдается на краю солнечного диска, то создается впечатление, что оно похоже на глубокую тарелку. Происходит это потому, что газ в пятнах прозрачнее, чем в окружающей атмосфере, и взгляд проникает глубже. По величине пятна бывают очень разными — от малых, диаметром примерно 1000–2000 км, до гигантских, значительно превосходящих размеры нашей планеты. Отдельные пятна могут достигать в поперечнике 40 тыс. км. Диаметр самого большого из наблюдавшихся пятен — 100 тыс. км. Установлено, что пятна — это места выхода в солнечную атмосферу сильного магнитного поля. Там, где поле сильнее, температура падает. Пятна холоднее окружающего их вещества, а следовательно, менее яркие. Вот почему на общем фоне они выглядят тёмными. Практически всегда пятна окружены светлыми ажурными полями, которые называют факелами или факельными полями. Особенно отчётливо они видны на краю солнечного диска и кажутся набором ярких волокон, образующих ячейки размером около 30 тыс. км. По-видимому, факелы тоже являются местами выхода магнитного поля в наружные слои Солнца, но это поле слабее, чем в пятнах.

СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА – ЭТО ТЁМНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ДИСКЕ СОЛНЦА.

Пятна и факелы вместе образуют активные области. Именно там происходят солнечные вспышки, и над ними в верхних слоях солнечной атмосферы висят протуберанцы. Все сложные процессы, происходящие в активных областях на Солнце, связаны с изменчивостью породившего их магнитного поля.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СОЛНЦА

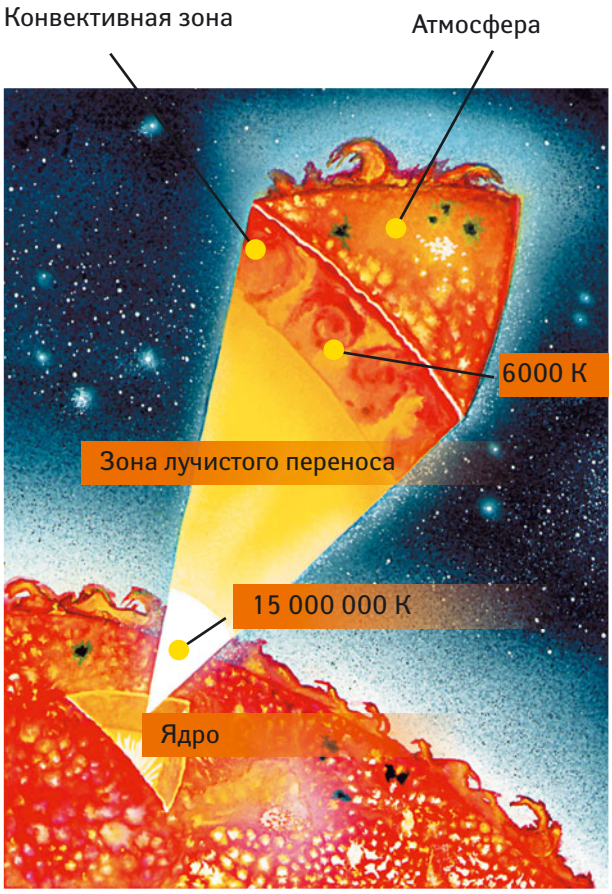
Солнце — огромный светящийся газовый шар, внутри которого протекают сложные процессы и в результате непрерывно выделяется энергия. В центральной части Солнца находится источник его энергии — та «печка», которая нагревает его и не даёт ему остыть. Эта область называется ядром. Под тяжестью внешних слоёв вещество внутри Солнца сжато, причём чем глубже, тем сильнее. Плотность его увеличивается к центру вместе с ростом давления и температуры. В ядре, где температура достигает 15 млн Кельвинов, происходит выделение энергии в результате слияния атомов лёгких химических элементов в атомы более тяжёлых.

Ядро имеет радиус не более четверти общего радиуса Солнца. Однако в его объёме сосредоточена половина солнечной массы и выделяется практически вся энергия, которая поддерживает свечение Солнца.

Вокруг ядра — зона лучистого переноса энергии, она распространяется путём поглощения и излучения веществом порций света — квантов. Плотность, температура и давление уменьшаются по мере удаления от ядра, и в этом же направлении идёт поток энергии. В целом процесс этот крайне медленный. Чтобы квантам добраться от центра Солнца до фотосферы, необходимы многие тысячи лет: ведь, переизлучаясь, кванты всё время меняют направление, почти столь же часто двигаясь назад, как и вперёд. Так что если бы «печка» внутри Солнца вдруг погасла, то мы узнали бы об этом только миллионы лет спустя.

СОЛНЦЕ – ОГРОМНЫЙ СВЕТЯЩИЙСЯ ГАЗОВЫЙ ШАР, ВНУТРИ КОТОРОГО ПРОТЕКАЮТ СЛОЖНЫЕ ПРОЦЕССЫ.

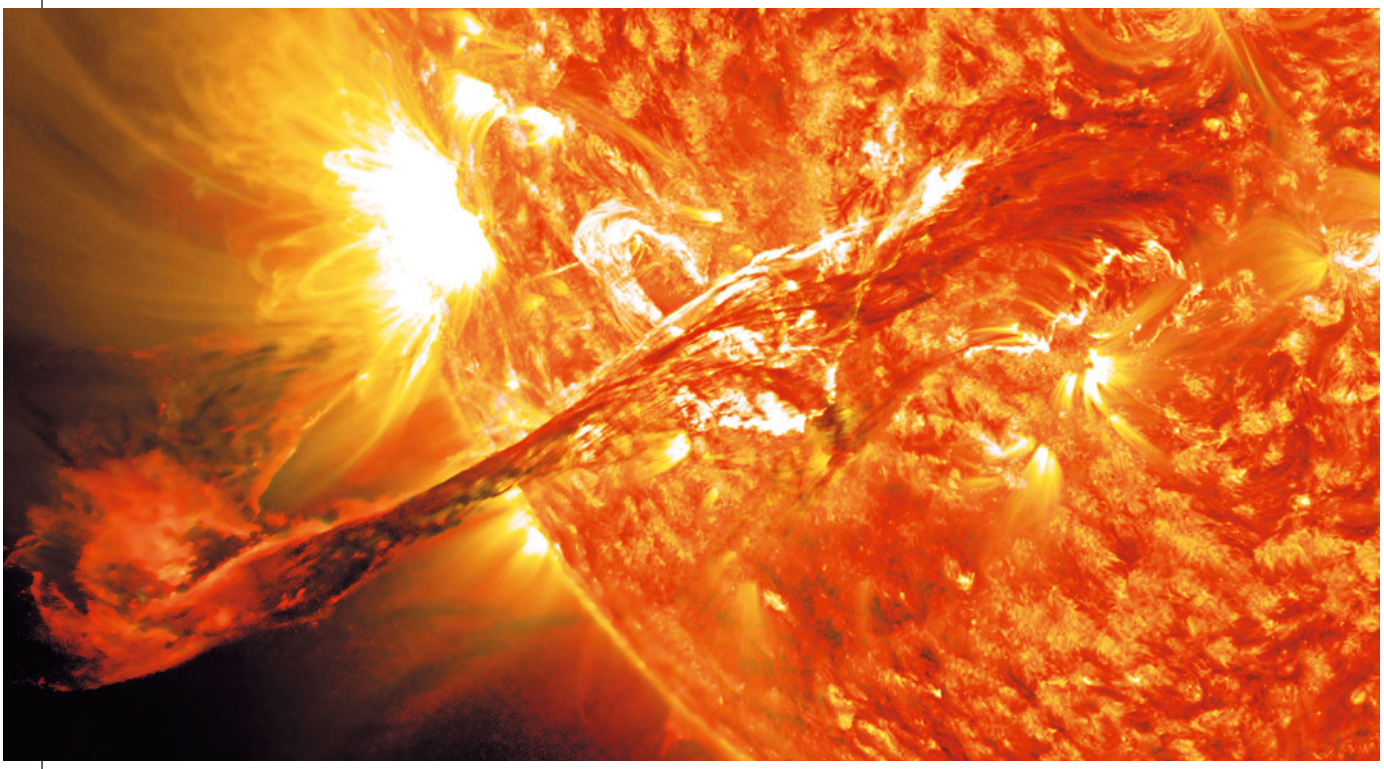
В конвективной зоне энергия передаётся уже не излучением, а конвекцией — перемешиванием. Огромные потоки горячего газа поднимаются вверх, где отдают своё тепло окружающей среде, а охлаждённый солнечный газ опускается вниз.



Внутреннее строение Солнца

Атмосфера Солнца — его внешние слои. Оттуда часть излучения беспрепятственно уходит в окружающее пространство. Атмосфера начинается на 200–300 км глубже видимого края солнечного диска. Самые глубокие слои атмосферы называют фотосферой. Поскольку их толщина составляет не более одной трёхтысячной доли солнечного радиуса, фотосферу иногда условно называют поверхностью Солнца.

Плотность газов в фотосфере примерно такая же, как в земной стратосфере, и в сотни раз меньше, чем у поверхности Земли, а температура среднего слоя, излучение которого мы воспринимаем, около 6000 К. Над фотосферой расположена хромосфера (*греч.* «сфера цвета»), которая названа так за свою красновато-фиолетовую окраску. Хромосфера весьма



Выброс корональной массы Солнца

неоднородна и состоит в основном из продолговатых вытянутых язычков (спикул), придающих ей вид горящей травы. Температура этих хромосферных струй в два-три раза выше, чем в фотосфере, а плотность в сотни тысяч раз меньше. Общая протяжённость хромосферы 10–15 тыс. км.

Часто во время затмений (а при помощи специальных спектральных приборов — и не дожидаясь затмений) над поверхностью Солнца можно наблюдать причудливой формы «фонтаны», «облака», «воронки», «кусты», «арки» и прочие ярко светящиеся образования из хромосферного вещества. Они бывают неподвижными или медленно изменяющи-

РАСПРОСТРАНЯЯСЬ ДАЛЕКО ЗА ПРЕДЕЛЫ ОРБИТ ЮПИТЕРА И САТУРНА, СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР ОБРАЗУЕТ ГИГАНТСКУЮ ГЕЛИОСФЕРУ.

мися, окружёнными плавными изогнутыми струями, которые втекают в хромосферу или вытекают из неё, поднимаясь на десятки и сотни тысяч километров. Это самые грандиозные образования солнечной атмосферы — протуберанцы.

Самая внешняя часть его атмосферы — самая разреженная и самая горячая. Добавим, что она и самая близкая к нам: оказывается, она простирается на миллионы километров

Солнце

1 На солнечном диске наблюдается одновременно около миллиона гранул.

Даже при среднем качестве изображения видно, что вся фотосфера состоит из светлых зёрен — гранул — и тёмных промежутков между ними.

2 Грануляция создаёт общий фон, на котором можно наблюдать гораздо более контрастные и крупные объекты — солнечные пятна и факелы.

По величине пятна бывают очень разными — от малых, диаметром примерно **1000—2000 км**, до гигантских, значительно превосходящих размеры нашей планеты.

Установлено, что пятна — это места выхода в солнечную атмосферу сильного магнитного поля. Там, где поле сильнее, температура падает. Пятна холоднее окружающего их вещества, а следовательно, менее яркие.

3 Практически всегда пятна окружены светлыми ажурными полями, которые называют факелами или факельными полями.

Пятна и факелы вместе образуют активные области. Именно там происходят солнечные вспышки, и над ними в верхних слоях солнечной атмосферы висят протуберанцы.

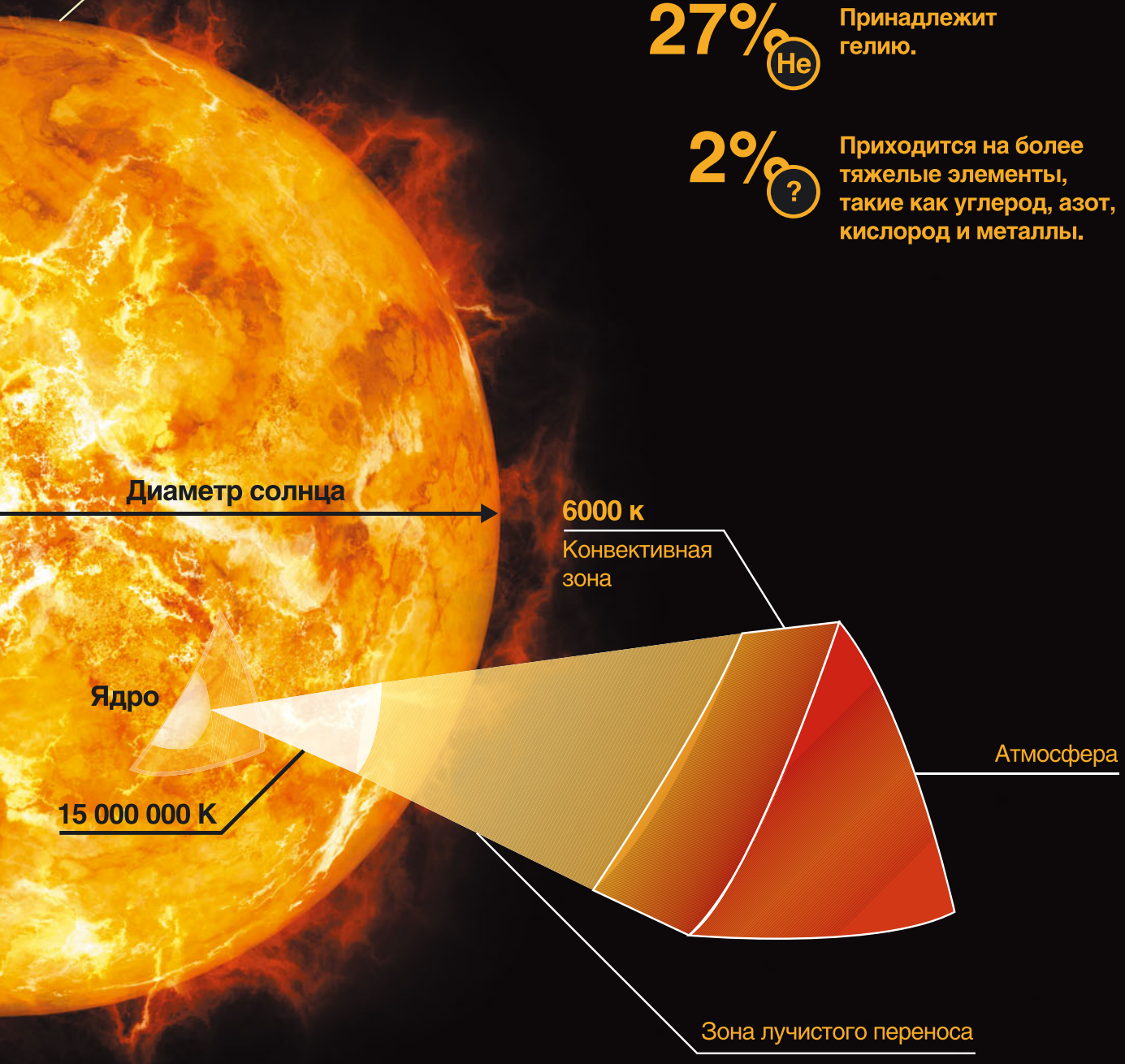
Факелы тоже являются местами выхода магнитного поля в наружные слои Солнца, но это поле слабее, чем в пятнах.

Почему же мы видим Солнце резко очерченным? Дело в том, что практически всё его видимое излучение исходит из очень тонкого слоя, который называют фотосферой (греч. «сфера света»). Её толщина не превышает **200—300 км.**

71% (H) **Всей массы светила приходится на водород.**

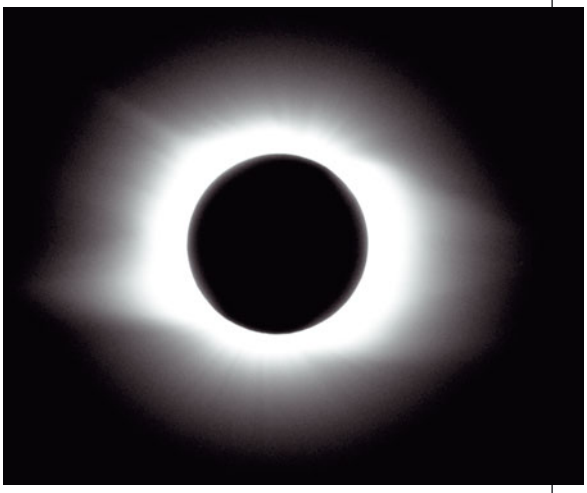
27% (He) **Принадлежит гелию.**

2% (?) **Приходится на более тяжелые элементы, такие как углерод, азот, кислород и металлы.**



далеко от Солнца в виде постоянно движущегося от него потока плазмы — солнечного ветра. Вблизи Земли его скорость составляет в среднем 400–500 км/с, а порой достигает почти 1000 км/с.

Распространяясь далеко за пределы орбит Юпитера и Сатурна, солнечный ветер образует гигантскую гелиосферу, граничащую с ещё более разреженной межзвёздной средой. Фактически мы живём окружённые солнечной короной, хотя и защищённые от её проникающей радиации надёжным барьером в виде земного магнитного поля. Через корону солнечная активность влияет на многие процессы, происходящие на Земле.



Во время полного солнечного затмения хорошо видна солнечная корона

Почему Солнце светит и не остывает уже миллиарды лет? Какое «топливо» даёт ему энергию? Ответы на эти вопросы учёные искали веками, и только в начале XX в. было найдено правильное решение. Теперь известно, что Солнце, как и другие звёзды, светит благодаря протекающим в его недрах термоядерным реакциям.

Если ядра атомов лёгких элементов сольются в ядро атома более тяжёлого элемента, то масса нового ядра окажется меньше, чем суммарная масса тех ядер, из которых оно образовалось. Остаток массы превращается в энергию, которую уносят частицы, освободившиеся в ходе реакции. Эта энергия почти полностью переходит в тепло. Такая реакция синтеза атомных ядер может происходить только при очень высоком давлении и температуре свыше 10 млн градусов. Поэтому она и называется термоядерной.

ОСНОВНОЕ ВЕЩЕСТВО, СОСТАВЛЯЮЩЕЕ СОЛНЦЕ, – ВОДОРОД, НА ЕГО ДОЛЮ ПРИХОДИТСЯ ОКОЛО 71% ВСЕЙ МАССЫ СВЕТИЛА.

Основное вещество, составляющее Солнце, — водород, на его долю приходится около 71% всей массы светила. Почти 27% принадлежит гелию, а остальные 2% — более тяжёлым элементам, таким как углерод, азот, кислород и металлы.

По-видимому, наиболее важной для большинства звёзд является протон-протонная термоядерная реакция, когда при тесном сближении ядер атомов водорода — протонов происходит ряд последовательных ядерных превращений и образуется ядро гелия, так

что главным «топливом» на Солнце служит именно водород. Из каждого грамма водорода, участвующего в реакции, выделяется $6 \cdot 10^{11}$ Дж энергии! На Земле такого количества энергии хватило бы для того, чтобы 1000 $м^3$ воды (!) нагреть от температуры 0 °C до точки кипения.

Сейчас внутри Солнца гораздо больше гелия, чем на его поверхности. Естественно, возникает вопрос: что же будет с Солнцем, когда весь водород в его ядре выгорит и превратится в гелий и как скоро это произойдёт? Оказывается, примерно через 5 млрд лет содержание водорода в ядре Солнца настолько уменьшится, что его «горение» начнётся в слое вокруг ядра. Это приведёт к «раздуванию» солнечной атмосферы, увеличению размеров Солнца, падению температуры на поверхности и повышению её в ядре.

Постепенно Солнце превратится в красный гигант — сравнительно холодную звезду огромного размера с атмосферой, превосходящей границы орбиты Земли. Жизнь Солнца на этом не закончится, и оно будет претерпевать ещё много изменений, пока в конце концов не станет холодным и плотным газовым шаром, внутри которого уже не произойдёт никаких термоядерных реакций.

ГЕЛИОСФЕРА И МЕЖПЛАНЕТНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

В конце 1950-х гг. американский астрофизик Юджин Паркер предположил, что газ солнечной короны непрерывно расширяется, заполняя Солнечную систему. Он основывался на том, что газ в солнечной короне имеет высокую температуру, которая сохраняется с удалением от Солнца. Результаты, полученные с помощью советских и американских космических аппаратов, подтвердили правильность теории Паркера.

В межпланетном пространстве действительно мчится направленный от Солнца поток вещества, названный солнечным ветром. Он представляет собой продолжение расширяющейся солнечной короны. Солнечный ветер состоит в основном из ядер атомов водорода (протонов) и гелия (альфа-частиц), а также электронов.

Солнечный ветер создаёт пузырь в межзвёздной среде, называемый гелиосферой. Внешняя граница солнечного ветра называется гелиопаузой, за ней солнечный ветер и межзвёздное вещество смешиваются, взаимно растворяясь. Гелиопауза находится примерно в четыре раза дальше Плутона и считается началом межзвёздной среды, она вытянута в противоположную движению Солнца сторону.

Благодаря исследованиям космических аппаратов «Вояджер» стало известно, что магнитное поле на границе Солнечной системы имеет структуру, похожую на пену. Каждый «пузырёк» этой «космической пены» составляет в поперечнике порядка 150 млн км, что соответствует расстоянию от Солнца до Земли! Возникают эти магнитные «пузыри» на границе Солнечной системы из-за того, что наша звезда вращается и её вращение приводит к тому, что линии магнитного поля «запутываются» и образуют самодостаточные структуры («пузыри»), отделившиеся от основного магнитного поля звезды.

В настоящее время «Вояджеры» вплотную приблизились к самой границе Солнечной системы, и ожидается, что в ближайшие годы человечество получит ценную информацию

Полярное сияние над Землёй

об условиях в местном межзвёздном облаке за её пределами, а также о том, насколько хорошо гелиосфера защищает Солнечную систему от космических лучей.

Частицы солнечного ветра летят со скоростями несколько сотен километров в секунду, удаляясь от Солнца на многие десятки астрономических единиц — туда, где межпланетная среда Солнечной системы переходит в разреженный межзвёздный газ. А вместе с ветром в межпланетное пространство переносится и солнечное магнитное поле.

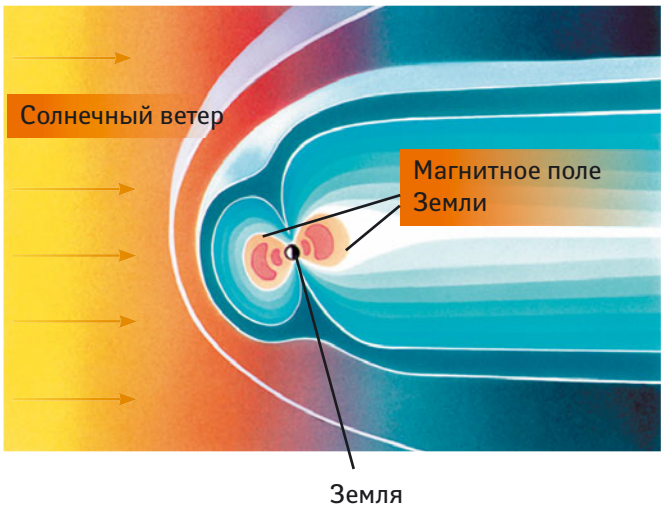
СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР ВМЕСТЕ С «ВМОРОЖЕННЫМ» В НЕГО МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ФОРМИРУЕТ ГАЗОВЫЕ ХВОСТЫ КОМЕТ, НАПРАВЛЯЯ ИХ В СТОРОНУ ОТ СОЛНЦА.

Общее магнитное поле Солнца по форме линий магнитной индукции немного напоминает земное. Но силовые линии земного поля близ экватора замкнуты и не пропускают направленные к Земле заряженные частицы. Силовые линии солнечного поля, напротив, в экваториальной области разомкнуты и вытягиваются в межпланетное пространство, искривляясь подобно спиралям. Объясняется это тем, что силовые линии остаются связанными с Солнцем, которое вращается вокруг своей оси.

Солнечный ветер вместе с «вмороженным» в него магнитным полем формирует газовые хвосты комет, направляя их в сторону от Солнца. Встречая на своём пути Землю, солнечный ветер сильно деформирует её магнитосферу, в результате чего наша планета обладает длинным магнитным «хвостом», также направленным от Солнца. При этом магнитное поле Земли чутко отзывается на обдувающие её потоки солнечного вещества.

КАК СОЛНЦЕ ВЛИЯЕТ НА ЗЕМЛЮ?

Солнце посылает на Землю электромагнитные волны всевозможной длины — от многокилометровых радиоволн до чрезвычайно коротковолновых гамма-лучей. Окрестностей Земли достигают также заряженные частицы разной энергии — как высокой (солнечные космические лучи), так и низкой и средней (потоки солнечного ветра, выбросы от вспышек), называемые солнечным ветром. Только очень малая часть заряженных частиц из межпланетного пространства попадает в атмосферу Земли (остальные отклоняет или задерживает геомагнитное поле).



Магнитосфера Земли отклоняет солнечный ветер

Быстрые частицы вызывают сильные токи в земной атмосфере, приводят к возмущению магнитного поля нашей планеты и даже влияют на циркуляцию воздуха в атмосфере. Наиболее ярким и впечатляющим проявлением бомбардировки атмосферы солнечными частицами являются полярные сияния. Это свечение в верхних слоях атмосферы, имеющее либо размытые (диффузные) формы, либо вид корон или занавесей (драпри), состоящих из многочисленных отдельных лучей. Сияния обычно бывают красного или зелёного цвета.

Ионизацию земной атмосферы и нарушение связи на коротких волнах вызывают рентгеновские кванты, проникающие до высот 80–100 км от поверхности Земли. Они образуются при сильных всплесках солнечного рентгеновского излучения от хромосферных вспышек.

Часть наиболее длинноволнового ультрафиолетового излучения, которая доходит до земной поверхности, вызывает у людей загар и даже ожоги кожи при длительном пребывании на солнце. Основной же поток приходящих от Солнца губительных для всего живого ультрафиолетовых лучей задерживает «озонный экран», формирующийся на высоте 30–35 км над поверхностью Земли.

Излучение в видимом диапазоне поглощается слабо. Однако оно рассеивается атмосферой даже в отсутствие облаков, и часть его возвращается в межпланетное пространство. Облака, состоящие из капелек воды и твёрдых частиц, значительно усили-

вают отражение солнечного излучения. В результате до поверхности планеты доходит в среднем около половины света, падающего на границу земной атмосферы.

На Земле излучение поглощается сушей и океаном. Нагретая земная поверхность излучает в длинноволновой инфракрасной области. Это излучение жадно поглощается водяным паром и углекислым газом, благодаря чему воздушная оболочка удерживает тепло. В этом и заключается парниковый эффект атмосферы.

ВСТРЕЧАЯ НА СВОЁМ ПУТИ ЗЕМЛЮ, СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР СИЛЬНО ДЕФОРМИРУЕТ ЕЁ МАГНИТОСФЕРУ, В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕГО НАША ПЛАНЕТА ОБЛАДАЕТ ДЛИННЫМ МАГНИТНЫМ «ХВОСТОМ».

Встречая на своём пути Землю, солнечный ветер сильно деформирует её магнитосферу, в результате чего наша планета обладает длинным магнитным «хвостом», также направленным от Солнца. Магнитное поле Земли чутко отзывается на обдувающие её потоки солнечного вещества.

Время от времени на Солнце происходят вспышки — внезапное выделение энергии, накопленной в магнитном поле. При этом происходит выброс частиц высокой энергии в межпланетное пространство и наблюдается мощное излучение в радиодиапазоне. Такие взрывоподобные процессы могут продолжаться всего несколько минут, но за это время выделяется примерно такое же количество тепла, которое приходит от Солнца на всю поверхность нашей планеты за целый год. Потоки жёсткого рентгеновского излучения и солнечных космических лучей, рождающиеся при вспышках, оказывают сильное влияние на физические процессы в верхней атмосфере Земли и околоземном пространстве. Если не принять специальных мер, могут выйти из строя сложные космические приборы и солнечные батареи. Появляется даже серьёзная опасность облучения космонавтов, находящихся на орбите. Поэтому в разных странах проводятся работы по прогнозированию солнечных вспышек на основании измерений солнечных магнитных полей.

ГЛАВА II
СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Солнечная система — это система космических небесных тел, связанных друг с другом силами тяготения. В неё входят центральное светило Солнце, в котором заключено около 99,87% всей массы Солнечной системы, обращающиеся вокруг него планеты, карликовые планеты и малые тела, а также все естественные спутники. Новейшие астрономические открытия привели к тому, что последняя классификация тел, входящих в Солнечную систему, была проведена совсем недавно — в 2006 г.

На сегодняшний день к планетам относят восемь крупных небесных тел, которые под действием собственной гравитации приняли форму шара: Меркурий, Венеру, Землю, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Их масса достаточна для поддержания гидростатического равновесия, при котором давление недр уравновешивается силами гравитации, и настолько велика, что в окрестностях орбиты имеется пространство, практически свободное от других тел.

Все планеты расположены почти в одной плоскости и обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам в одном направлении.

Карликовые планеты тоже обращаются вокруг Солнца. Они находятся в гидростатическом равновесии и имеют форму шара, однако их масса недостаточна для того, чтобы освободить окрестности орбиты от других тел. Например, отношение массы Плутона, второй по размеру карликовой планеты, к массе других тел в окрестностях его орбиты равно всего лишь 0,07. Ещё для одной карликовой планеты, Цереры, оно составляет 0,33, в то время как для Юпитера это отношение равно 318, а для Земли — 1,7 млн.

ВСЕ ПЛАНЕТЫ РАСПОЛОЖЕНЫ ПОЧТИ В ОДНОЙ ПЛОСКОСТИ И ОБРАЩАЮТСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА ПО КРУГОВЫМ ОРБИТАМ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ.

В настоящее время официально признано пять карликовых планет, хотя предполагается, что их в Солнечной системе может быть гораздо больше: это Церера, Плутон, Хаумеа, Макемаке и Эрида — самая большая из карликовых планет, расположенная в наиболее удалённых областях Солнечной системы. До 2006 г. Плутон считался планетой, но открытие на рубеже XX и XXI вв. объектов, сравнимых по размерам с Плутоном, в частности Эриды, потребовало более чёткой формулировки понятия «планета».

Объекты небольших масс, обращающиеся вокруг Солнца и слишком маленькие для того, чтобы под действием сил собственной гравитации поддерживать сферическую фор-

му, называют малыми телами Солнечной системы. К ним относят большинство астероидов, кометы, кентавры (ледяные кометоподобные объекты, движущиеся между орбитами Юпитера и Нептуна), метеороиды (тела размером от 0,1 мм до 10 м), а также межпланетную пыль, частицы солнечного ветра (потока плазмы от Солнца) и свободные атомы водорода.

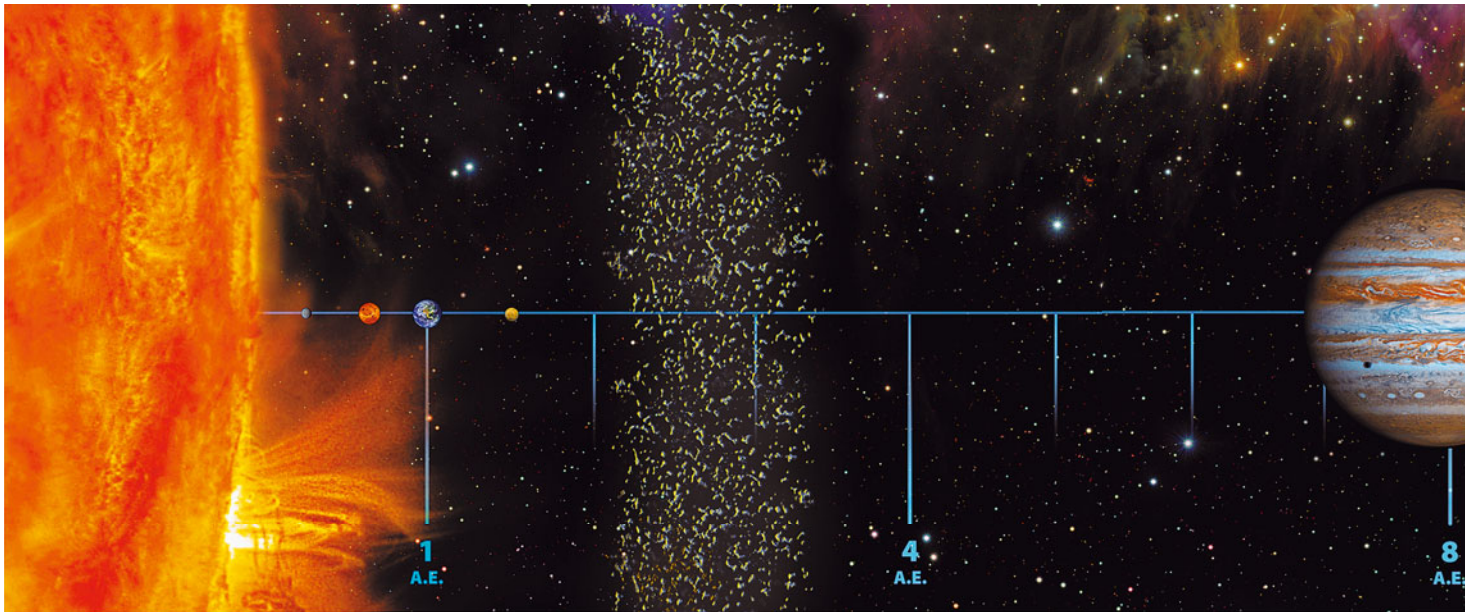
Спутниками называют тела, обращающиеся вокруг планеты, карликовой планеты или астероида. Большинство спутников планет обращается вокруг них в ту же сторону, что и планеты вокруг Солнца. У планет на сегодняшний день известно 168 естественных спутников, а у карликовых планет их шесть (три у Плутона, два у Хаумеа и одна у Эриды).

РАЗНОВЕЛИКИЕ СОСЕДИ

Солнце — центральный объект Солнечной системы, которую условно делят на две области — внутреннюю и внешнюю. Во внутренней области расположены ближайшие к Солнцу планеты Меркурий, Венера, Земля и Марс, которые называют планетами земной группы. Они обладают высокой плотностью и образованы преимущественно тяжёлыми элементами, такими как кислород, кремний, железо, никель и др. Все планеты земной группы имеют железное ядро, мантию, состоящую из силикатов, и кору, образовавшуюся в результате вы-

Планеты земной группы, слева направо: Меркурий, Венера, Земля, Марс

Планеты Солнечной системы и их положение относительно Солнца



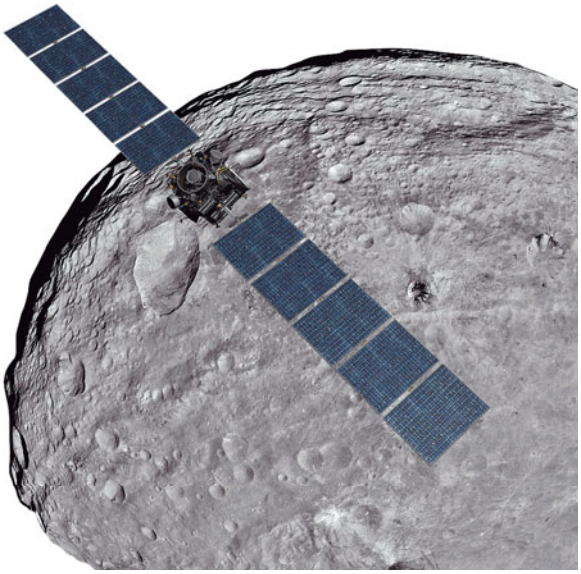
плавления из мантии лёгких элементов. У планет земной группы мало спутников (от 0 до 2), нет колец и есть атмосфера — газовая оболочка, которая удерживается гравитацией планеты и вращается вместе с ней как единое целое.

Говоря о Солнечной системе, мы будем использовать понятия астрономической единицы (1 а.е. = 149 597 870,610 км) — среднего расстояния от Земли до Солнца и эклиптики — плоскости, в которой расположена орбита Земли.

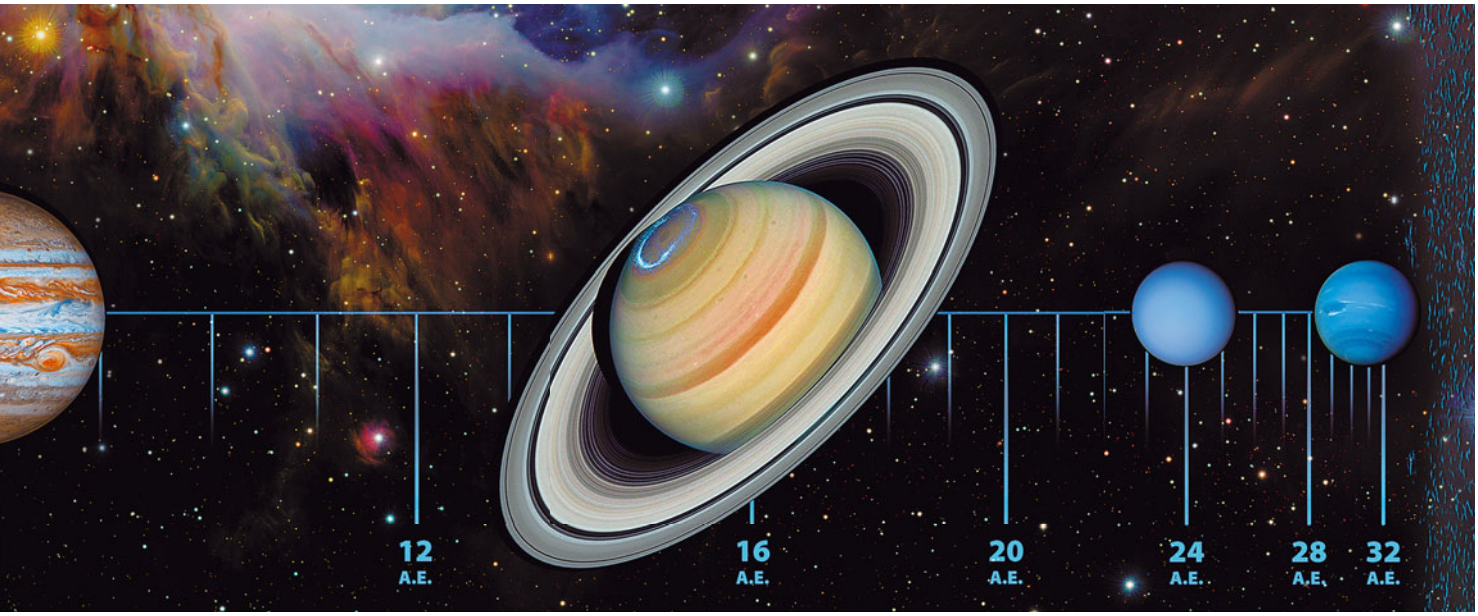
ПОЯС АСТЕРОИДОВ

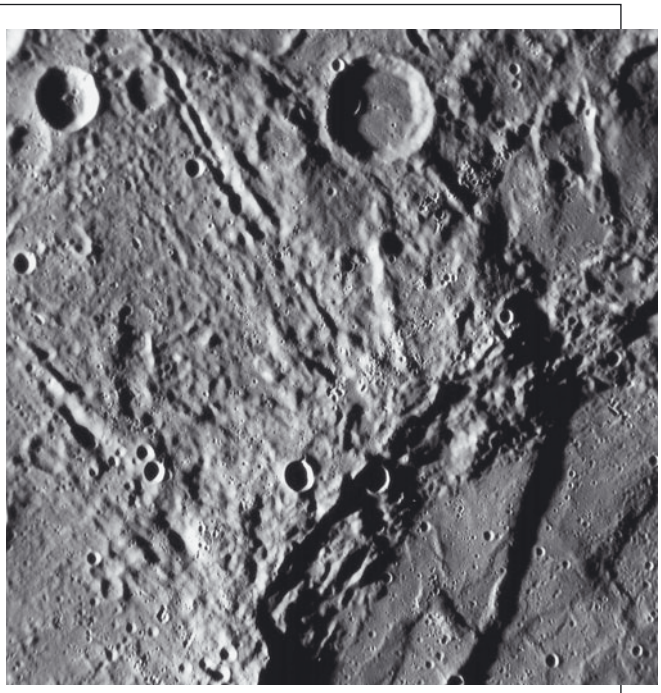
Во внутренней области Солнечной системы, между 2,3 и 3,3 а.е. от Солнца, расположен Главный пояс астероидов — большая концентрация астероидов в сравнительно узком пространстве межпланетной среды между орбитами Марса и Юпитера. Скорее всего, пояс астероидов — это несформировавшаяся планета, образованию которой помешало гравитационное влияние Юпитера и (в меньшей степени) других планет-гигантов.

За Главным поясом астероидов начинается внешняя область Солнечной системы. Там царствуют планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, на которые приходится 99% всей массы вещества, обращающегося вокруг Солнца. Они заметно отличаются от планет земной группы по составу и физическим условиям. Эти планеты гораздо больше и массивнее, они менее плотные и состоят из лёгких элементов (преимущественно водорода и гелия),



Космический аппарат «Dawn» на орбите астероида Веста





Снимок участка поверхности Меркурия, полученный АМС «Мессенджер» 14 января 2008 г.

имеют мощные атмосферы, множество спутников (от 13 до 63) и системы колец из пыли и льда. Самое крупное из колец у Сатурна — его легко можно увидеть с Земли.

За орбитой Нептуна, на расстоянии порядка 35–50 а.е. от Солнца, расположен пояс Койпера (или Эджворта–Койпера) — большое скопление малых тел. Он превышает пояс астероидов в 20 раз по протяжённости и в 20–200 раз по массе, его объекты движутся приблизительно в плоскости орбит планет. Возможно, это остаток протопланетной туманности, из которой образовалась Солнечная система.

За поясом Койпера, частично перекрываясь с ним, располагается рассеянный диск — удалённый регион Солнечной системы, слабо заселённый малыми телами. Объекты рассеянного диска имеют сильно вытянутые, наклонённые к эклиптике и даже перпендикулярные ей орбиты, которые могут простираться до 150 а.е. от Солнца. Предположительно в рассеянном диске формируются короткопериодические кометы.

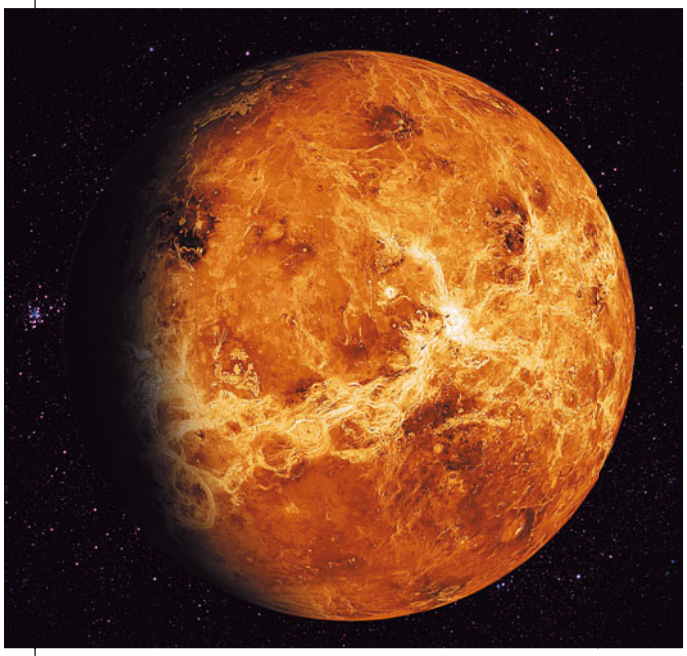
Многие косвенные факторы указывают на то, что за рассеянным диском находится сферическая область Солнечной системы, из которой к нам прилетают долгопериодические кометы. Инструментально существование этой области, которую называют облаком Оорта, не подтверждено, поэтому оценки её размеров очень приблизительны: от 2000–5000 а.е. до 50 000 или даже 100 000 а.е. Считается, что облако Оорта является остатком исходного протопланетного диска. На расстоянии около 120 а.е. от Солнца (в четыре раза дальше Плутона) расположена гелиопауза — область, в которой солнечный ветер смешивается с межзвёздным веществом; она считается началом межзвёздной среды. Но гравитационное влияние Солнца простирается гораздо дальше. Оно преобладает над гравитацией соседних звёзд на расстояниях порядка 125 000 а.е.

Большая часть Солнечной системы до сих пор не исследована. Предполагается, что до 2020 г. космические аппараты «Вояджер» пересекут гелиопаузу и мы сможем расширить свои знания о внешних областях Солнечной системы и свои представления о межзвёздной среде.

Судя по оценкам, в поясе Койпера около 450 000 объектов диаметром более 50 км, в поясе астероидов — порядка 400 000 небесных тел, а в облаке Оорта содержатся несколько триллионов ядер комет, размеры которых превышают 1,3 км.

МЕРКУРИЙ

Ближайшая к Солнцу планета земной группы, Меркурий, — самая маленькая из восьми больших планет Солнечной системы и самая быстрая планета в Солнечной системе. Он движется по орбите вокруг Солнца со средней скоростью около 48 км/с. Из-за того что орбита Меркурия сильно вытянута, разность расстояний в самой близкой и далёкой от Солнца точках равна 23,8 млн км. Из-за близости к Солнцу Меркурий получает на квадратный метр поверхности в среднем в 6,7 раза больше солнечного света, чем Земля. Естественных спутников у планеты нет.



Меркурий

За один оборот вокруг Солнца Меркурий успевает совершить 1,5 оборота вокруг своей оси, и поэтому на поверхности планеты существует два меридиана, которые попеременно обращены к Солнцу во время прохождения перигелия — ближайшей к светилу точки орбиты планеты. На этих «горячих долготах» даже по меркам Меркурия весьма жарко: температура в экваториальных областях достигает 427 °С.

Скорость вращения планеты вокруг своей оси приблизительно постоянна, а скорость орбитального движения заметно меняется из-за сильной вытянутости орбиты. В результате при прохождении планетой перигелия в течение примерно восьми суток скорость орбитального движения превышает скорость вращения планеты вокруг своей оси и Солнце в меркурианском небе сначала останавливается, а потом начинает двигаться в обратном направлении — с запада на восток.

МЕРКУРИЙ – САМАЯ МАЛЕНЬКАЯ ИЗ ВОСЬМИ БОЛЬШИХ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И САМАЯ БЫСТРАЯ ПЛАНЕТА В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ.

Современные радарные исследования приполярных областей планеты показали наличие вещества, сильно отражающего радиоволны. Это может быть водяной лёд, ведь молекулы воды попадают в атмосферу Меркурия при ударах комет. Солнце поочерёдно освещает оба полушария планеты, но в глубокие долины вблизи полюсов его лучи не

Внутреннее строение Меркурия

проникают никогда, и в этих тёмных холодных зонах могут существовать ледники толщиной до двух метров.

В 2008 г. американские астрономы сообщили об открытии у Меркурия «хвоста» длиной более 2,5 млн км. Он состоит из атомов натрия, кальция и магния, выбитых с поверхности планеты в результате столкновения с тяжёлыми частицами солнечного ветра и метеороидами.

Одной из особенностей Меркурия является очень разреженная атмосфера, состоящая из атомов гелия, водорода, аргона, неона и др. Она образовалась из захваченных планетой частиц солнечного ветра, а также из частиц, которые были выбиты солнечным ветром с её поверхности. В среднем каждый атом гелия находится в атмосфере Меркурия порядка 200 дней, а затем покидает планету. Отсутствие плотной атмосферы в сочетании с близостью к Солнцу и достаточно медленным вращением приводит к самым резким в Солнечной системе перепадам температур. Средняя температура дневной поверхности Меркурия столь высока (350 °С), что на ней могли бы образоваться свинцовые реки (температура плавления свинца 327 °С), в то время как средняя температура ночной поверхности планеты опускается до значений –170 °С.

Форма Меркурия близка к сферической. Эта необычная «железная» планета с гигантским железоникелевым ядром, предположительно жидким, обладает магнитным полем, происхождение которого пока не имеет однозначного объяснения. Его форма симметрична и похожа на форму магнитного поля Земли, но напряжённость в 300 раз меньше земного.

Большую часть времени Меркурий расположен к Земле ближе, чем Венера и Марс. В первое десятилетие XXI в. наземные и космические наблюдения планеты позволили учёным сделать много интересных открытий. Но, несмотря на это, Меркурий на сегодняшний день всё ещё остаётся наименее изученной планетой земной группы.

ВЕНЕРА

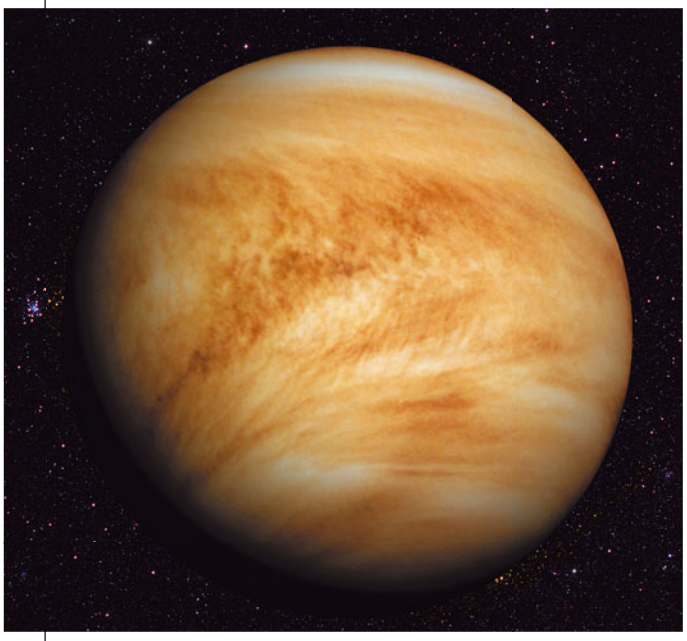
Только две из восьми больших планет Солнечной системы носят женские имена — это Земля и Венера. Отличительным признаком Венеры на звёздном небе является её ровный белый цвет, причём из всех небесных светил ярче Венеры сияют только Луна и Солнце. Своей высокой яркостью планета обязана окружающим её плотным облакам, которые прекрасно отражают солнечный свет.

Венера, как и Меркурий, относится к внутренним планетам, так как её орбита расположена к Солнцу ближе, чем орбита Земли, естественных спутников у неё нет. Она движется практически по круговой орбите в ту же сторону, что и другие планеты, причём

орбита у неё самая «круглая» из всех планет Солнечной системы.

Вращается Венера с востока на запад, т.е. в направлении, противоположном направлению вращения Земли и большинства других планет, поэтому Солнце на Венере восходит на западе.

Располагаясь на 41,4 млн км ближе к светилу, чем Земля, Венера получает тепла и света в два раза больше нашей планеты. Средняя температура венерианской поверхности 460 °С. Это существенно превышает температуру поверхности Меркурия, находящегося вдвое ближе к Солнцу! Причиной столь высокой температуры на Венере является парниковый эффект, создаваемый плотной атмосферой.



Поверхность Венеры скрывается под мощным слоем облаков

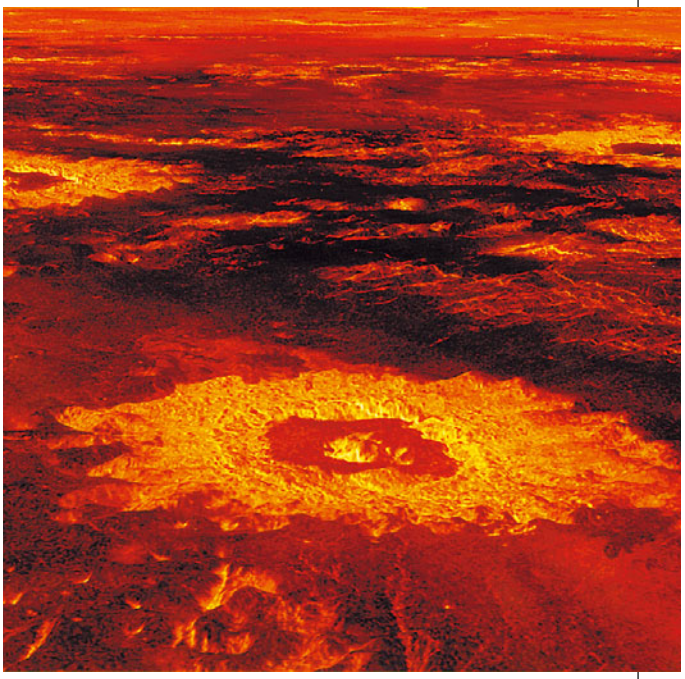
Из всех планет земной группы Венера обладает самой массивной газовой оболочкой: её атмосфера почти в 100 раз массивнее земной. Венерианский воздух на 95% состоит из углекислого газа ($C0_2$) и на 3,5% — из азота, а небо на Венере имеет яркий жёлто-зелёный оттенок. Такое большое количество CO_2 объясняется тем, что (в отличие от нашей планеты) на Венере нет растений или какой-нибудь другой органической жизни, которая могла бы его перерабатывать.

Древние извержения вулканов на Венере привели к тому, что в её атмосфере содержится большое количество серы и венерианские облака в основном состоят из капелек концентрированной серной кислоты (H_2S0_4).

ИЗ ВСЕХ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ ВЕНЕРА ОБЛАДАЕТ САМОЙ МАССИВНОЙ ГАЗОВОЙ ОБОЛОЧКОЙ: ЕЁ АТМОСФЕРА ПОЧТИ В 100 РАЗ МАССИВНЕЕ ЗЕМНОЙ.

Из-за того что поверхность планеты скрывается под толстым слоем очень густых облаков серной кислоты, которые хорошо отражают видимый свет, в видимом диапазоне её нельзя рассмотреть даже с орбиты искусственного спутника. Однако эти облака пропускают радиоволны, поэтому исследование поверхности Венеры стало возможным с развитием радиолокационных методов.

Глубина облачного покрова в некоторых местах достигает 50 км, и поскольку венерианская атмосфера намного мощнее нашей, то азота в ней, например, по массе в 5



Кратеры на поверхности Венеры

раз больше, чем в атмосфере Земли.

У самой поверхности атмосфера Венеры практически неподвижна, но на высотах порядка 60 км дуют постоянные ураганные ветры, скорость которых достигает 100 м/с и быстро уменьшается с увеличением высоты. Вращение облачного слоя происходит в ту же сторону, что и вращение планеты (с востока на запад), и ветер огибает её за 4–5 земных суток.

Давление у поверхности планеты превышает 90 атм (как в толще моря на глубине около 1 км). Сочетание сверхвысоких давления и температуры приводит к тому, что основные компоненты венерианской атмосферы — углекислый газ и азот — пребывают в таком плотном состоянии, что почти не отличаются от жидкости.

ЗЕМЛЯ

Земля как одна из планет Солнечной системы на первый взгляд ничем не примечательна. Это не самая большая, но и не самая малая из планет. Она не ближе других к Солнцу, но и не обитает на периферии планетной системы. И всё же Земля обладает одной уникальной особенностью — на ней есть жизнь. Однако при взгляде на Землю из космоса это незаметно. Хорошо видны облака, плавающие в атмосфере. Сквозь просветы в них различимы материки. Большая же часть Земли покрыта океанами.

ПОЯВЛЕНИЕ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА НА НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ — СЛЕДСТВИЕ ЕЁ ЭВОЛЮЦИИ.

Появление живого вещества на нашей планете — следствие её эволюции. В свою очередь, биосфера оказала значительное влияние на весь дальнейший ход природных

процессов. Так, не будь жизни на Земле, химический состав её атмосферы был бы совершенно иным.

Непросто «заглянуть» в недра Земли. Даже самые глубокие скважины на суше едва преодолевают 10-километровый рубеж, а под водой удаётся, пройдя осадочный чехол, проникнуть в базальтовый фундамент не более чем на 1,5 км. Однако нашёлся другой способ. Как в медицине ультразвуковое исследование (УЗИ) позволяет увидеть внутренние органы человека, так при исследовании недр планеты на помощь приходят сейсмические волны. Скорость сейсмических волн зависит от плотности и упругих свойств горных пород, через которые они проходят. Более того, они отражаются от границ между пластами пород разного типа и преломляются на этих границах.

Земля — единственная планета Солнечной системы, на которой существует жизнь

По записям колебаний земной поверхности при землетрясениях — сейсмограммам — было установлено, что недра Земли состоят из трёх основных частей: коры, оболочки (мантии) и ядра. Кора отделяется от оболочки отчётливой границей, на которой скачкообразно возрастают скорости сейсмических волн, что вызвано резким повышением плотности вещества. Толщина коры непостоянна, она изменяется от нескольких километров в океанических областях до нескольких десятков километров в горных районах материков. Мантия, расположенная под земной корой, простирается до глубины примерно 2900 км и имеет сложное строение.

Ещё в XIX столетии стало ясно, что у Земли должно быть плотное ядро, а в начале XX в. были получены первые сейсмологические свидетельства его существования. Если плотность наружных пород земной коры составляет около 2,8 г/м^3 для гранитов и примерно 3 г/м^3 для базальтов, то средняя плотность нашей планеты — 5,51 г/м^3.

Внутреннее строение Земли

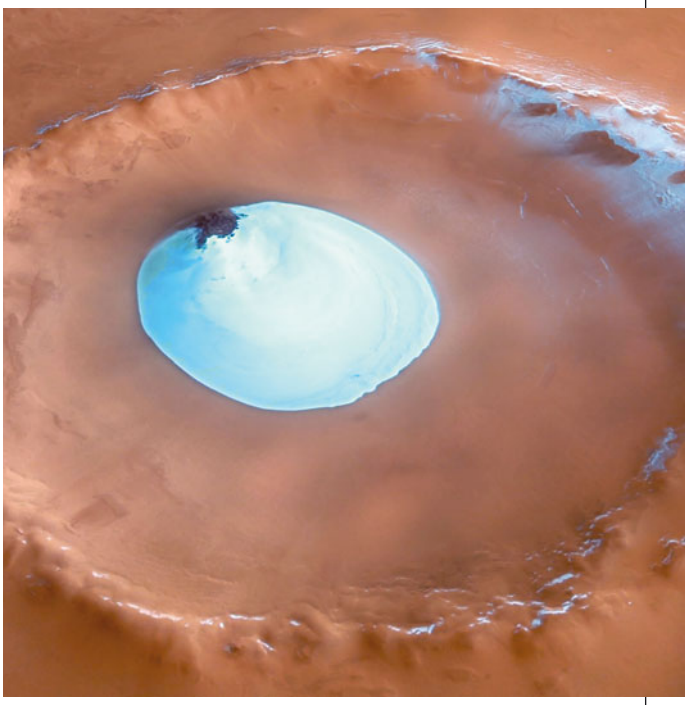
В то же время существуют железные метеориты со средней плотностью 7,85 г/м^3 и возможна ещё более значительная концентрация железа. Это послужило основанием для гипотезы о железном ядре Земли. Ядро состоит из двух частей — внешней жидкой и внутренней твёрдой. Переходная зона между жидким и твёрдым ядрами довольно тонкая — около 5 км. Чем глубже мы будем проникать в недра Земли, тем выше будут давление и температура. В ядре Земли давление превышает 3600 кбар, а температура — 6000 °С.

О высокой температуре земных недр учёные догадывались давно. Об этом свидетельствовали и вулканические извержения, и рост температуры при погружении в глубокие шахты.

МАРС

Марс выглядит на ночном небе как ярко-оранжевая звезда. Цвет планеты определяют красные оксиды железа, присутствующие в поверхностных породах.

С точки зрения топографии Марс на сегодняшний день — одно из наиболее изученных тел Солнечной системы. Основная черта марсианской «географии» — так называемая дихотомия полушарий. Поверхность планеты состоит как бы из двух контрастных частей: южное полушарие покрывают древние высокогорья, а в северных широтах сосредоточены более молодые равнины. Разница высот между горными и равнинными областями достигает 6 км. Почему полушария Марса так сильно отличаются друг от друга, до сих пор неясно. Возможно, такое деление связано с давней катастрофой — падением на Марс крупного астероида.



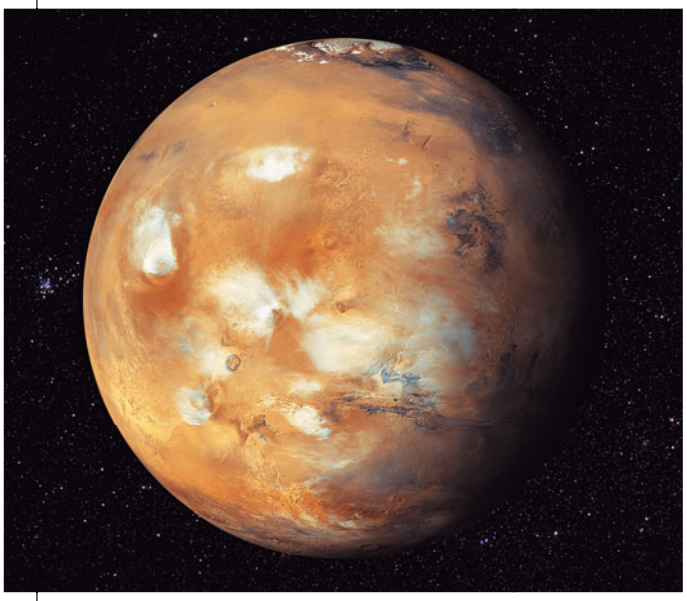
Заполненный льдом безымянный кратер Марса

У Марса атмосфера существенно более разреженна, чем воздушная оболочка Земли. По составу она напоминает атмосферу Венеры и на 95% состоит из углекислого газа. Около 4% приходится на долю азота и аргона; кислорода и водяного пара в марсианской атмосфере меньше 1%. Водяной пар и углекислый газ в марсианской атмосфере часто собираются в облака. Наблюдения с космических аппаратов показали, что на Марсе встречается облачность самых разнообразных форм и видов: перистые, волнистые, подветренные облака (вблизи крупных гор и под склонами больших кратеров, в местах, защищённых от ветра). Над низинами (каньонами, долинами) и на дне кратеров в холодное время суток часто стоят туманы. Зимой 1979 г. в районе посадки «Викинга-2» выпал тонкий слой снега, который пролежал несколько месяцев.

Средняя температура на Марсе значительно ниже, чем на Земле, — около –40 °С. При наиболее благоприятных условиях — летним днём в районе экватора — воздух про-

гревается до 0 °С — приемлемая температура для жителей Земли. Но зимней ночью мороз может достигать –125 °С. Такие резкие перепады температуры вызваны тем, что разреженная атмосфера Марса не способна долго удерживать тепло.

Над поверхностью планеты часто дуют сильные ветры, скорость которых доходит до 100 м/с. Малая сила тяжести позволяет даже разреженным потокам воздуха поднимать огромные облака пыли. Иногда довольно обширные области на Марсе бывают охвачены грандиозными пылевыми бурями. Чаще всего они возникают вблизи полярных шапок. Глобальная пылевая буря на Марсе помешала фотографированию поверхности с борта зонда «Маринер-9». Она бушевала с сентября 1971-го по январь 1972 г., подняв в атмосферу на высоту более 10 км около миллиарда тонн пыли.



Марс

Внутреннее строение планеты

У Марса два спутника — Фобос и Деймос, которые в 1877 г. обнаружил американский астроном Асаф Холл. Оба спутника испытывают сильное приливное воздействие со стороны Марса, поэтому всегда повёрнуты к нему одной стороной. Фобос и Деймос движутся по почти круговым орбитам, лежащим в плоскости экватора планеты. Некоторые исследователи считают, что спутники Марса попали к нему «не по своей воле», а были захвачены из пояса астероидов.

Фобос обращается вокруг Марса на расстоянии 9400 км от центра планеты, причём скорость его обращения столь велика, что один оборот он совершает за треть марсианских суток, обгоняя суточное вращение планеты. Из-за этого Фобос восходит на западе и опускается за горизонт на востоке.

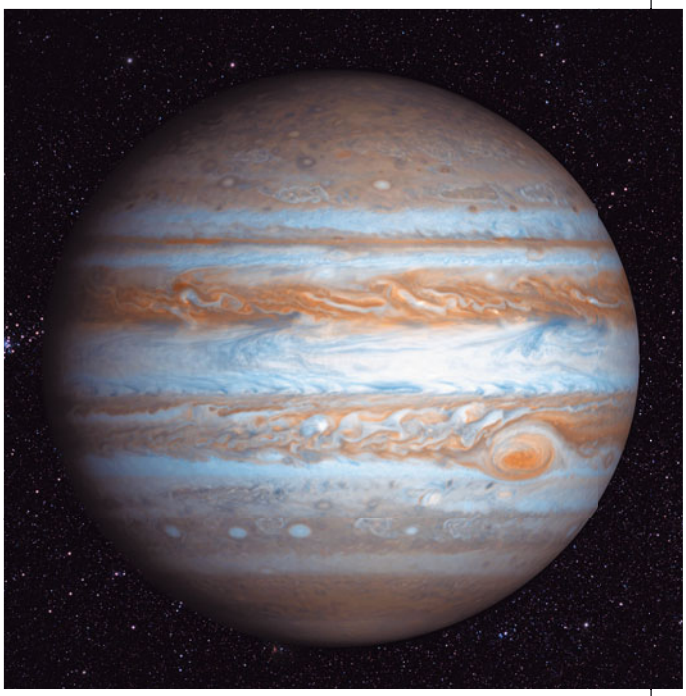
НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ПЛАНЕТЫ ЧАСТО ДУЮТ СИЛЬНЫЕ ВЕТРЫ, СКОРОСТЬ КОТОРЫХ ДОХОДИТ ДО 100 М/С.

Удаление Деймоса от центра планеты составляет более 23 тыс. км, и на один оборот у него уходит почти на сутки больше, чем у Фобоса. Сильное приливное трение, возни-

кающее вследствие близкого расположения Фобоса к Марсу, затормаживает его, и спутник медленно приближается к поверхности планеты, чтобы в конце концов упасть на неё, если к тому времени гравитационное поле Марса не разорвёт его на куски.

ЮПИТЕР

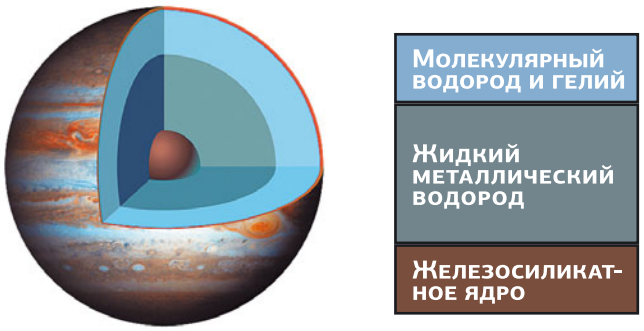
Пятая от Солнца планета — Юпитер по массе и по размеру заметно превосходит всех своих «сестёр» по Солнечной системе. В отличие от Венеры, которая из-за близости к Солнцу появляется только на рассвете и на закате, сияющий ровным белым светом Юпитер бывает виден всю ночь. Юпитер и три другие огромные холодные планеты — Сатурн, Уран и Нептун — называют планетами-гигантами или газовыми гигантами, потому что они состоят в основном из водорода и гелия. Ось вращения гиганта почти перпендикулярна плоскости его орбиты, поэтому на Юпитере нет смены времён года.



Юпитер

В отличие от твёрдых планет земной группы, газовые гиганты вращаются неоднородно. У Юпитера скорость вращения на экваторе равна 45 300 км/ч и уменьшается при продвижении к полюсам. Из-за быстрого вращения наблюдается заметное сжатие планеты: полярный радиус меньше экваториального на 6,5%, что составляет 4,6 тыс. км.

Внутреннее строение планеты



Интересно, что в Солнечной системе только у Юпитера центр масс системы Солнце — планета находится вне Солнца и удалён от последнего приблизительно на 7% солнечного радиуса.

Масса Юпитера в 1000 раз меньше солнечной, но будь он раз в 60–80 массивнее, то вполне мог бы стать не планетой, а звездой. Одна-

ко Юпитер и так ведёт себя не совсем «нормально» для планеты: известно, что он обладает собственным источником тепла и выделяет в 2–3 раза больше энергии, чем получает от Солнца. Точный механизм этого явления пока неизвестен, это может быть следствием как постепенного сжатия планеты или опускания гелия и более тяжёлых элементов, так и процессов радиоактивного распада в недрах гиганта.

Юпитер обладает самой мощной атмосферой в Солнечной системе. Состав облачного покрова планеты-гиганта подобен составу всей планеты в целом, и он гораздо больше похож на солнечный, чем на нашу земную атмосферу. 75% по массе приходится на водород, 24% — на гелий, а 1% — на примеси: метан (CH_4), водяной пар и аммиак (NH_3). Помимо этого в юпитерианском воздухе имеются также следы органических соединений, этана (C_2H_6), сероводорода (H_2S), неона, кислорода, фосфина (PH_3) и серы. Не очень-то «приятный» состав, если вспомнить, что аммиак многим знаком по резкому запаху нашатырного спирта, сероводород — по запаху тухлых яиц, а фосфин пахнет тухлой рыбой…

Ураган Большое Красное Пятно на Юпитере

На любой фотографии Юпитера видно, что его поверхность покрыта чередующимися тёмными и светлыми полосами правильной формы, которые со временем меняют своё расположение. Это длинные ряды туч и облаков. Полосы облачной структуры появляются из-за того, что вдоль параллелей на планете дуют ураганные ветры, скорость которых может достигать 500 км/ч, причём в смежных полосах потоки ветра направлены в противоположные стороны.

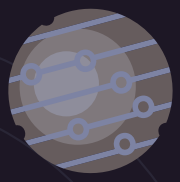
Из-за огромного удаления от «источника подогрева» — Солнца температура поверхностного слоя юпитерианских облаков опускается ниже –140 °C

ЮПИТЕР И ТРИ ДРУГИЕ ОГРОМНЫЕ ХОЛОДНЫЕ ПЛАНЕТЫ – САТУРН, УРАН И НЕПТУН – НАЗЫВАЮТ ПЛАНЕТАМИ-ГИГАНТАМИ

Исследования атмосферы Юпитера показали, что все процессы, происходящие в ней, подобны тем, которые мы наблюдаем в земной атмосфере, только гораздо более масштабные. «Нрав» у гиганта суровый: в его атмосфере всегда идут грозы и бушуют сильные штормы, а молнии, сверкающие там, в тысячи раз мощнее земных.

Солнечная система

Меркурий



Самая быстрая планета в Солнечной системе.

Меркурий получает на 1 м² поверхности в среднем в **6,7 раза** больше солнечного света, чем Земля.

Венера

Глубина облачного покрова в некоторых местах достигает **50 км.**

Средняя температура венерианской поверхности **460 °C**, (больше, чем у Меркурия).

Земля

Земля обладает одной уникальной особенностью — на ней есть жизнь.

В ядре Земли давление превышает **3600 кбар**, а температура — **6000 °C.**

Марс

Средняя температура на Марсе значительно ниже, чем на Земле, — около **– 40 °C.**

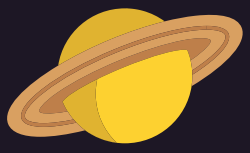
Над поверхностью планеты часто дуют сильные ветры, скорость которых доходит до **100 м/с.**

Юпитер

Юпитер обладает собственным источником тепла и выделяет в **2—3 раза больше** энергии, чем получает от Солнца.

Юпитер по массе и по размеру заметно превосходит всех своих «сестёр» по Солнечной системе.

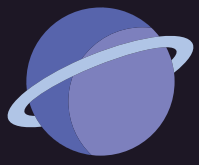
Сатурн



Сатурн состоит в основном из газов и не имеет твёрдой поверхности.

Самый большой спутник — Титан по диаметру (**5152 км**) превосходит Меркурий.

Уран



Урану было суждено стать первой планетой, открытой в XVIII в. с помощью телескопа.

Все 27 естественных спутников вращаются в плоскости экватора планеты, состоят **наполовину изо льда** с включениями аммиака и углекислого газа, а наполовину — из горных пород.

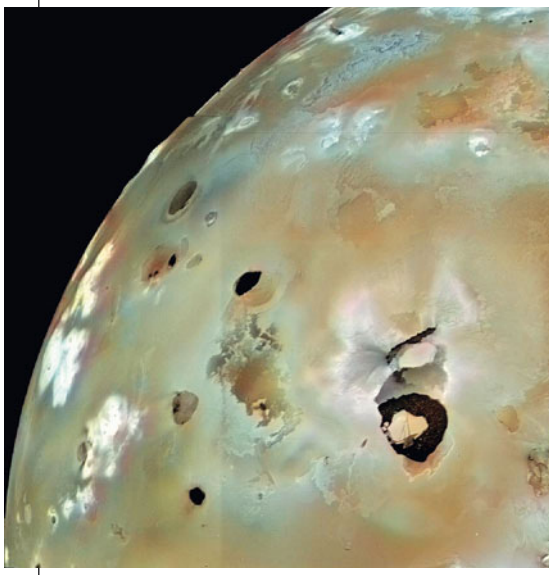
Нептун

Тритон отличается большой плотностью (2 г/см³) и самой низкой температурой поверхности среди спутников Солнечной системы (**– 235 °C**).

Нептун излучает в космос в **2,6 раза больше энергии**, чем получает от Солнца, (имеет внутренний источник тепла неизвестной природы).

СПУТНИКИ И КОЛЬЦА ЮПИТЕРА

В 1979 г. «Вояджер» обнаружил у Юпитера систему колец радиусом 129 000 км и толщиной порядка 30 км. В отличие от колец Сатурна, у Юпитера они тёмные и слабо различимы, не содержат льда и состоят в основном из пыли и мелких каменных частиц, которые плохо отражают солнечные лучи. Всего колец три: два основных и одно очень тонкое внутреннее, характерного оранжевого цвета. Все они очень разреженные и расположены в плоскости экватора на высоте порядка 55 000 км над атмосферой, поэтому с Земли их можно наблюдать только в инфракрасном диапазоне. Изучение колец Юпитера показало, что источником их пополнения являются небольшие спутники планеты-гиганта.



Спутник Юпитера Ио

Естественных спутников у Юпитера к 2010 г. было известно 63, больше, чем у любой другой планеты Солнечной системы. Наземными методами к концу 1970-х гг. было открыто 13 юпитерианских лун, в 1979 г. космический аппарат «Вояджер-1» обнаружил ещё 3, а начиная с 1999 г. при помощи наземных телескопов нового поколения были открыты остальные 47 спутников, причём большинство из них — это небольшие скалистые тела неправильной формы диаметром 2–4 км.

Некоторые из малых спутников Юпитера движутся почти по одинаковым орбитам, так что они вполне могут быть остатками более крупных лун, разрушенных тяготением планеты-гиганта.

Граница орбит спутников определяется областью гравитационного притяжения планеты и удалена от неё на расстояние 52 млн км. Внешние, наиболее удалённые от Юпитера спутники нельзя увидеть с поверхности планеты невооружённым глазом, а с самого далёкого из них газовый гигант выглядит меньше, чем Луна на нашем небе. Далёкие от планеты спутники обращаются вокруг неё в разных направлениях и вполне могут быть астероидами, захваченными гравитационным полем Юпитера.

Четыре самых крупных спутника Юпитера — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — были открыты Галилео Галилеем в 1610 г., поэтому впоследствии их стали называть галилеевыми. Все они движутся почти по круговым орбитам в плоскости экватора планеты. Силы приливного взаимодействия с планетой оказывают на них такое же влияние, как и на Луну с Землёй: вращение Юпитера постепенно замедляется, а спутники медленно удаляются от него, синхронизируя своё вращение с гигантом и постоянно обращаясь к нему одной и той же стороной.

Юпитер оставил свой след не только в мифах и религиях разных народов, но и в истории науки. Открытие галилеевых спутников — одно из первых, совершённых с помощью телескопа. Кроме того, Юпитер со спутниками так сильно напоминал Солнечную систему, что это сыграло определённую роль в формировании гелиоцентрической картины мира.

Самые крупные спутники Юпитера

Каждый из галилеевых спутников по-своему примечателен. На Ио обнаружено большое количество вулканов, действующих и потухших. Выбросы диоксида серы при извержении достигают высоты 300 км, при этом основная часть газа замерзает на поверхности спутника, но некоторое его количество улетает в космос и образует кольцо, опоясывающее Юпитер. Кроме того, Ио обладает атмосферой, которая плотнее атмосферы Меркурия, хотя и в 10 млн раз разреженнее земной. Европа покрыта водяным льдом, и вполне возможно, что под коркой толщиной 100 км существует тёплый океан, солёность которого близка к солёности земных океанов. Некоторые учёные даже надеются когда-нибудь обнаружить в подлёдном океане Европы примитивные формы жизни. Ганимед — самый большой спутник Юпитера и вообще в Солнечной системе. Его радиус равен

ЕСТЕСТВЕННЫХ СПУТНИКОВ У ЮПИТЕРА К 2010 г.
БЫЛО ИЗВЕСТНО 63.

2634 км, так что по размеру он превосходит Луну и даже Меркурий. А Каллисто с радиусом 2408 км тоже близка по размеру к Меркурию и является третьим по величине спутником в Солнечной системе после Ганимеда и спутника Сатурна Титана.

САТУРН

Шестая от Солнца планета, Сатурн, не относится к наиболее ярким объектам звёздного неба. Однако его медленно перемещающийся по ночному небосклону желтоватый немерцающий диск хорошо виден невооружённым глазом, поэтому люди наблюдали Сатурн с давних времён и считали его самой далёкой планетой.

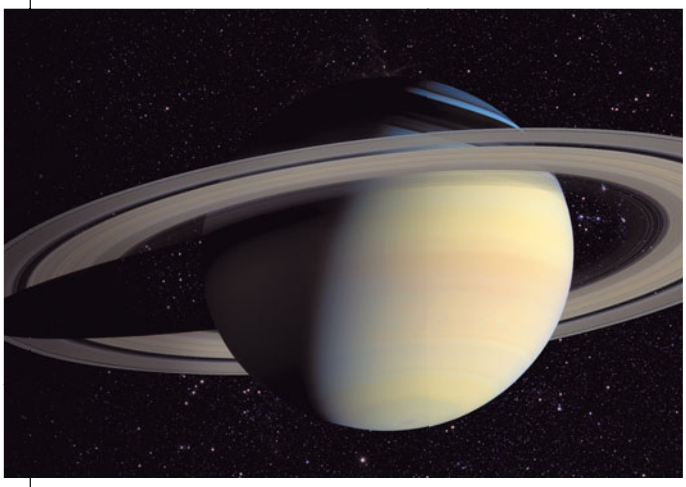
Сатурн состоит в основном из газов и не имеет твёрдой поверхности, он относится к газовым гигантам и по размеру занимает второе место в Солнечной системе после Юпитера. Как и большинство планет, Сатурн вращается с запада на восток, причём скорости вращения на разных широтах различны: в приэкваториальных областях один оборот вокруг оси занимает 10 ч 34 мин 13 с, а в приполярных — приблизительно на 26 мин больше.

Сатурн расположен почти в 10 раз дальше от Солнца, чем Земля, и поэтому получает в 90 раз меньше солнечного тепла, чем наша планета. Орбита гиганта близка к круговой, но из-за её огромных размеров разность максимального и минимального расстояний от планеты до Солнца составляет порядка 160 млн км.

Масса Сатурна в 95,2 раза превышает массу Земли. Казалось бы, это очень большая величина. Но так как объём планеты больше объёма Земли в 800 раз, то получается, что средняя плотность Сатурна составляет всего 0,69 г/см^3! Этот газовый гигант — единственная планета Солнечной системы, чья средняя плотность меньше плотности воды (которая равна 1 г/см^3 при 4 °C). А это значит, что, найдись во Вселенной гигантская ванна с водой или подходящего размера океан, Сатурн плавал бы в нём и не тонул!

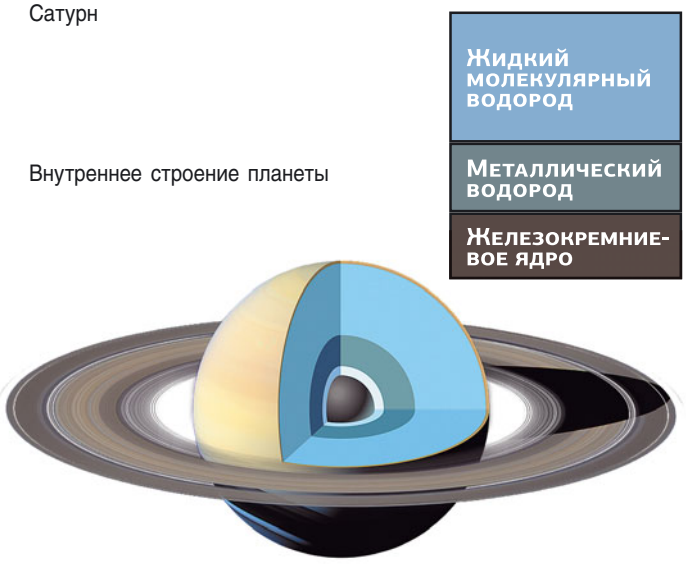
Верхние слои непрозрачной, очень плотной атмосферы Сатурна приблизительно на 93% по объёму состоят из водорода и на 7% — из гелия. На верхней границе облачного покрова планеты, где давление равно 0,1 атм, температура составляет около –190 °C. Хотя по земным меркам это страшный холод, имея такую температуру, Сатурн излучает в 2,5 раза больше тепла, чем принимает от Солнца. Это одна из особенностей Сатурна, свидетельствующая о том, что планета сама выделяет тепло.

На Сатурне дуют ураганные ветры, скорость которых вблизи экватора достигает 1800 км/ч, а это в три раза больше, чем на Юпитере! В га-

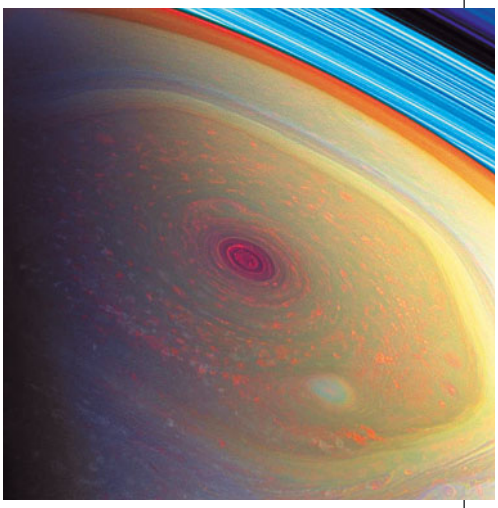


Сатурн

Внутреннее строение планеты



зовом покрове Сатурна наблюдается гораздо меньше, чем на Юпитере, мелких деталей — проявлений активности атмосферы, волн и узелков, но зато облачных полос на Сатурне больше и они заметны до очень высоких широт (78°).



На северном полюсе Сатурна хорошо видна устойчивая облачная структура в виде правильного шестиугольника — гексагона

Кроме того, в атмосфере гиганта периодически наблюдаются мощные штормы, ураганы и пятна разных цветов (от жёлтого до коричневого). У него есть свои громадные вихри, аналоги Большого Красного Пятна на Юпитере — Большой Белый Овал, Большое Коричневое Пятно и другие, меньшего размера.

Грозы на Сатурне сравнимы по мощности с земными, но случаются гораздо реже и длятся по нескольку месяцев, а гроза, которая бушевала на гиганте с января по октябрь 2009 г., оказалась самой длительной из тех, которые когда-либо наблюдались в Солнечной системе.

На Сатурне обнаружены полярные сияния — свечение верхних слоёв атмосферы под действием заряженных частиц, движущихся вдоль силовых линий магнитного поля. В отличие от сияний на Земле и Юпитере, они бывают не только в виде кольца, но могут покрывать и весь полюс, появляясь на широтах выше 65°, что не характерно для нашей планеты.

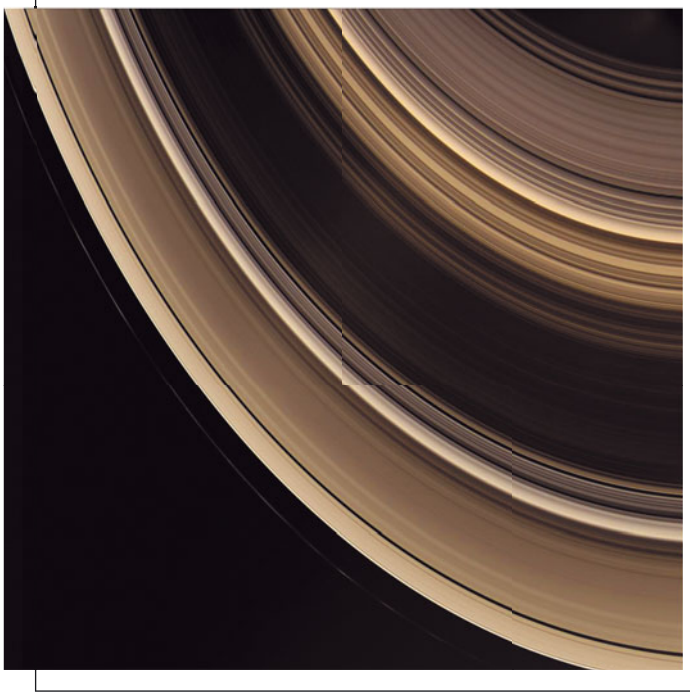
Изучая в начале 1980-х гг. снимки, полученные американскими космическими аппаратами «Вояджер-1» и «Вояджер-2», учёные заметили на северном полюсе Сатурна странное атмосферное образование, напоминающее правильный шестиугольник (гексагон). Его природа до конца не ясна, скорее всего, это необычный облачный вихрь, уходящий в глубь атмосферы планеты на расстояние порядка 100 км. Известно, что эта структура вращается и так велика, что внутри её поместятся четыре Земли. Над облачным гексагоном наблюдается кольцевое полярное сияние.

СПУТНИКИ И КОЛЬЦА САТУРНА

К весне 2010 г. у Сатурна было известно 62 естественных спутника, у 53 из которых есть постоянные номера и названия, а у остальных — временные обозначения. Многие спутники хорошо отражают солнечный свет, имеют небольшие размеры и состоят из горных пород и льда (их плотность не превышает 1,4 г/см^3). Большинство крупных спутников, за исключением Гипериона и Фебы, всегда повёрнуты к планете одной стороной, как Луна к Земле.

23 спутника Сатурна обращаются в ту же сторону, что и планета, а также движутся практически по круговым орбитам, близко расположенным к гиганту и лежащим вблизи

его экваториальной плоскости. Всё это говорит о том, что они формировались одновременно с Сатурном. Остальные спутники находятся далеко от гиганта, движутся по хаотическим орбитам и, следовательно, являются астероидами и ядрами комет, которые сравнительно недавно были захвачены планетой.



Кольца Сатурна состоят из тысяч отдельных узких колечек

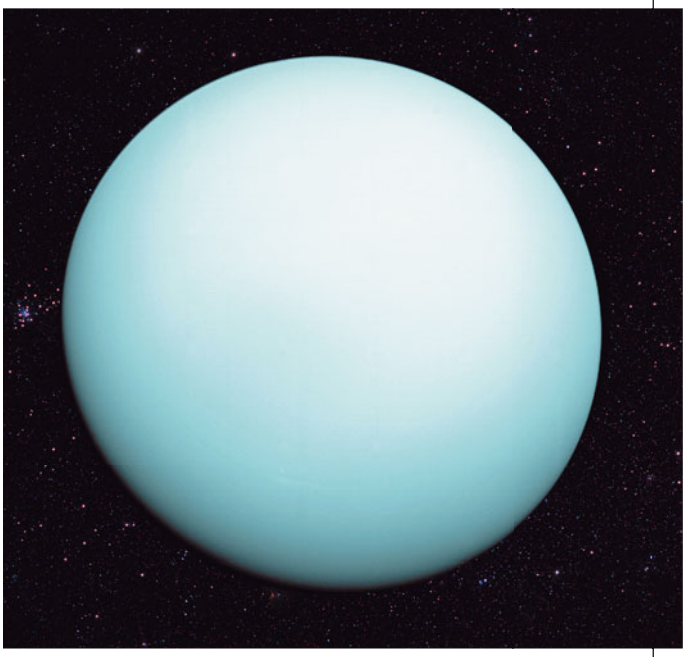
Самый большой спутник — Титан был открыт в 1655 г. выдающимся голландским учёным Христианом Гюйгенсом. По диаметру (5152 км) он превосходит Меркурий и единственный в Солнечной системе обладает очень плотной атмосферой, которая приблизительно на 98% состоит из азота. Атмосфера Титана в 10 раз превышает земную по массе и создаёт давление у поверхности спутника в 1,5 раза больше, чем атмосферное давление на Земле. Температура у поверхности Титана около –175 °С. Спутник состоит из льда и скалистых горных пород, его средняя плотность равна 1,9 г/см^3. В 2006–2007 гг. в северном полушарии Титана впервые в истории обнаружили внеземные «водоёмы» размером от одного до сотен километров; правда, состоят они не из воды, а из жидких углеводородов — метана или этана.

Известно, что на Титане выпадают осадки. Причиной тому — метановые облака, которые парят на высоте около 25 км и покрывают 1% поверхности спутника. По сравнению с Землёй это очень мало, ведь наша облачность покрывает 50% поверхности.

УРАН

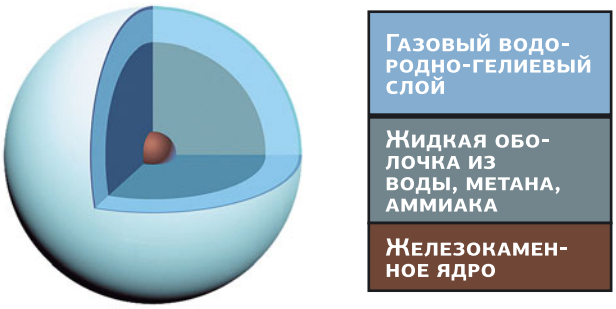
Уран — седьмая от Солнца планета Солнечной системы. Он расположен так далеко от Земли, что даже в ясные ночи едва различим невооружённым глазом, так что Урану было суждено стать первой планетой, открытой в XVIII в. с помощью телескопа. Первооткрывателем Урана считается английский музыкант и астроном немецкого происхождения Уильям Гершель. Самой примечательной особенностью Урана является нетипичный для планет Солнечной системы наклон оси его вращения к плоскости орбиты: около 98°. Из-за этого на планете наблюдаются очень сильные сезонные изменения погоды. Каждый полюс гиганта по 42 года находится в темноте и по 42 года — на солнечной стороне, а на экваторе бывает по две зимы и два лета, продолжающиеся по 20 лет.

Из-за большой удалённости от Солнца температуры на зимней и летней стороне планеты почти одинаковы, около верхушки облаков они достигают значений –216 °С, а разброс величин составляет всего лишь 4 °С. Хотя полюса планеты за год получают



Уран

Внутреннее строение планеты



от Солнца больше энергии, чем области на экваторе, Уран оказывается теплее в экваториальных областях, а не в полярных. Почему так происходит, пока неясно.

Как и у других газовых гигантов, атмосфера Урана состоит в основном из водорода (83% по массе), гелия (15%) и метана (CH_4, около 2%), своим зеленовато-голубым цветом атмосферы гигант обязан тому, что красные лучи поглощаются метаном.

При движении по орбите Уран как бы катится, переворачиваясь с боку на бок, что совсем не похоже на поведение других планет Солнечной системы. При каких же обстоятельствах планета «завалилась» набок? Многие учёные склоняются к тому, что это произошло на раннем этапе формирования планеты в результате её столкновения с небесным телом, сравнимым по размеру с Землёй. Но есть и другая гипотеза, согласно которой ось вращения планеты за миллионы лет раскачал крупный спутник, впоследствии «разорвавший» гравитационные узы, связывавшие его с Ураном, и потерянный гигантом.

Магнитная ось планеты наклонена к оси вращения под углом 59° и смещена от центра Урана к южному полюсу примерно на $^1/_3$ радиуса. Столь необычное расположение оси приводит к тому, что магнитные полюсы планеты очень сильно удалены от географических полюсов, а конфигурация поля, которое в 48 раз сильнее земного, достаточно сложная.

«Свита» Урана гораздо менее массивная, чем у других газовых гигантов: объединённая масса пяти самых крупных спутников планеты вполовину меньше массы Тритона, спутника Нептуна. Все 27 естественных спутников вращаются в плоскости экватора планеты, практически перпендикулярно плоскости её орбиты. Они состоят наполовину изо льда с включениями аммиака и углекислого газа, а наполовину — из

горных пород. Две самые большие луны, Титаник и Оберон, диаметрами 1578 км и 1523 км соответственно, открыл Гершель в 1787 г.

Обнаруженные в 1977 г. кольца Урана очень тёмные, их вещество подобно застывшей лаве и углю. Они образованы из частиц диаметром от нескольких миллиметров до нескольких метров. На май 2010 г. известно 13 колец, самое яркое из которых имеет переменную толщину.

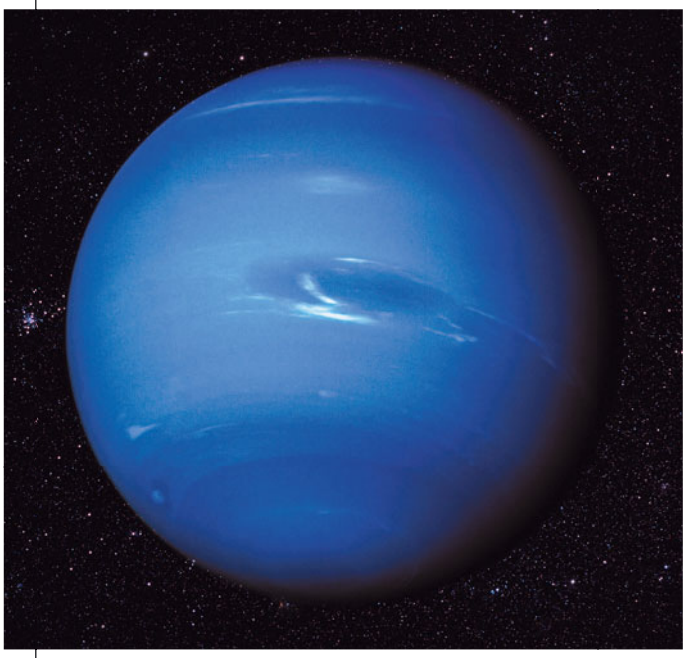
Наблюдения с космических зондов показывают, что кольца Урана постоянно пополняются пылью, которую мощные метеориты выбивают с поверхности спутников.

НЕПТУН

Нептун — восьмая по счёту и единственная планета в Солнечной системе, которую открыли благодаря математическим вычислениям. Из-за слабого блеска её невозможно разглядеть без помощи оптических приборов, поэтому на мысль о существовании далёкой планеты учёных натолкнули странности в поведении Урана: каждый раз после очередного уточнения характеристик его орбиты гигант медленно, но верно отклонялся от вычисленной траектории. Со временем стало очевидно, что аномалии в движении Урана вызваны притяжением ещё одной планеты, орбита которой находится далеко за его орбитой.

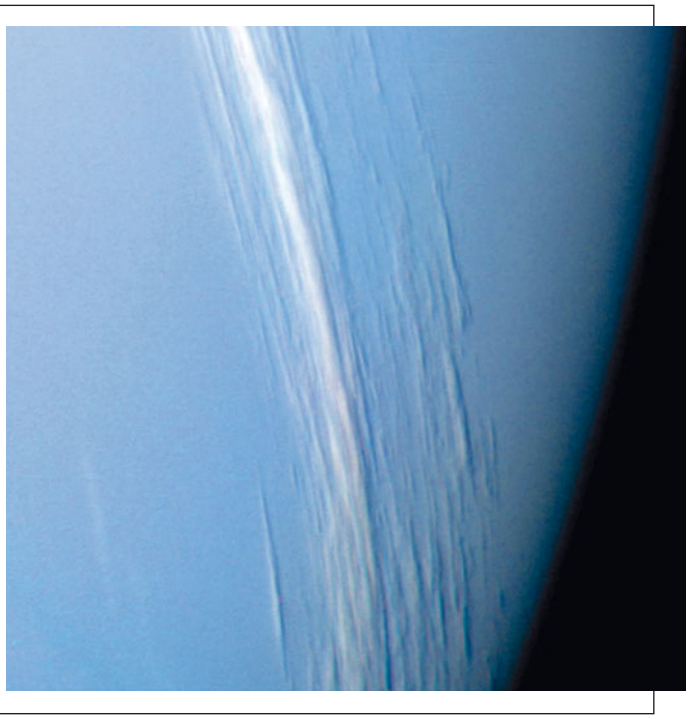
Два математика и астронома британец Джон Адамс и француз Урбен Леверье независимо друг от друга рассчитали путь неизвестной планеты, благодаря чему немецкие астрономы Иоганн Галле и Гейнрих д'Арре 23 сентября 1846 г. и обнаружили Нептун. А уже через 17 дней, 10 октября, английский астроном-любитель Уильям Ласселл с помощью домашнего телескопа открыл самый большой спутник Нептуна — Тритон, радиус которого равен 1353 км.

Атмосфера Нептуна состоит в основном из водорода (80%), гелия (19%) и метана (1%), окрашивающего её в голубой цвет. На видимой поверхности Нептуна наблюдаются облачные полосы, а также тёмные и светлые пятна — вихри. Кроме того, на южном полюсе планеты обнаружена горячая область, температура которой на 10 К выше, чем в среднем по планете. Неп-



Нептун

Внутреннее строение планеты



На снимке, сделанном «Вояджером», виден рельеф облаков на Нептуне

тун излучает в космос в 2,6 раза больше энергии, чем получает от Солнца, и, следовательно, имеет внутренний источник тепла неизвестной природы.

В атмосфере Нептуна образуются гигантские шторма и дуют самые быстрые в Солнечной системе ветры. Эти ветры дуют вдоль экватора планеты в направлении, противоположном её вращению. Они в три раза мощнее юпитерианских и в девять раз превосходят земные. Кроме того, на Нептуне замечены гигантские антициклоны — аналоги Большого Красного Пятна на Юпитере, которые сравнимы с ним по размеру, но живут гораздо меньше.

В 1989 г. «Вояджер-2» подтвердил гипотезу о существовании у Нептуна колец. Их оказалось шесть — слабых и полупрозрачных. Эти кольца очень непостоянны, скорее всего, молоды и просуществуют недолго.

К маю 2010 г. у Нептуна было обнаружено 13 спутников, шесть из которых были найдены «Вояджером-2». Два из них — Нереида и Тритон — обращаются вокруг планеты в обратном направлении. Нереида имеет одну из самых вытянутых орбит в Солнечной системе, а на Тритон, превосходящий размером Луну, приходится 99,5% массы всех спутников планеты.

Тритон отличается большой плотностью (2 г/см^3) и самой низкой температурой поверхности среди спутников Солнечной системы (–235 °С). Он имеет очень тонкую газовую оболочку, верхний слой которой на 99% состоит из азота. В нижних слоях атмосферы обнаружены метан и угарный газ (CO). На поверхности спутника есть кратеры, каньоны и горы, а гейзеры жидкого азота выбрасывают кипящий газ на высоту 7–8 км.

На Тритоне сменяются времена года. Это происходит так же, как на Земле, хотя и гораздо медленнее, ведь год длится на спутнике 165 земных лет. Кроме того, атмосферное давление на спутнике «скачет» не на «миллиметры ртутного столба», как у нас, а в разы.

Тритон, этот удивительный ледяной мир, через десятки миллионов лет будет разрушен гравитацией Нептуна. Под действием неё спутник приближается к планете и в конце концов подойдёт к ней так близко, что его разорвёт на части, а из его обломков может сформироваться большое и яркое кольцо, видимое с Земли.

КОМЕТЫ

Комета (от *др.-греч.* волосатый, косматый) — небольшое небесное тело, обращающееся вокруг Солнца и имеющее туманный вид. Когда комета приближается к Солнцу, вокруг её ядра образуется облако из пыли и газа, которое называется комой. Вместе ядро и кома образуют «голову» кометы. Чем ближе к Солнцу — тем сильнее растёт «голова» кометы, а иногда у неё появляется газовый и пылевой «хвост».

С древнейших времён до наших дней замечено и описано уже около 4000 комет. Самым коротким маршрутом ходит комета Энке — от орбиты Меркурия до Юпитера и обратно за 3,3 года. Самая далёкая из тех, что наблюдались дважды, — комета, открытая в 1788 г. Каролиной Гершель и вернувшаяся через 154 года с расстояния 57 а.е. В 1914 г. на побитие рекорда дальности пошла комета Делавана. Она удалится на 170 000 а.е. и «финиширует» через 24 млн лет.

Комета Донати. Рисунок 1884 г.

Хотя законы, управляющие движением планет и комет, одни и те же, их поведение и области обитания сильно различаются. Орбиты планет — эллипсы, близкие к окружностям. Орбиты комет — вытянутые эллипсы, почти параболы. Планеты движутся в плоскости тонкого диска в одном направлении. Пути комет — это настоящий клубок орбит, ориентированных в пространстве без порядка. Кометы ходят по ним одни — против, другие — по часовой стрелке (обратное движение).

Движение планет устойчиво, они не меняют заметно своих орбит. Кометы, регулярно пересекая дороги больших планет, меняют орбиты. Обычно изменения незначительны, но если странница пролетит мимо планеты-гиганта ближе чем в полумиллиарде километров, то величина и направление её орбиты могут измениться до неузнаваемости.

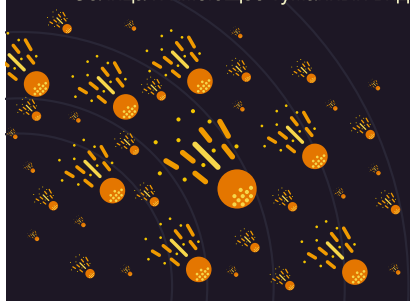
ОРБИТЫ ПЛАНЕТ – ЭЛЛИПСЫ, БЛИЗКИЕ К ОКРУЖНОСТЯМ.

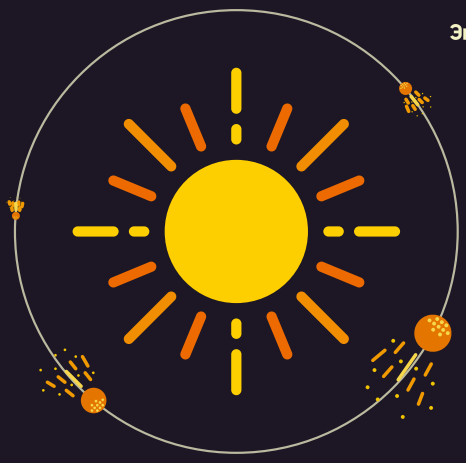
Особенно сильно влияние Юпитера. Набрасывая гравитационное лассо, он «одомашнивает» кометы, переводит их на короткие орбиты — от Солнца до Юпитера и обратно. Сегодня в табуне Юпитера около сотни «захваченных» комет. По десятку комет держат Сатурн и Нептун. Три кометы пасёт Уран. Есть ещё подозрительное стадо, гуляющее до границы 50–60 а.е. Стадо есть, а пастуха нет…

Кометы и метеориты

Кометы

Комета (от др.-греч. волосатый, косматый) — небольшое небесное тело, обращающееся вокруг Солнца и имеющее туманный вид.





Энке

Самым коротким маршрутом ходит комета Энке — от орбиты Меркурия до Юпитера и обратно за **3,3 года**.

Самая далёкая из комет, что наблюдались дважды, — комета, открытая в 1788 г. **Каролиной Гершель** и вернувшаяся через 154 года с расстояния 57 а. е. В 1914 г. на побитие рекорда дальности пошла комета Делавана. Она удалится на 170 000 а. е. и «финиширует» через **24 млн лет**.

С древнейших времён до наших дней замечено и описано уже около **4000 комет.**

Ядро кометы состоит из **льдов**, внутри уплотнённых, а снаружи пористых, губчатых, пушистых. Пока до Солнца далеко, комета, промороженная до –260 °С, спит глубоким сном: ни головы, ни хвоста. Основу льдов (более 80%) составляет вода, остальное — твёрдая углекислота, именуемая сухим льдом, метановый, аммиачный лёд и другие замороженные газы.

Метеоры

Это падающая звезда, или метеор. Иногда их бывает много — целые звёздные ливни. Но сколько бы их ни пролетело, вид звёздного неба не изменится: падающие звёзды не имеют отношения к звёздам настоящим.

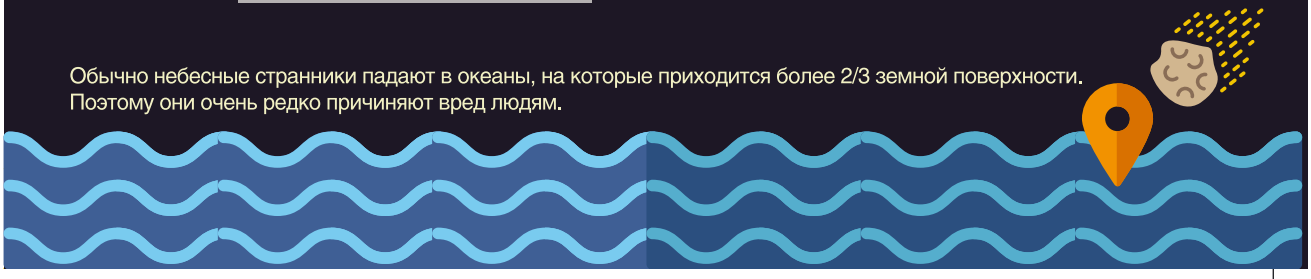
Тело массой в доли грамма, вторгаясь в земную атмосферу с огромной скоростью (десятки километров в секунду), раскаляется от трения о воздух и целиком сгорает на высоте **80—100 км.**

Метеориты

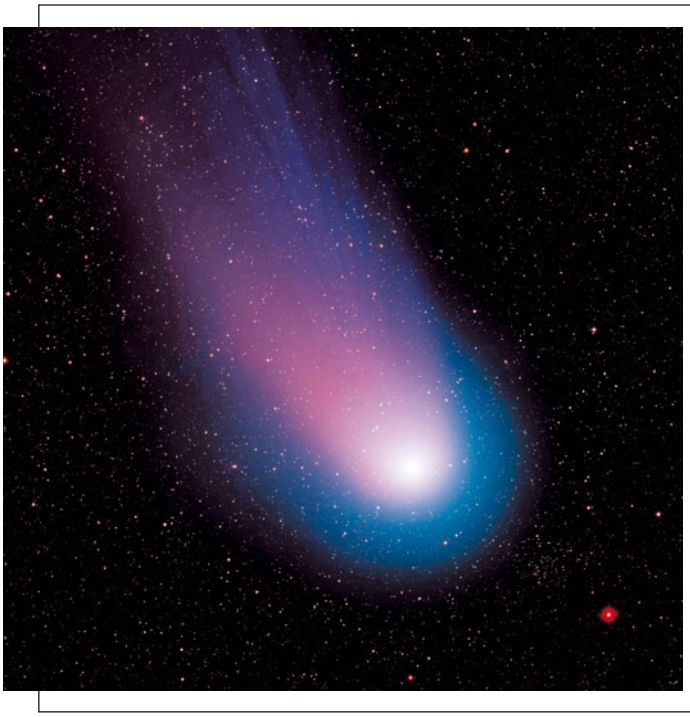
Падающие с неба камни или куски железа называют метеоритами.

Достоверно зафиксировано только **два случая попадания метеоритов в людей** (оба без серьёзных последствий), ничтожен и причинённый ими материальный ущерб.

Обычно небесные странники падают в океаны, на которые приходится более 2/3 земной поверхности. Поэтому они очень редко причиняют вред людям.



Кометы — самые протяжённые тела Солнечной системы. У кометы 1811 г. одна голова по объёму в шесть-восемь раз превосходила Солнце. У кометы 1882 г. хвост был больше, чем расстояние от Солнца до Юпитера. Но при всех своих невообразимых размерах хвосты, состоящие из плазмы, газа и дыма, настолько разреженны, что на Земле такая среда считается вакуумом.



Фотография кометы C2001, сделанная телескопом обсерватории Китт-Пик 7 мая 2004 г.

Ядро кометы состоит из льдов, внутри уплотнённых, а снаружи пористых, губчатых, пушистых. Пока до Солнца далеко, комета, промороженная до –260 °C, спит глубоким сном: ни головы, ни хвоста. Основу льдов (более 80%) составляет вода, остальное — твёрдая углекислота, именуемая сухим льдом, метановый, аммиачный лёд и другие замороженные газы.

Когда комета достигает расстояния 4,5 а.е. от Солнца и её обогрев достигает $^1/_{20}$ нагрева Земли, то температура верхнего слоя льда поднимается до –140 °C. В этот момент открытые льды начинают испаряться: переход вещества из твёрдого состояния в газообразное, минуя стадию жидкости, называется возгонкой. Так образуются сначала кома, а потом и хвост кометы.

Очень близкое прохождение около Солнца грозит ядру развалом, разрывом на части, как уже не раз бывало. Но если комета благополучно миновала перигелий, она, побушевав ещё немного, «успокаивается» и застывает до очередной встречи с Солнцем.

МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Наш «дом», планета Земля, тесно связан с космосом. Наблюдать прибытие на Землю космического вещества может каждый. Достаточно в ясную ночь провести хотя бы час, всматриваясь в звёздное небо, и вы наверняка заметите огненную черту, прорезающую небосвод. Это падающая звезда, или *метеор.* Иногда их бывает много — целые звёздные ливни. Но сколько бы их ни пролетело, вид звёздного неба не изменится: падающие звёзды не имеют отношения к звёздам настоящим.

В пространстве, окружающем нашу планету, движется множество твёрдых тел разных размеров — от пылинок до глыб поперечником в десятки и сотни метров. Чем больше размер тел, тем реже они встречаются. Поэтому пылинки сталкиваются с Землёй ежедневно и ежечасно, а глыбы — раз в сотни и даже тысячи лет. Тело массой в доли грамма, вторгаясь в земную атмосферу с огромной скоростью (десятки километров в секунду), раскаляется от трения о воздух и целиком сгорает на высоте 80–100 км. В этот

Поток Леониды. Рисунок 1833 г.

момент наблюдатель на Земле видит метеор.

Уже давно люди заметили, что в отдельные ночи появлялось очень много метеоров. Это были настоящие звездопады, повергавшие очевидцев в изумление, а порой и в ужас. В ноябре 1799 г. такой звездопад наблюдал в Южной Америке известный немецкий путешественник и учёный Александр Гумбольдт. Он обратил внимание на то, что метеоры двигались по небу не как попало, а словно бы истекали из одной области на небе, т.е. обратные продолжения этих огненных стрел пересекались в одной точке. Эту точку стали именовать радиантом метеорного потока.

Принадлежащие одному потоку частицы летят в атмосфере по параллельным траекториям, а в перспективе мы видим их как бы исходящими из одной точки. Точно так же сходятся к горизонту железнодорожные рельсы, если смотреть вдоль них. Позднее была открыта связь метеорных потоков с кометами.

ЕСЛИ ОРБИТА ЗЕМЛИ ПЕРЕСЕКАЕТСЯ С ЭТИМ ТОРОМ, ЧАСТИЦЫ НАЛЕТАЮТ НА ПЛАНЕТУ, ПОРОЖДАЯ ЯВЛЕНИЕ МЕТЕОРНОГО ПОТОКА.

Ядра комет состоят из льдов с вкраплёнными в них твёрдыми частицами. При сближении с Солнцем льды испаряются и покидают ядро, увлекая за собой твёрдые пылинки и песчинки. Самые мелкие из них солнечный ветер уносит в хвост кометы, а затем и вообще выметает за пределы планетной системы. Однако более тяжёлые частицы некоторое время окружают облаком ядро кометы, а потом рассредоточиваются вдоль её орбиты, образуя что-то вроде бублика — тора, осью которого является кометная орбита.

Если орбита Земли пересекается с этим тором, частицы налетают на планету, порождая явление метеорного потока. Более того, ровно через год, когда Земля вернётся к этому месту своей орбиты и снова окунётся в рой мелких частиц, метеорный поток повторится — в те же даты, что и в прошлом году.

Кроме метеоров, принадлежащих потокам, наблюдаются и другие, потоков не образующие. Их называют спорадическими. По своему происхождению они схожи с падающими на Землю метеоритами.

МЕТЕОРИТЫ

Падающие с неба камни или куски железа называют метеоритами. Падение метеорита — явление редкое и может произойти в любой точке земного шара. Обычно небесные странники падают в океаны, на которые приходится более $^2/_3$ земной поверхности. Поэтому они очень редко причиняют вред людям. Достоверно зафиксировано только два случая попадания метеоритов в людей (оба без серьёзных последствий), ничтожен и причинённый ими материальный ущерб.

Метеориты образуются, когда в атмосферу нашей планеты влетает с относительно невысокой скоростью достаточно большой кусок космического вещества. В этом случае атмосфера успевает «притормозить» его, прежде чем он полностью сгорит, и его остаток упадёт на поверхность Земли. Это и есть метеорит.

Метеорит Хоба

Падение метеорита сопровождается полётом по небу огненного шара и громоподобными звуками. Наконец, когда масса влетевшего тела ещё больше, то атмосфера уже не может погасить всю его скорость, и оно врезается в поверхность Земли, оставляя на ней космический шрам — метеоритный кратер или воронку.

Следы ударов метеоритов (иногда их называют астроблемы — «звёздные раны») остались на поверхности нашей планеты. Наиболее известный из них — кратер в Аризоне — имеет в поперечнике более 1 км и образовался 50 тыс. лет назад. Сухой климат пустыни обеспечил его хорошую сохранность. Внешние следы других космических шрамов в значительной степени стёрты последующими геологическими процессами. Одно из крупнейших известных ныне таких образований находится на севере Сибири. Это Попигайский метеоритный кратер диаметром 100 км.

Метеоритам принято давать имена по географическим названиям мест, соседствующих с местом падения или находки. Чаще всего это название ближайшего населённого пункта, но выдающимся метеоритам присваивают более общие имена. Два самых крупных паде-

Сихотэ-Алинский метеорит

ния XX в. произошли на территории России: Тунгусское (30 июня 1908 г.) и Сихотэ-Алиньское (12 февраля 1947 г.).

Метеориты делятся на три больших класса: железные, каменные и железокаменные. Они состоят из тех же элементов, что и земные горные породы, но сочетания этих элементов, т.е. минералы, могут быть и такими, какие на Земле не встречаются. Это связано с особенностями образования тел, породивших метеориты.

Метеориты являются осколками астероидов, которые населяют в основном зону между орбитами Марса и Юпитера. Астероиды сталкиваются, дробятся, изменяют орбиты друг друга, так что некоторые осколки иногда пересекают орбиту Земли. Эти осколки и дают метеориты.

ДВА САМЫХ КРУПНЫХ ПАДЕНИЯ XX в. ПРОИЗОШЛИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ: ТУНГУССКОЕ И СИХОТЭ-АЛИНЬСКОЕ.

Вычислить с удовлетворительной точностью орбиты метеоритов очень трудно, т.к. их падение — явление очень редкое и непредсказуемое. В нескольких случаях это удалось сделать, и все орбиты оказались типично астероидными. В 2008 г. было получено прямое доказательство астероидного происхождения метеоритов: наземными наблюдениями был обнаружен маленький астероид очень близко от Земли, вычислены время и место его встречи с Землёй. В этом месте был сфотографирован пылевой след болида, а затем группа поиска обнаружила и несколько экземпляров раздробившегося метеорита.

ГЛАВА III

ЗВЁЗДЫ, ТУМАННОСТИ, МЕЖЗВЁЗДНАЯ СРЕДА

Постоянство и непознаваемость звёзд наши предки считали непреложными условиями существования мира. Наверное, им очень важно было сознавать, что в неверном и изменчивом мире остаётся что-то неподвластное времени. Неудивительно, что любые изменения в мире звёзд издавна считались предвестниками значительных событий. Согласно Библии, внезапно вспыхнувшая звезда возвестила миру о рождении Иисуса Христа, а другая звезда — Полынь — будет, согласно легенде, знаком конца света. Со временем звёзды стали рассматриваться как физические объекты, для описания которых вполне достаточно известных законов природы.

Нам повезло — мы живём в относительно спокойной области Вселенной. Возможно, именно благодаря этому жизнь на Земле возникла и существует на протяжении такого огромного (по человеческим меркам) промежутка времени. Но с точки зрения исследования звёзд этот факт вызывает чувство досады. Самая близкая к нам звезда — Солнце, а на многие парсеки вокруг него (парсек — единица звёздных расстояний, равная 3,26 светового года, или примерно 30 триллионов километров) — только неяркие и невыразительные светила, в лучшем случае подобные нашей звезде, а чаще гораздо более тусклые.

Все редко встречающиеся типы звёзд находятся очень далеко. Видимо, поэтому разнообразие мира звёзд так долго оставалось скрытым от человеческого глаза. И только изобретение новых астрономических приборов позволило осознать, насколько звёзды разные. Основными характеристиками звезды, которые могут быть тем или иным способом определены из наблюдений, являются мощность её излучения (в астрономии она называется светимостью), масса, радиус, температура и химический состав атмосферы. Зная эти параметры, можно рассчитать возраст звезды.

ДАЖЕ САМЫЕ КОРОТКОЖИВУЩИЕ ЗВЁЗДЫ СУЩЕСТВУЮТ МИЛЛИОНЫ ЛЕТ – ДОЛЬШЕ ЖИЗНИ НЕ ТОЛЬКО ОДНОГО ЧЕЛОВЕКА, НО И ВСЕГО ЧЕЛОВЕЧЕСТВА.

Интересно, что Солнце по своим характеристикам занимает среднее положение, среди других звёзд ничем особенно не выделяясь. В целом же перечисленные выше параметры изменяются в очень широких пределах и, кроме того, взаимосвязаны. Звёзды самой высокой светимости обладают наибольшей массой, и наоборот, маломассивные звёзды светят очень слабо.

Астрономы не в состоянии проследить жизнь одной звезды от начала и до конца. Даже самые короткоживущие звёзды существуют миллионы лет — дольше жизни не только одного человека, но и всего человечества. Однако учёные могут наблюдать много звёзд, находящихся на самых разных стадиях развития — только что родившиеся и уже умирающие. По многочисленным звёздным портретам они стараются восстановить эволюционный путь каждой звезды и написать её биографию.

Благодаря развитию наблюдательных технологий астрономы получили возможность исследовать не только видимое, но и невидимое глазу излучение звёзд, причём не только электромагнитное, но (в случае Солнца) и нейтринное.

В последние годы активно развивается новая область звёздной астрофизики — астросейсмология. Применение к звёздам сейсмических методов исследования позволило заглянуть в их недра. Сейчас уже многое известно об их строении и эволюции, хотя немало остаётся и необъяснённого, особенно это касается самых начальных и самых последних этапов жизни звёзд.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВЁЗД

Путь к познанию звёзд лежит через измерения и сопоставление их свойств. Первое, что замечает человек при наблюдении ночного неба, — это различная яркость (блеск) звёзд. Видимый блеск звезды — легко измеряемая, важная, но далеко не исчерпывающая характеристика. Для того чтобы установить важную характеристику звезды — мощность её излучения (светимость), надо знать расстояние до неё.

Две яркие молодые звезды в зелёной туманности

В этом на помощь астрономам приходит тот факт, что мы вместе с Землёй путешествуем по орбите вокруг Солнца. Годичным параллаксом звезды называется угол, под которым со звезды был бы виден средний радиус земной орбиты, перпендикулярный направлению на звезду, и астрономы научились его определять. Оказалось, что параллаксы даже самых близких звёзд чрезвычайно малы, меньше 1".

Так как радиус земной орбиты известен, а годичный параллакс звёзд можно измерить, то для определения расстояния до звезды остаётся

решить школьную задачу по планиметрии: найти высоту равнобедренного треугольника, если известны его основание (большая полуось земной орбиты) и угол при вершине (параллакс).

Когда были измерены расстояния до ярких звёзд, стало очевидным, что многие из них по светимости значительно превосходят Солнце. Но светимость большинства звёзд меньше солнечной. Известны звёзды, излучающие света в десятки тысяч раз меньше, чем Солнце. Вообще же интервал светимостей наблюдаемых звёзд оказался невероятно широким: они могут отличаться более чем в миллиард раз!

Одна из сравнительно легко измеряемых звёздных характеристик — цвет. Как раскалённый металл меняет свой цвет в зависимости от степени нагрева, так и цвет звезды всегда указывает на её температуру. Самые горячие звёзды — всегда голубого и белого цветов, менее горячие — желтоватого, холодные — красноватого. Полную информацию о природе излучения звёзд даёт спектр. Спектральный аппарат, устанавливаемый на телескопе, при помощи специального оптического устройства раскладывает свет звезды по длинам волн в радужную полоску спектра. По спектру нетрудно узнать, какая энергия приходит от звезды на различных длинах волн, и оценить её температуру точнее, чем по цвету.

САМОЙ ВАЖНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ЗВЕЗДЫ ЯВЛЯЕТСЯ МАССА – ОНА ОПРЕДЕЛЯЕТ ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕ ОСТАЛЬНЫЕ ЕЁ СВОЙСТВА.

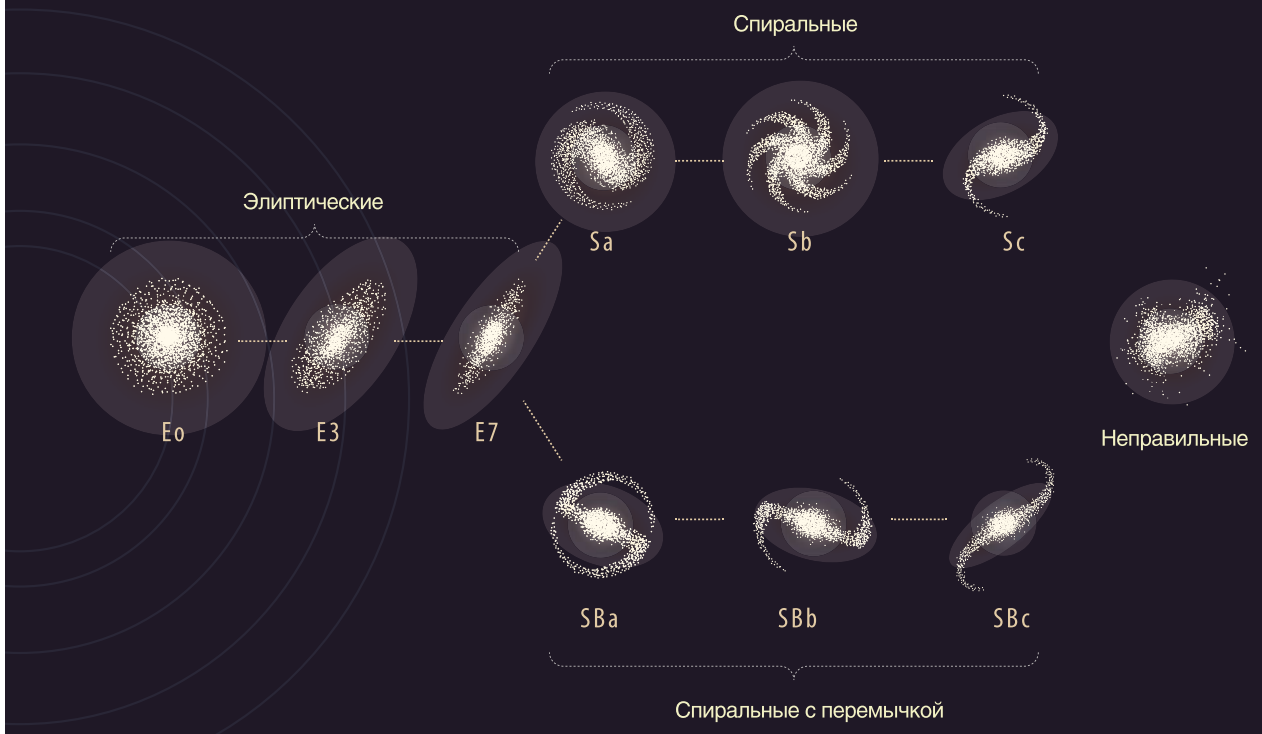
В начале XX в. была разработана спектральная классификация звёзд по тем спектральным линиям, которые наблюдаются в полоске спектра. Основные классы в ней обозначаются латинскими буквами (O, B, A, F, G, K, M, L). Вдоль этой последовательности уменьшается температура звёзд и меняется их цвет — от голубого к красному.

Измерения размеров звёзд показали, что самые маленькие из них, наблюдаемые в оптических лучах — так называемые белые карлики, — имеют в диаметре всего несколько тысяч километров. Размеры же наиболее крупных — красных сверхгигантов — таковы, что, если бы можно было поместить подобную звезду на место Солнца, большая часть планет Солнечной системы оказалась бы внутри её.

Но самой важной характеристикой звезды является масса — она определяет практически все остальные её свойства, а также особенности её эволюции. Прямые оценки массы могут быть сделаны только на основании закона всемирного тяготения. Такие оценки удалось получить для звёзд, входящих в двойные системы, измеряя скорости их движения вокруг общего центра масс. Оказалось, что массы звёзд заключены в пределах от 0,1 до 100 масс Солнца.

Звёздные системы — галактики

Виды галактик



Млечный путь

Возраст населения сферической составляющей Галактики превышает **12** млрд лет

Расстояние от Солнца до центра Галактики составляет **23—28 тыс.** световых лет, или **7—9 тыс.** парсек.

Диаметр галактического диска превышает **100 тыс.** световых лет.

200 млрд Звёзд в системе Млечный Путь.

Солнце вращается вокруг центра Галактики со скоростью **220—240 км/с**, совершая один оборот примерно за **200 млн лет.**

Не больше **30** раз облетели Солнце и планеты вокруг центра Галактики за время своего существования.

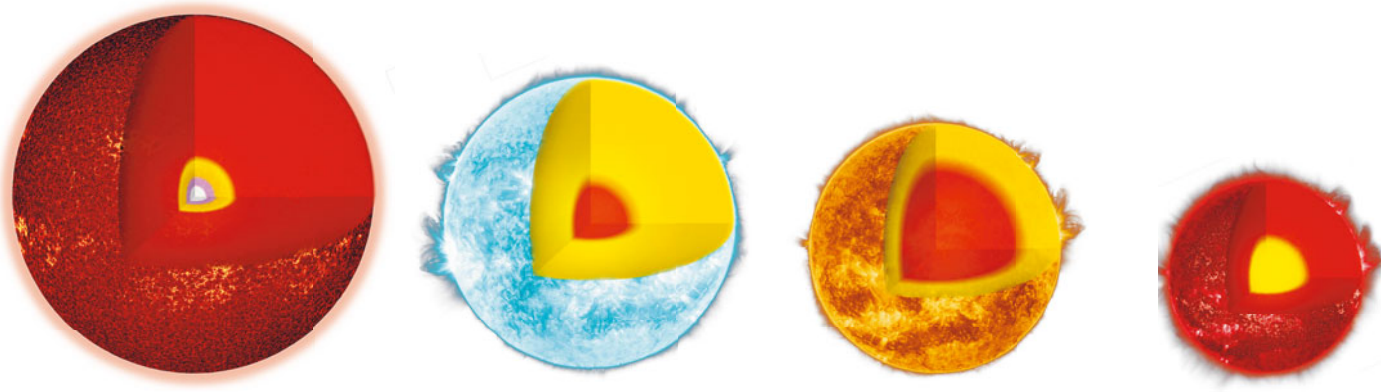
ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗВЁЗД

Звёзды не останутся вечно такими же, какими мы их видим сейчас. Во Вселенной постоянно рождаются новые звёзды, а старые умирают. Чтобы понять, как эволюционирует звезда, как меняются с течением времени её внешние параметры — размер, светимость, масса, — необходимо проанализировать процессы, протекающие в недрах звезды. А для этого надо знать, как устроены эти недра, каковы их химический состав, температура, плотность, давление. Проникнуть в глубь даже ближайшей звезды — Солнца — мы не можем. Приходится прибегать к косвенным методам: расчётам и компьютерному моделированию.

Условия в недрах звёзд значительно отличаются от условий в земных лабораториях, но элементарные частицы — электроны, протоны, нейтроны — там такие же, что и на Земле. Звёзды состоят из тех же химических элементов, что и наша планета. Поэтому к ним можно применять знания, полученные по экспериментам в физических лабораториях.

Звезда — раскалённый газовый шар, а основным свойством газа является стремление расшириться и занять любой предоставленный ему объём. Это стремление вызвано давлением газа и определяется его температурой и плотностью. В каждой точке внутри звезды действует сила давления газа, которая старается расширить звезду. Но в каждой же точке ей противодействует другая сила — сила тяжести вышележащих слоёв, пытающаяся сжать звезду.

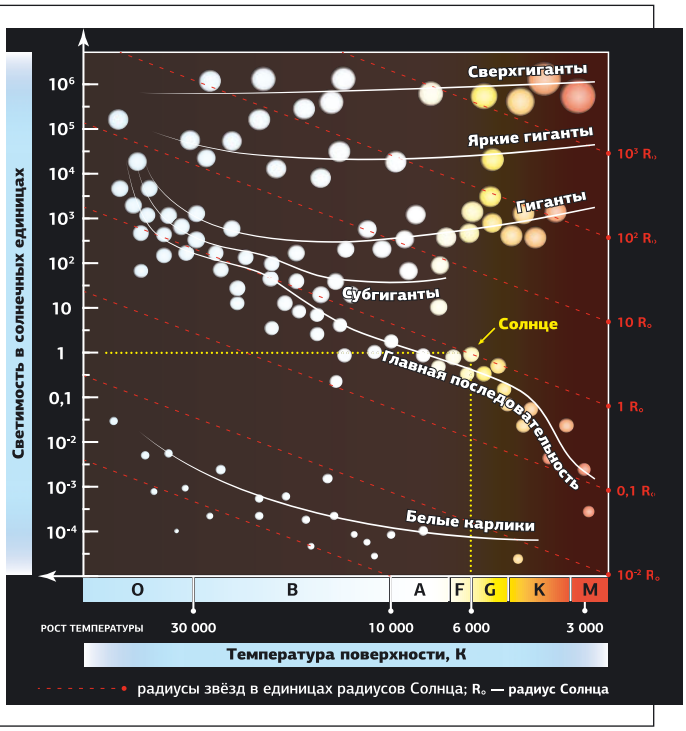
Однако ни расширения, ни сжатия не происходит, звезда находится в состоянии устойчивого равновесия. Это означает, что обе силы уравновешивают друг друга. А так как с глубиной вес вышележащих слоёв увеличивается, то давление, а следовательно, температура и плотность возрастают к центру звезды. Например, плотность вещества в центре Солнца в 100 раз больше плотности воды. Это во много раз превышает плотность любого твёрдого тела на Земле.



Примеры строения звёзд разного типа

ЗОНА ЛУЧИСТОГО ПЕРЕНОСА

КОНВЕКЦИОННАЯ ЗОНА



Основные последовательности, образуемые звёздами. Диаграмма Герцшпрунга—Рассела

Определение химического состава и физических условий в центральных частях звёзд позволило решить вопрос об источниках звёздной энергии. Оказалось, что для большинства звёзд на долю водорода и гелия приходится не менее 98% массы. При температуре 10–30 млн градусов и наличии большого числа ядер водорода протекают термоядерные реакции, в результате которых образуются ядра различных химических элементов.

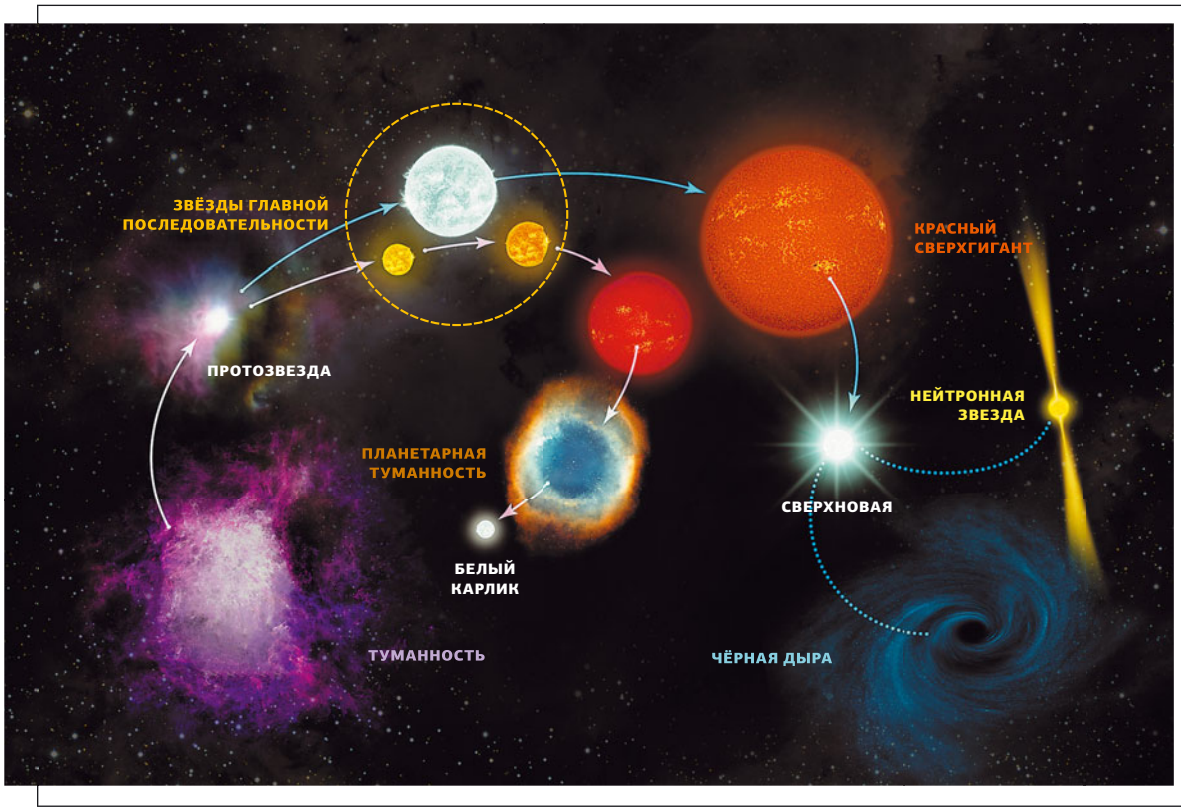
Не все возможные ядерные реакции годятся на роль источников звёздной энергии, а только такие, которые выделяют достаточно большую энергию и могут продолжаться в течение нескольких миллиардов лет жизни звезды типа Солнца. Примером такой реакции служит протон-протонная ядерная реакция.

В 1905–1907 гг. датский астроном Эйнар Герцшпрунг обнаружил, что голубые звёзды имеют самую высокую яркость, а среди красных звёзд можно выделить слабые и сравнительно яркие, т.е. что цвет и светимость звёзд каким-то образом соотносятся друг с другом. А в 1913 г. американский астроном Генри Рассел сопоставил светимость различных звёзд с их спектральными классами. На диаграмму спектр — светимость, которая теперь называется диаграммой Герцшпрунга — Рассела, он нанёс все звёзды с известными в то время расстояниями (не зная расстояния, невозможно оценить светимость звезды).

На диаграмме Герцшпрунга — Рассела звёзды образуют отдельные группировки, именуемые последовательностями. Самая густонаселённая из них — главная последовательность — включает в себя около 90% всех наблюдаемых звёзд (в том числе и наше Солнце). На главной последовательности любая звезда проводит большую часть своей жизни, пока источником её энергии является реакция превращения водорода в гелий. Именно поэтому на главной последовательности так много звёзд.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЗВЁЗД

Жизнь звезды довольно сложна. В течение своей истории она разогревается до очень высоких температур, а старея, остывает до такой степени, что в её атмосфере начинают образовываться пылинки. Одна и та же звезда может раздуться до грандиозных размеров,



На схеме показано, как из протозвёздного вещества появляется звезда, эволюционирует и может со временем превратиться в белого карлика, нейтронную звезду или в чёрную дыру

сравнимых с размерами орбиты Марса, и сжаться до нескольких десятков километров. Светимость её возрастает до миллионов светимостей Солнца и падает почти до нуля.

Картина эволюции звезды усложняется вращением, иногда очень быстрым, на пределе устойчивости (при быстром вращении центробежные силы стремятся разорвать звезду). Некоторые звёзды обладают скоростью вращения на поверхности 500–600 км/с. Для Солнца эта величина составляет около 2 км/с.

Даже такая относительно спокойная звезда, как Солнце, испытывает колебания с различными периодами, на её поверхности происходят вспышки и выбросы вещества. Активность некоторых других звёзд несравнимо выше. На определённых этапах эволюции звезда может стать переменной, начав регулярно менять свой блеск, сжиматься и опять расширяться. А иногда на звёздах происходят сильные взрывы. Когда взрываются самые массивные звёзды, их блеск на короткий срок может превысить блеск всех остальных звёзд Галактики вместе взятых.

В начале XX в., в основном благодаря трудам английского астрофизика Артура Эддингтона, окончательно сформировалось представление о звёздах как о раскалённых газовых шарах, заключающих в своих недрах источник энергии — термоядерный реактор, синтезирующий ядра гелия из ядер водорода. Впоследствии выяснилось, что в звёздах рождаются и более тяжёлые химические элементы. Вещество, из которого сделана эта книга, также прошло через «термоядерную топку» и было выброшено в космическое пространство при взрыве породившей его звезды.

По современным представлениям, жизненный путь одиночного светила определяется его начальной массой и химическим составом. Чему равна минимальная возможная

Бриллиантовая звезда VFTS 682 в Большом Магеллановом Облаке

масса звезды, с уверенностью мы сказать не можем. Дело в том, что маломассивные звёзды — очень слабые объекты и наблюдать их довольно трудно. Теория звёздной эволюции утверждает, что в телах массой меньше, чем семь-восемь сотых долей массы Солнца, долговременные термоядерные реакции идти не могут. Эта величина близка к минимальной массе наблюдаемых звёзд. Их светимость меньше солнечной в десятки тысяч раз. Температура на поверхности подобных звёзд не превосходит 2–3 тыс. градусов. Одним из таких тусклых багрово-красных карликов является ближайшая к Солнцу звезда Проксима в созвездии Кентавра.

Если же начальная масса «протозвёздного» тела оказывается меньше 0,07–0,08 массы Солнца, в нём на короткое время происходят лишь быстротекущие термоядерные реакции с участием дейтерия. Такое тело называют уже не звездой, а коричневым карликом или субзвёздным объектом, т.е. «недозвездой». При начальной массе менее 13 масс Юпитера мы получим уже даже не «недозвезду», а тело, неотличимое от планеты-гиганта, в котором никакие термоядерные реакции протекать не могут.

НЕКОТОРЫЕ ЗВЁЗДЫ ОБЛАДАЮТ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ 500–600 КМ/С.

В звёздах большой массы, напротив, эти реакции протекают с огромной скоростью. Если масса рождающейся звезды превышает 50–70 солнечных масс, то после начала горения термоядерного топлива чрезвычайно интенсивное излучение своим давлением может просто сбросить излишек массы. Звёзды, масса которых близка к предельной, обнаружены, например, в туманности Тарантул в соседней с нами галактике Большое Магелланово Облако. Есть они и в нашей Галактике. Через несколько миллионов лет, а может быть и раньше, эти звёзды могут взорваться как сверхновые (так называют взрывающиеся звёзды с большой энергией вспышки).

РОЖДЕНИЕ ЗВЁЗД

Рождение звёзд — процесс, скрытый от наших глаз, даже вооружённых телескопом. Лишь в середине XX в. астрономы поняли, что не все звёзды родились одновременно в эпоху формирования Галактики, что и в наше время появляются молодые звёзды.

Как же образуются звёзды? Если плотность газа мала и его тяготение слабо, а нагрет он достаточно сильно, то в нём распространяются волны сжатия и разрежения — обычные звуковые колебания. Но если газ достаточно плотный или облако газа массивное и холодное, то тяготение побеждает газовое давление. Тогда первоначально однородная газовая среда будет разбиваться на сгустки (облака), а облако начнёт сжиматься как целое, превращаясь в плотный газовый шар — звезду.

В плотных и холодных межзвёздных облаках, готовых к сжатию, часть вещества объединяется в молекулы. Главной молекулой межзвёздной среды является молекула водорода (H_2). Кроме того, были обнаружены десятки других молекул, порой довольно сложных, содержащих до 13 атомов. В их числе молекулы воды, аммиака, формальдегида, этилового спирта и даже аминокислоты глицина.

В центре туманности NGC 6543 двойная звёздная система

Как выяснилось, около половины межзвёздного газа содержится в молекулярных облаках. Их плотность в сотни раз больше, чем у облаков атомарного водорода, а температура всего на несколько градусов выше абсолютного нуля. Именно при таких условиях возникают неустойчивые к гравитационному сжатию отдельные уплотнения в облаке массой порядка массы Солнца и становится возможным формирование звёзд. Рождение звезды длится миллионы лет и скрыто от нас в недрах тёмных облаков, так что этот процесс практически недоступен прямому наблюдению.

Превращение фрагмента облака в звезду сопровождается гигантским изменением физических условий: температура вещества возрастает примерно в 10^6 раз, а плотность — в 10^{20} раз. На стадии подобных изменений исходный объект уже не облако, но ещё и не звезда. Поэтому его называют протозвездой (от *греч.* «протос» — «первый»).

Когда температура в центре протозвезды достигает нескольких миллионов градусов, то начинаются термоядерные реакции. Выделяющееся при этом тепло полностью компенсирует охлаждение протозвезды с поверхности, сжатие прекращается и протозвезда становится звездой.

Формирующиеся и очень молодые звёзды часто окружены газопылевой оболочкой — остатками вещества, не успевшими ещё упасть на звезду. Оболочка не выпускает изну-

три звёздный свет и полностью перерабатывает его в инфракрасное излучение. Поэтому самые молодые звёзды обычно проявляют себя лишь как мощные инфракрасные источники внутри газовых облаков.

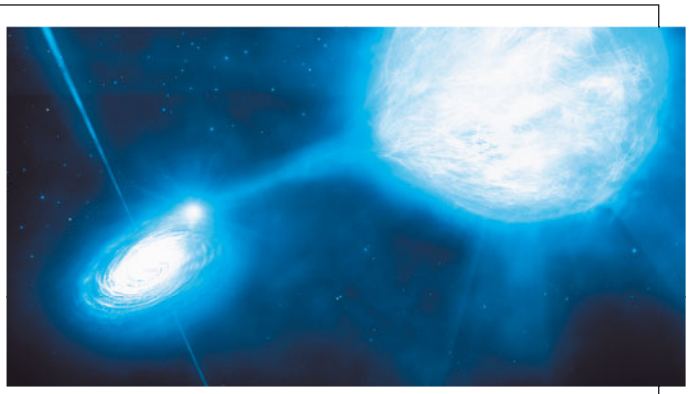
На начальном этапе жизни «поведение» звезды очень сильно зависит от её массы. Низкая светимость маломассивных звёзд позволяет им надолго задержаться на стадии медленного сжатия, «питаясь» только гравитационной энергией. За это время оболочка успевает частично осесть на звезду, а также сформировать околозвёздный газопылевой диск. Эволюция же массивной звезды протекает так быстро, что звезда проживает значительную часть жизни, окружённая остатками своей протозвёздной оболочки, которую часто называют газопылевым коконом.

Молекулярные облака, эти «фабрики по производству звёзд», изготавливают звёзды всевозможных типов. Диапазон масс новорождённых звёзд простирается от нескольких сотых долей до 100 масс Солнца, причём маленькие звёзды образуются значительно чаще, чем крупные. В среднем в Галактике ежегодно рождаются примерно десяток звёзд с общей массой около пяти масс Солнца.

Примерно половина звёзд рождаются одиночными; остальные образуют двойные, тройные и более сложные системы. Чем больше компонентов, тем реже встречаются такие системы. Известны системы, содержащие до семи компонентов, более сложные пока не обнаружены.

ГИБЕЛЬ ЗВЁЗД

Звёзды живут долго, но не вечно. Рано или поздно термоядерное топливо заканчивается, и выделение энергии уже не способно противодействовать гравитации, стремящейся как можно сильнее сжать звезду. Наступает момент её перехода в новое состояние: в зависимости от массы она становится белым карликом, нейтронной звездой или чёрной дырой. Белые карлики, нейтронные звёзды и чёрные дыры — это своеобразное «кладбище материи», которая отжила свой термоядерный век и навсегда исключена из галактического кругооборота вещества.



Чёрная дыра NGC 300 X-1 в представлении художника

В настоящее время известно около 10 тыс. белых карликов. Разумеется, все они расположены в ближайших окрестностях Солнца — на больших расстояниях столь тусклые объекты мы наблюдать не можем. Что же представляет собой белый карлик?

В обычном состоянии звезды гравитации противостоит давление горячего газа, разогретого до сверхвысоких

температур термоядерными реакциями. В белом карлике термоядерные реакции уже не идут, и потому обычным газовым давлением гравитационное сжатие не остановить.

Однако в чрезвычайно плотном веществе белых карликов (в недрах этих объектов плотность может достигать величин порядка 10^{10} кг/м^3) начинают действовать иные физические законы: при такой плотной «упаковке» атомов в недрах белых карликов давление электронов не спадает даже при очень низких температурах. Это давление электронного газа удерживает белые карлики в состоянии равновесия, не давая им сжаться ещё сильнее, но только при условии, что масса звезды не превышает 1,4 массы Солнца.

Если же масса звезды превышает это критическое значение, сжатие продолжается. При очень высокой плотности электроны, соединяясь с протонами, образуют нейтральные частицы — нейтроны. Вскоре уже почти вся звезда состоит из одних нейтронов, которые настолько тесно прижаты друг к другу, что огромная звёздная масса сосредоточивается в очень небольшом шаре радиусом несколько километров и сжатие останавливается. Плотность этого шара — *нейтронной звезды* — чудовищно велика даже по сравнению с плотностью белых карликов: она может превышать 10 млн т/см^3.

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ, НЕЙТРОННЫЕ ЗВЁЗДЫ И ЧЁРНЫЕ ДЫРЫ — ЭТО СВОЕОБРАЗНОЕ «КЛАДБИЩЕ МАТЕРИИ».

Что произойдёт, если масса звезды настолько велика, что даже образование нейтронной звезды не остановит гравитационного коллапса? Ещё в XVIII в. учёные высказывали предположения о возможности существования во Вселенной тел с огромной силой тяготения, которые притягивают даже испущенный ими самими свет. После создания Эйнштейном общей теории относительности было построено подробное описание таких объектов, названных чёрными дырами.

И по сей день нет окончательных доказательств того, что чёрные дыры существуют в реальности. Одним из вероятных кандидатов в чёрные дыры считается ярчайший источник рентгеновских лучей в созвездии Лебедь — Лебедь X-1. Кроме того, кандидаты в сверхмассивные чёрные дыры — с массами в миллионы и даже миллиарды солнечных масс — скрываются в ядрах большинства галактик. Особенно убедительные доказательства в пользу их реальности получены по наблюдениям движения звёзд вблизи центра нашей Галактики.

В частности, ближайшая к центру Галактики звезда совершает полный оборот вокруг него за 15 лет, и по наблюдениям уже построена её полная орбита. Простое применение закона всемирного тяготения позволило определить, что вращение звезды происходит вокруг тела с массой в несколько миллионов масс Солнца. Эта масса заключена в области пространства поперечником не более 300 а.е. и при этом невидима. Согласно современным физическим представлениям, никакой другой объект, кроме чёрной дыры, подобным сочетанием свойств обладать не может.

ЗВЁЗДЫ — СОСЕДИ СОЛНЦА

В астрономии зачастую бывает, что об удалённых галактиках людям известно больше, чем о ближайших окрестностях. Почему?

Может показаться, что наиболее яркие звёзды на небе — те, которые ближе к нам расположены. На самом деле большинство ярчайших звёзд — это мощные «прожекторы», видимые издалека. На их фоне теряются маленькие и тусклые звёздочки, которые находятся сравнительно близко, и таких звёзд очень много. Для того чтобы их обнаружить, приходится использовать крупные телескопы или применять специальные методы поиска.

Солнечная система погружена в огромную звёздную систему — Галактику, которую мы видим как Млечный Путь — слабо светящуюся полосу, пересекающую небосклон в ясные безлунные ночи. Галактика насчитывает сотни миллиардов звёзд самых разных светимостей, масс и возрастов. Астрономам достаточно хорошо известны как свойства разных типов звёзд, так и то, что эти типы имеют самую различную пространственную плотность. Чем реже в пространстве встречаются звёзды того или иного класса, тем меньше вероятность того, что именно они окажутся вблизи Солнца. Поэтому учёные предполагают, что нашими соседями являются не просто типичные звёзды и другие небесные объекты, а скорее представители наиболее многочисленных «племён» Галактики.

БОЛЬШИНСТВО ЯРЧАЙШИХ ЗВЁЗД –
ЭТО МОЩНЫЕ «ПРОЖЕКТОРЫ»,
ВИДИМЫЕ ИЗДАЛЕКА.

Наблюдения показывают, что частота встречаемости звёзд зависит от мощности их излучения, их светимости: чем они слабее, тем их больше в единице объёма пространства. Поэтому с большой вероятностью самыми близкими к нам звёздами должны быть звёзды низкой светимости.

В настоящее время в окрестности Солнца (а под ними понимают шар радиусом около 25 пк) исследованы только 50% светил, причём неизученная половина приходится на долю холодных, слабосветящих звёзд. Их изучают на меньших расстояниях: до 10 пк от Солнца. Этот объём именуется непосредственными окрестностями Солнца, и в нём мы знаем практически все звёзды — их около 350.

Большинство (почти $^2/_3$) из звёзд в непосредственной солнечной окрестности составляют очень слабые красные карлики — их массы в 3–10 раз меньше, чем у Солнца. Звёзды, похожие на Солнце, очень редки, их всего 6%. Белых и желтоватых звёзд с массами от 1,5 до 2 солнечных вообще единицы.

Более массивных звёзд (а астрономам известны звёзды с массами примерно до 100 солнечных) в окрестностях Солнца не найдено, что указывает на их большую редкость. Кроме «живых» звёзд учёные обнаружили ещё 18 белых карликов — это остатки звёзд, которые исчерпали всю свою энергию и медленно остывают, высвечивая

имеющиеся запасы тепла. С очень большим трудом обнаруживаются и слабые объекты, которые из-за малой массы никогда не станут звёздами, — коричневые карлики. Их пока насчитывают лишь около двух десятков.

Многие наши соседи (31%) группируются в кратные системы (двойные, тройные и т. д.), в которых компоненты связаны друг с другом силами гравитации. Чем выше степень кратности, тем меньше таких систем. Некоторые члены этих систем невидимы для современных инструментов (из-за своей близости к сотоварищам или очень слабого блеска).

В отдельных случаях невидимые компоненты, как выяснилось, имеют настолько малые массы (менее 0,01 массы Солнца), что их уже нельзя считать звёздами, скорее, это очень большие планеты. Обнаружение таких спутников требует длительных и очень точных измерений.

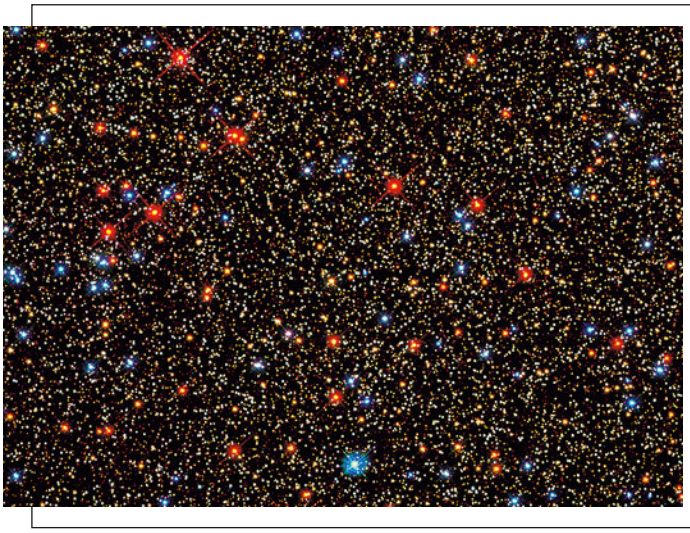
СКОПЛЕНИЯ И АССОЦИАЦИИ ЗВЁЗД

С незапамятных времён в причудливых сочетаниях светил на ночном небе нашим предкам виделись очертания людей и животных, мифических чудовищ, а то и предметов домашнего обихода. Чтобы подчеркнуть связность звёздного рисунка, люди издревле объединяли звёзды в обособленные группы — созвездия. Теперь мы знаем, что картины созвездий практически всегда составляются из светил, которые лишь случайно проецируются на один участок неба, но находятся при этом на разных расстояниях. Но есть среди звёзд группировки другого рода — реальные звёздные системы связанных друг с другом светил.

В XVIII в. английский астроном Уильям Гершель обнаружил, что многие звёзды собраны в тесные группы. В XIX в. выяснилось, что «звёздные кучи» Гершеля разделяются на два класса. Одни, названные шаровыми, обладают сферической формой и исключительно богаты звёздами, так что их центральные части (ядра скоплений) выглядят как сплошные светящиеся пятна. Эти объекты сосредоточены в основном лишь в одной стороне неба, в полусфере с центром в созвездии Стрелец.

Скопления второго класса — рассеянные — встречаются только в пределах полосы Млечного Пути или вблизи него. По сравнению с шаровыми они обладают меньшей звёздной плотностью и менее чёткой формой.

Шаровые скопления — старейшие объекты Млечного Пути. Они образовались одновременно с нашей Галактикой, и их возраст превышает 12 млрд лет. Крупнейшие шаровые скопления содержат свыше миллиона звёзд и имеют диаметры от 20 до 100 пк. Сейчас известно свыше 150 шаровых скоплений, всего же их в Галактике может быть несколько сотен.



Рассеянное звёздное скопление NGC 346

Звёздными скоплениями называют группы звёзд, связанных общим происхождением, общим положением в пространстве и общим движением. Во второй половине XX столетия добавился ещё один тип звёздных группировок — ассоциации.

Рассеянных скоплений известно гораздо больше, чем шаровых, хотя открывать их значительно труднее. Из-за низкой звёздной плотности их легко спутать с «посторонними» звёздами, наблюдаемыми в том же направлении. Всего сейчас обнаружено более 1200 рассеянных скоплений. Самые известные из близких скоплений — Плеяды и Гиады в созвездии Телец. Как правило, рассеянное скопление состоит из нескольких сотен или тысяч звёзд, наиболее богатые содержат около 10 тыс. членов.

ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ – СТАРЕЙШИЕ ОБЪЕКТЫ МЛЕЧНОГО ПУТИ.

Звёздные ассоциации — это группировки гравитационно несвязанных или слабосвязанных молодых звёзд, объединённых общим происхождением. Возраст входящих в ассоциации объектов составляет до нескольких десятков миллионов лет.

Протяжённость звёздных ассоциаций порядка 100 пк, и они более разрежены, чем скопления: в ассоциации может содержаться от нескольких до нескольких десятков горячих голубых звёзд высокой светимости. Некоторые звёзды в ассоциациях настолько молоды, что ещё не сформировались окончательно.

Поскольку массы ассоциаций и рассеянных скоплений невелики, то гравитационное поле не в состоянии долго противодействовать их разрушению, поэтому со временем они растворяются в звёздном океане Галактики.

Более подробные исследования показали, что различия между шаровыми и рассеянными скоплениями не ограничиваются внешним видом, количеством звёзд и степенью скученности. Они распространяются также на химический состав, положение в Галактике, возраст и типы звёзд, входящих в скопление.

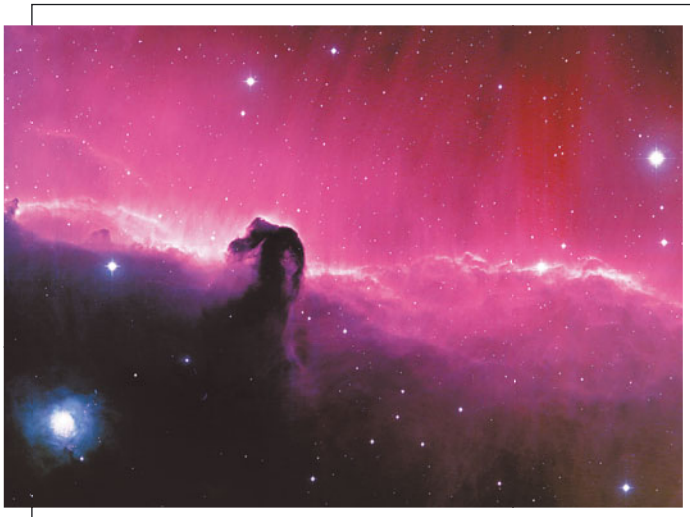
Новые мощные наблюдательные инструменты позволяют изучать скопления не только в нашей, но и в других, иногда очень далёких галактиках. В целом разделение скоплений на основные типы обнаруживается и там, хотя, конечно, диапазон их свойств оказывается гораздо шире, чем в одной только нашей Галактике.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОБЛАКА И МЕЖЗВЁЗДНЫЙ ГАЗ

Невооружённому глазу пространство между звёздами представляется пустым, но это впечатление ошибочно. Ещё в XIX в. российский астроном В.Я. Струве предположил, что оно заполнено поглощающим веществом, которое мешает наблюдать далёкие звёзды. В начале XX в. это предположение подтвердил американский астроном Роберт Трюмплер, доказавший, что свет звёзд действительно ослабевает по пути к земному наблюдателю.

Вещество, поглощающее свет, распределено в пространстве неравномерно. Оно имеет клочковатую структуру и концентрируется к Млечному Пути. Области повышенной плотности поглощающего межзвёздного вещества наблюдаются как тёмные туманности, например Угольный Мешок в созвездии Южный Крест или Конская Голова в созвездии Орион.

Теперь мы знаем, что свет звёзд поглощают мельчайшие пылинки, но они представляют собой лишь «верхушку айсберга». Удалось выяснить, что помимо пыли между звёздами имеется большое количество невидимого газа, масса которого почти в сто раз превосходит массу пыли. Он состоит из атомов и молекул, перемешан с пылью и пронизывается космическими лучами и электромагнитным излучением, которые также можно считать составляющими межзвёздной среды. Кроме того, межзвёздная среда оказалась слегка намагниченной. Её магнитное поле примерно в 100 тыс. раз слабее магнитного поля Земли и вытянуто вдоль спиральных рукавов.



Туманность Конская Голова

Как же астрономы наблюдают межзвёздный газ? Молодые горячие звёзды помогают нам увидеть нагретый газ, т. к. их ультрафиолетовое излучение нагревает окружающий газ до температуры примерно 10 000 К. Нагретый газ начинает сам излучать свет, и мы наблюдаем его как светлую газовую туманность.

Более холодный газ наблюдают радиоастрономическими методами. Атомы водорода в разреженной среде излучают радиоволны на длине волны около 21 см, кроме того, многие другие молекулы также излучают в радиодиапазоне на определенных частотах. Поэтому от областей холодного межзвёздного газа непрерывно распространяются потоки радиоволн.

Химический состав межзвёздного газа, независимо от его температуры, оказался близок к составу Солнца. Около 70% по массе приходится на самый лёгкий элемент в природе — водород, около 28% — на гелий, а остальные 2% — на более тяжёлые элементы. При этом для межзвёздного газа характерен очень большой разброс физических параметров и он крайне неоднороден по плотности и температуре.

Полная масса межзвёздного газа в Галактике очень велика, она превышает 10 млрд масс Солнца. Средняя концентрация атомов межзвёздного газа составляет менее 1 атома в см^3. Основная его масса заключена вблизи плоскости Галактики в слое толщиной несколько сотен парсек.

В зависимости от температуры и плотности межзвёздный газ пребывает в молекулярном, атомарном или ионизованном состояниях. Астрономы наблюдают межзвёздный газ в виде холодных и плотных молекулярных облаков, разреженного межоблачного газа, облаков ионизованного водорода с температурой около 10 тыс. К и обширных областей разреженного и очень горячего газа с температурой около миллиона К. Этот сильно разреженный и горячий газ, занимающий почти половину объёма галактического диска, на-

зывается *корональным* — по аналогии с разогретым газом солнечной короны. Его плотность составляет примерно 1 атом на 1 дм^3. Предполагается, что такой горячий разреженный газ образуется в результате мощных взрывов — вспышек сверхновых звёзд.

МЕЖЗВЁЗДНАЯ ПЫЛЬ

Если взглянуть на Млечный Путь в ясную безлунную ночь, то даже невооружённым глазом видно, что эта светлая полоса, пересекающая всё небо, не является сплошной. На её белёсом фоне выделяются многочисленные тёмные пятна и полосы. Одно из самых заметных таких пятен в созвездии Стрелец издавна известно под названием Угольный Мешок. Уже давно высказывалось предположение, что эти «дырки» в небе объясняются концентрацией поглощающей свет материи. Развитие наблюдательной астрономической техники подтвердило эту догадку.

О природе поглощающей материи в космосе первоначально не было единого мнения. Считалось, например, что это могут быть маленькие метеоритные частицы, образующиеся при разрушении крупных астероидов. Исследование свойств межзвёздного поглощения света позволило установить, что оно вызывается мельчайшими пылинками, которые заполняют космическое пространство.

Пылевые частицы в нашей Галактике сильно концентрируются к плоскости галактического диска, поэтому большая часть тёмных пятен сосредоточена именно на фоне Млечного Пути. Плотность пыли в космосе ничтожно мала даже по сравнению с разреженным межзвёздным газом. Так, в окрестностях Солнца в кубическом сантиметре пространства содержится в среднем один атом газа и на каждые сто миллиардов атомов приходится всего одна пылинка! Иными словами, расстояние между пылинками измеряется десятками метров. Масса же пыли в Галактике составляет приблизительно одну сотую от массы газа и одну десятитысячную от полной массы всех звёзд Галактики. Однако этого количества пыли достаточно, чтобы значительно ослаблять свет.

Сопоставление наблюдательных данных показало, что межзвёздная пыль состоит в основном из частиц двух видов: графитовых (углеродных) и силикатных (т. е. содержащих соединения кремния). Размеры пылинок неодинаковы, причём мелких частиц значительно больше, чем крупных. В целом размер пылинок колеблется от одной миллионной до одной десятитысячной доли сантиметра.

Благодаря совершенствованию наблюдательной техники и активному использованию космических телескопов теперь мы можем наблюдать пыль не только в нашей Галактике, но и в её ближних и дальних соседях, прежде всего в спиральных галактиках, галактиках с активными ядрами и квазарах. Можно наблюдать не только поглощение света пылью, но и её собственное излучение (в инфракрасных лучах), поскольку, поглощая свет звёзд, пылинки сами нагреваются до нескольких десятков градусов выше абсолютного нуля.

Наблюдения показывают, что свойства пыли во Вселенной мало чем отличаются от свойств пылинок Млечного Пути. В галактиках пыль, как и у нас, концентрируется вблизи плоскости симметрии этих звёздных систем, перечёркивая яркие изображения галактик тёмными полосами.

ГЛАВА IV
ЗВЁЗДНЫЕ СИСТЕМЫ — ГАЛАКТИКИ

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

Наш «дом» — Солнечная система — погружён в огромную светящуюся звёздную систему — Галактику. Мы видим её на небе как Млечный Путь — светящуюся полосу, пересекающую небосклон в ясные безлунные ночи. Наша Галактика насчитывает сотни миллиардов звёзд самых разных светимостей, масс и возрастов, а также многочисленные газопылевые облака, которые ослабляют свет удалённых светил. Первые исследователи Галактики не знали о поглощающем веществе и считали, что видят все её звёзды.

Истинные размеры Галактики были установлены только в XX в. Оказалось, что её диск является плоским образованием: диаметр галактического диска превышает 100 тыс. световых лет, а толщина — около 1000 световых лет. По форме Галактика напоминает компакт-диск с утолщением посередине.

Поскольку Солнечная система находится практически в плоскости Галактики, заполненной поглощающей материей, многие детали строения Млечного Пути скрыты от взгляда земного наблюдателя. Однако их можно изучать на примере других галактик, сходных с нашей. Так, в 1940-х гг., наблюдая галактику М 31, больше известную как туманность Андромеды, немецкий астроном Вальтер Бааде заметил, что плоский линзообразный диск этой огромной галактики погружён в более разреженное звёздное облако сферической формы — гало. А поскольку туманность Андромеды очень похожа на Галактику, Бааде предположил, что подобная структура имеется и у Млечного Пути.

РАССТОЯНИЕ ОТ СОЛНЦА ДО ЦЕНТРА ГАЛАКТИКИ СОСТАВЛЯЕТ 23–28 ТЫС. СВЕТОВЫХ ЛЕТ.

Границы Галактики определяются размерами гало. Радиус гало значительно больше размеров диска и по некоторым данным достигает нескольких сотен тысяч световых лет. Центр симметрии гало Млечного Пути совпадает с центром галактического диска.

Состоит гало в основном из очень старых, неярких маломассивных звёзд. Они встречаются как поодиночке, так и в виде шаровых скоплений, которые могут включать в себя более миллиона звёзд. Возраст населения сферической составляющей Галактики превышает 12 млрд лет. Его обычно принимают за возраст самой Галактики.

Одним из наиболее заметных образований в дисках галактик, подобных нашей, являются спиральные ветви (или рукава). Они и дали название этому типу объектов — спиральные галактики. Спиральная структура нашей Галактики очень хорошо развита. Вдоль рукавов в основном сосредоточены самые молодые звёзды, многие рассеянные звёздные скопления и ассоциации, а также цепочки плотных облаков межзвёздного газа, в которых продолжают образовываться звёзды.

Расстояние от Солнца до центра Галактики составляет 23–28 тыс. световых лет, или 7–9 тыс. парсек. Иными словами, Солнце расположено посередине между центром и краем диска. Вместе со всеми близкими звёздами Солнце вращается вокруг центра Галактики со скоростью 220–240 км/с, совершая один оборот примерно за 200 млн лет. За время своего существования Солнце и планеты облетели вокруг центра Галактики не больше 30 раз.

МНОГООБРАЗИЕ ГАЛАКТИК

Галактики — это большие звёздные системы, в которых звёзды связаны друг с другом силами гравитации. Самые крупные галактики включают в себя триллионы звёзд. Млечный Путь можно считать довольно большой системой: в ней более 200 млрд звёзд. Самые маленькие галактики содержат в миллион раз меньше звёзд и скорее напоминают шаровые скопления, только значительно больше по размерам. Диапазон диаметров наблюдаемых галактик также впечатляет: от нескольких сотен до сотен тысяч световых лет.

Помимо звёзд и планетных систем вокруг некоторых из них галактики включают в себя межзвёздный газ, межзвёздную пыль, а также продукты звёздной эволюции: белые карлики, нейтронные звезды, чёрные дыры. Часть газа в галактиках просто рассеяна между звёздами, а часть образует облака различной массы и плотности, в том числе массивные молекулярные облака с массой до миллиона масс Солнца. Небольшая доля газа приходится на яркие туманности вокруг горячих звёзд.

Виды галактик

Существенная часть массы галактик приходится на тёмную (небарионную, т.е. не состоящую из атомов) материю, которая взаимодействует с обычным веществом только через гравитационное поле. Видимая материя погружена в протяжённое тёмное гало. Полная масса тёмного гало, простирающегося намного дальше видимой материи, как правило, на порядок выше массы обычной, барионной, материи, содержащейся в галактике.

Согласно наиболее распространённой схеме классификации по внешнему виду и структуре, предложенной Э. Хабблом, галактики принято относить к одному из четырех морфологических типов.

Эллиптические галактики составляют около четверти от общего числа галактик высокой светимости. На фотографиях они выглядят как нерезкий эллипс, яркость которого быстро спадает от центра. Цвет у эллиптических галактик красноватый, так как состоят они преимущественно из старых звёзд. Холодного газа в таких системах почти нет, но наиболее массивные из них заполнены очень разреженным горячим газом температурой более миллиона градусов.

Неправильная галактика Сигара

Спиральные галактики — это галактики, обладающие звёздными дисками, в которых присутствуют спиральные ветви. Если диск галактики наблюдается с ребра, то по внешнему виду она напоминает чечевицу или двояковыпуклую линзу. Диск погружён в разреженное слабосветящееся сфероидальное облако звёзд — гало. К этому классу принадлежит половина всех наблюдаемых галактик в «локальной области» Вселенной.

Среди спиральных галактик выделяют системы с гладкими, туго закрученными спиральными ветвями. У них имеется яркий и протяжённый балдж (центральное шарообразное утолщение), а рукава, наоборот, слабоконтрастные и размытые. У других спиральных галактик спирали более мощные и чёткие, а центральное утолщение менее заметно. Есть галактики с клочковатой спиральной структурой, балдж у которых отсутствует или едва заметен, а у части спиральных систем (по некоторым оценкам, более половины от общего числа) в центральной области имеется вытянутая звёздная перемычка — бар.

Линзовидные галактики — это промежуточный тип между спиральными и эллиптическими. У них есть балдж, гало и диск, но нет чётких спиральных рукавов. Среди всех звёздных систем их примерно 20%. Все прочие галактики, в которых отсутствует симметрия, Хаббл классифицировал как неправильные галактики. Для них характерна неправильная, клочковатая форма. В таких галактиках содержится много газа — иногда более 50% их общей массы — и активно рождаются звёзды.

Помимо нормальных (больших и сравнительно ярких) галактик наблюдается множество небольших звёздных систем, которые называют карликовыми галактиками. Это

слабые галактики с низкой поверхностной яркостью. Количество карликовых звёздных систем значительно превышает нормальные: возле нашей Галактики, например, насчитывается пять нормальных и несколько десятков карликовых галактик (сейчас их известно около 50). Галактик с хорошо развитыми спиральными ветвями среди карликов не встречается.

Невооружённым глазом на тёмном небе можно заметить лишь одну галактику в Северном полушарии и две — в Южном. Ближайшими к нам и самыми яркими на небе галактиками являются Магеллановы Облака, не наблюдаемые в средних широтах Северного полушария. Эти галактики выглядят как два туманных облачка, подобно двум оторвавшимся кусочкам Млечного Пути.

Магеллановы Облака — одни из самых протяжённых астрономических объектов на небе. Большое Магелланово Облако (БМО) имеет длину более 5°, т.е. 10 видимых диаметров Луны. Малое Магелланово Облако (ММО) — чуть более 2°. На фотографиях же, где удаётся зафиксировать и их слабые внешние районы, размеры Облаков равны соответственно 10° и 6°.

Галактика M51 (водоворот) и её спутник NGC 5195

Если свет от БМО собрать в одну точку на небе, то получится объект, сравнимый по блеску с яркими звёздами. Свет от БМО идёт к нам около 200 тыс. лет, а от ММО — около 170 тыс. лет. Оба Облака относятся к неправильным галактикам.

Жители Северного полушария невооружённым глазом с трудом, но всё же могут увидеть небольшое туманное пятно в созвездии Андромеды, которое является самой близкой к нам спиральной галактикой, к тому же похожей по своим параметрам на нашу. Туманное пятнышко в созвездии Андромеды сегодня предстаёт перед наблюдателем таким, каким оно было примерно 2 млн лет назад: именно столько путешествует свет от туманности Андромеды до нас. По внегалактическим масштабам это очень небольшое расстояние.

У некоторых галактик наблюдается всплеск активности ядра — выделение большого количества энергии в крошечной центральной области, сопоставимой по размеру с Солнечной системой. Активным ядром обладает около 1% массивных галактик — как спиральных, так и эллиптических, причём не обязательно взаимодействующих.

Из активного ядра происходит выброс газа, потоков высокоэнергичных электронов и протонов. Галактики с активными ядрами часто оказываются мощными источниками радиоизлучения. В ядре рождается также мощное коротковолновое излучение (ультрафиолетовое, рентгеновское, гамма-излучение).

ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ГАЛАКТИКИ

В середине XX столетия крупные телескопы позволили астрономам исследовать положения и формы десятков тысяч далёких галактик. Обращало на себя внимание, что часть галактик (5–10%) имеет весьма странный, искажённый вид, так что их иногда трудно отнести к какому-то морфологическому типу. Причём почти во всех случаях эти галактики имеют одного или нескольких близких соседей.

Иногда две галактики бывают окружены общим светящимся звёздным туманом, а иногда связаны звёздной или газовой перемычкой. Нередко у галактик наблюдаются длинные хвосты из звёзд и разреженного газа, уходящие на сотни тысяч световых лет в межгалактическое пространство. Во всех этих случаях мы наблюдаем результат воздействия галактик друг на друга.

Статистические исследования привели к выводу, что большинство взаимодействующих галактик — это не случайно встретившиеся странники во Вселенной, а родственники, связанные общим происхождением. В своём движении они то сближаются, то удаляются друг от друга, а в некоторых случаях наблюдается их слияние в единую систему.

Основной силой, искажающей формы галактик, является сила гравитации со стороны соседней системы. При сближении галактик эта сила сообщает дополнительное ускорение звёздам и газовым облакам, причём неодинаковое для разных частей галактики. Такое неоднородное гравитационное воздействие одного массивного объекта на другой называют приливным.

Характер взаимодействия галактик и его результат зависят, помимо расстояния максимального сближения, от многих факторов. Например, от того, обладает ли данная галактика звёздным диском или нет, много ли в ней межзвёздного газа, каковы относительные размеры галактик и массы, а также в каком направлении и с какой скоростью они движутся относительно друг друга. Поэтому наблюдаемые формы взаимодействующих систем так разнообразны.

ОСНОВНОЙ СИЛОЙ, ИСКАЖАЮЩЕЙ ФОРМЫ ГАЛАКТИК, ЯВЛЯЕТСЯ СИЛА ГРАВИТАЦИИ СО СТОРОНЫ СОСЕДНЕЙ СИСТЕМЫ.

Взаимодействие играет очень большую роль в эволюции галактик. В современную эпоху несколько процентов галактик входит в состав сильно взаимодействующих систем. Многие галактики должны были испытать сильное взаимодействие, завершившееся слиянием, в далёком прошлом. Сейчас их внешний вид может быть совершенно нормален, и только специальные исследования позволяют заподозрить некогда пережитые ими бурные процессы.

Взаимодействие галактик не ограничивается простым изменением их формы и структуры. В некоторых случаях взаимодействие пробуждает активность галактического ядра. Но чаще сильное влияние галактик друг на друга приводит к вспышке звёздообразования, при условии, конечно, что в галактиках имеется достаточно много межзвёздного газа. Самая близкая к нам галактика с мощной вспышкой звёздообразования — это неправильная галактика M82, взаимодействующая с гигантской спиральной галактикой M81 в созвездии Большая Медведица.

Нашу Галактику можно отнести к числу слабо взаимодействующих. Она испытывает гравитационное воздействие со стороны близких спутников — Большого и Малого Магеллановых Облаков. Влияние нашей Галактики на эти небольшие системы намного сильнее и драматичнее: проходя на близком расстоянии от неё, они разрушаются. Через несколько миллиардов лет Магеллановы Облака войдут в нашу Галактику и постепенно растворятся в ней.

РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ

Звёздное небо над головой долгое время было для человека символом вечности и неизменности. Лишь в Новое время люди осознали, что «неподвижные» звёзды на самом деле движутся, причём с огромными скоростями. В XX в. человечество свыклось с ещё более странным фактом: расстояния между звёздными системами — галактиками, не связанными друг с другом силами тяготения, постоянно увеличиваются. И дело здесь не в природе галактик: сама Вселенная непрерывно расширяется! Естествознанию пришлось расстаться с одним из своих основополагающих принципов, согласно которому все вещи меняются в этом мире, но мир в целом всегда одинаков. Это можно считать важнейшим научным событием XX в.

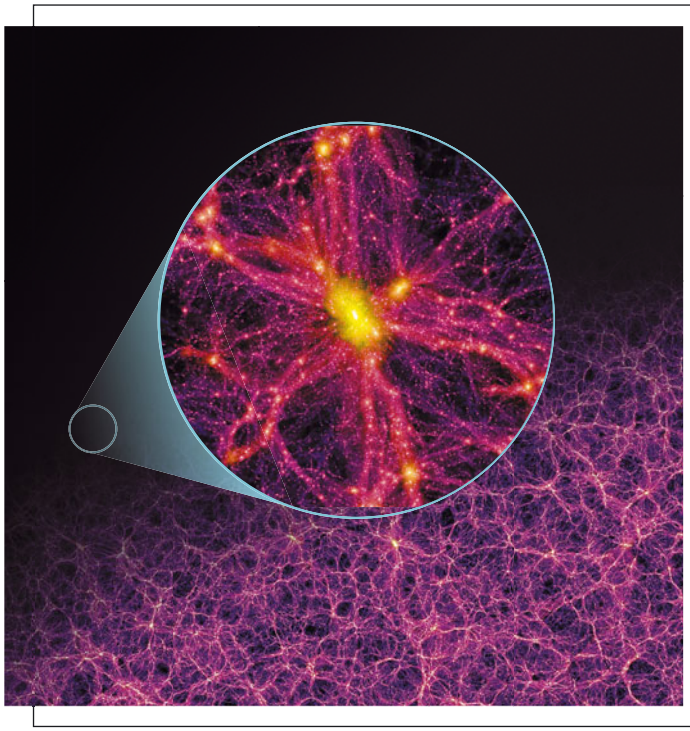
В 1929 г. американский астроном Эдвин Хаббл обнаружил расширение наблюдаемого мира галактик. Оказалось, что галактики удаляются от нашей Галактики со скоростями в сотни километров в секунду. Более того, из наблюдений следовало, что чем дальше находится объект, тем с большей скоростью он от нас удаляется. Закон, по которому скорость удаления пропорциональна расстоянию, получил название закона Хаббла.

В 1929 г. АМЕРИКАНСКИЙ АСТРОНОМ ЭДВИН ХАББЛ ОБНАРУЖИЛ РАСШИРЕНИЕ НАБЛЮДАЕМОГО МИРА ГАЛАКТИК.

Однако это не означает, что наша Галактика является центром, от которого и идёт расширение. Наблюдатель в любой точке Вселенной должен увидеть ту же самую картину. Этот факт может быть проиллюстрирован следующим образом. Если на поверхно-

сти воздушного шарика нарисовать галактики и начать надувать его, то расстояния между изображениями будут возрастать, причём тем быстрее, чем дальше они расположены друг от друга. Разница лишь в том, что нарисованные на шарике галактики и сами увеличиваются в размерах, реальные же звёздные системы повсюду во Вселенной могут сохранять свои размеры, так как составляющие их звёзды и газ связаны между собой силами гравитации.

Но если Вселенная расширяется, то сегодня мы видим её не такой, какой она была в прошлом. Миллиарды лет назад галактики располагались значительно ближе друг к другу. Ещё раньше отдельных галактик просто не могло существовать, а совсем близко к началу расширения даже мелкие небесные тела не вместились бы в том небольшом объёме, который тогда занимала вся наблюдаемая сейчас часть безграничной Вселенной. Сама эпоха, когда расширение Вселенной стартовало (момент этого «старта» часто называют Большим взрывом), удалена от нас примерно на 13–14 млрд лет.



Компьютерная модель, показывающая структуру Вселенной. Жёлтым обозначена материя, чёрным — пустота, фиолетовым — наблюдаемая лишь косвенно загадочная тёмная материя. Каждая жёлтая точка — одна галактика, пятна покрупнее — скопления и сверхскопления галактик

Наблюдаемая структура Вселенной определяется тем, что астрономические тела обладают тенденцией группироваться в огромные системы. Звёзды могут образовывать пары, входить в состав звёздных скоплений или ассоциаций. Крупнейшими объединениями звёзд являются галактики. Но и они редко наблюдаются как одиночные. Более 90% ярких галактик входят либо в небольшие группы, содержащие лишь несколько крупных членов (такова, например, Местная группа галактик), либо в скопления, в которых их насчитываются многие тысячи.

Галактики и их группы распределены в пространстве не равномерно, а образуют скопления, обычно неправильной формы. Скопления галактик, по-видимому, самые крупные устойчивые системы во Вселенной, их гравитационное поле не позволяет галактикам разлететься. Существуют и более протяжённые образования: цепочки из скоплений или гигантские сравнительно плоские поля, усеянные галактиками и скоплениями (так называемые стенки). Но гравитация не удерживает эти системы, и они расширяются примерно с тем же темпом, что и вся Вселенная в целом.

Области повышенной концентрации галактик и их систем чередуются в пространстве с обширными пустотами размерами в сотни миллионов световых лет, которые почти не содержат галактик, образуя в пространстве трёхмерную «сеть».

Часть II

КОСМИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ

ГЛАВА I

КАТАСТРОФЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

ЛУНА — «МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ»

Кратеры на Луне известны со времён Галилея. Луна по космическим меркам совсем рядом с нами. Можно сказать, что система Земля — Луна движется по орбите вокруг Солнца. При этом Земля должна была бы испытывать более разрушительную бомбардировку, чем Луна, так как обладает в шесть раз большей силой притяжения.

Однако кратеры, образовавшиеся на земном шаре, сравнительно быстро разрушались под действием землетрясений, воды, воздуха и живых организмов. А Луна, лишённая атмосферы и водной оболочки, на сотни миллионов лет «консервирует» следы былых катастроф. Конечно, из-за резких температурных колебаний, достигающих почти 300°, и метеоритной эрозии рельеф постепенно выравнивается. Но этот процесс течёт крайне медленно. По данным специалистов, на Луне кратеры живут, т.е. остаются видимыми, в 100000 (!) раз дольше, чем на Земле. Поистине Луну можно назвать «музеем древностей». Там видны тысячи кратеров («кратер» по-гречески — «чаша») поперечником до 300 километров! Какой же катастрофической силы достигали взрывы, которые «вырыли» чаши такого диаметра! Какова их природа?

Ещё в середине прошлого века астрономы, геологи, геофизики вели жаркие споры. Большинство геологов утверждали, что лунные кратеры образовались в результате внутренней активности: из недр на подплавленную поверхность вырывался газ, вздымая огромные пузыри. Они лопались и застывали, образуя кратеры.

Три кратера на Луне: Беббидж, Саут и Робинсон. Астрофотография 2011 г.

Многие астрономы с помощью строгих математических расчётов доказывали, что почти все и прежде всего крупные кратеры — следы метеоритных ударов. Отметим, что основы взрывной теории разработали и в 1947 г. опубликовали в статье «О разрушительном действии метеоритных ударов» советские учёные В.В. Федынский и К.П. Станю-

кович. Они же впервые предсказали существование метеоритных кратеров на Марсе, Меркурии, спутниках планет и астероидах. Позднее американские исследователи сравнили структуру лунных метеоритных кратеров с воронками от снарядов и авиационных бомб.

Сторонники вулканической гипотезы возражали: взрываться могут и некоторые типы вулканов на определённом этапе их развития. В результате этого образуются кальдеры, похожие на лунные кратеры. Однако известно, что взрывные кальдеры составляют лишь малую долю от всех земных вулканов. Обычно вулканические кратеры — небольшие воронки на вершинах вулканических гор. Значит, если бы на Луне кратеры действительно имели вулканическое происхождение, там бы было гораздо больше вулканических конусов. На самом деле их относительно немного. Более того, соотношения диаметр/глубина у вулканических кальдер иное, чем у метеоритных кратеров.

С наступлением эры космических полётов Луна была исследована с близкого расстояния с помощью десятков космических аппаратов.

Сегодня и астрономы, и геологи считают твердо установленным: абсолютное большинство кратеров на Луне — результат космической бомбардировки. Вместе с тем в ряде случаев взрывы от ударов метеоритных тел вызывали проявление вулканической активности. Есть на Луне и обычные вулканы, подобные земным.

Лунные кратеры привычно называют метеоритными. Всегда ли оправдано такое название? Даже если иметь в виду, что размер «ударника» в 15–20 раз меньше порождённого им кратера, то диаметр космических «бомб» должен достигать многих километров. Такие размеры имеют не метеориты, а астероиды и наиболее крупные ядра комет. Именно эти небесные тела становились виновниками наиболее масштабных катастроф в лунном мире.

В центре фотографии обратная сторона Луны, а слева — участок видимой стороны нашего спутника. Отчётливо видны различия их рельефа

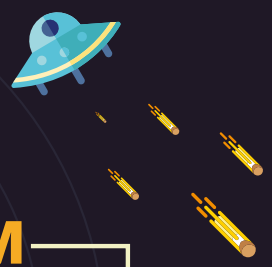
Светлые материковые области Луны буквально усеяны кратерами разных размеров, а главным фактором разрушения древних кратеров является их дальнейшая космическая бомбардировка с образованием новых, как правило, более мелких молодых кратеров.

Иначе выглядят лунные равнины — так называемые моря и Океан Бурь. Здесь наиболее крупные кратеры отсутствуют вообще, а других — немного. Причем они хорошо сохранились. Чем объясняются такие различия? Исследование лунных образцов подтвердило, что материковые области имеют возраст около 4 миллиардов лет, а тёмные равнины — это лавовые поля, излившиеся «всего» около 3 млрд лет тому назад.

Значит, в начальный период существования Солнечной системы поверхность Луны (как и Земли) подвергалась более интенсивной бомбардировке так называемыми планетезималями — «строительным материалом» планет и их спутников. В дальнейшем количество планетезималей сократилось: они разрушались в результате столкновений друг с другом, «вычерпывались» планетами и спутниками, выбрасывались гравитацией планет и Солнца на окраины Солнечной системы. Столкновения происходили гораздо реже,

Катастрофы на Луне

Большинство кратеров на Луне — результат космической бомбардировки.



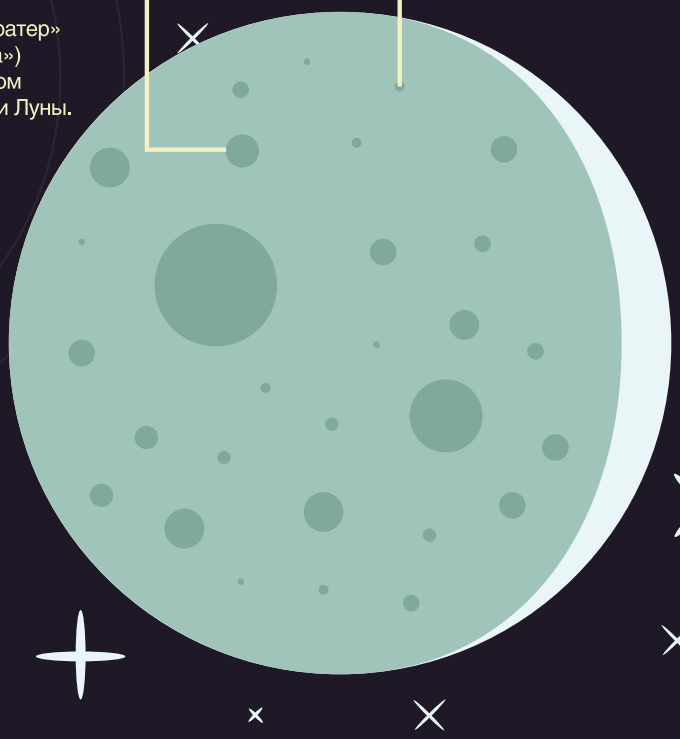
300 км

тысячи кратеров («кратер» по-гречески — «чаша») с таким попереченником видны на поверхности Луны.

в 100 000

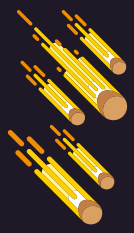
раз дольше живут кратеры на Луне, чем на Земле (т.е. остаются видимыми).

Лунные кратеры привычно называют метеоритными. Всегда ли оправдано такое название?



Конечно, из-за резких температурных колебаний, достигающих почти **300°**, и метеоритной эрозии рельеф постепенно выравнивается. Но этот процесс течёт крайне медленно.

Ученые пришли к выводу, что Море Дождей возникло от столкновения с астероидом поперечником около **200 км** и массой **10^{22} г**! Энергия удара этого огромного астероида оценена исследователями в **10^{26} Дж**.



Даже если иметь в виду, что размер «ударника» в **15–20 раз** меньше порождённого им кратера, то диаметр космических «бомб» должен достигать многих километров. Такие размеры имеют не метеориты, а астероиды и наиболее крупные ядра комет.

а падающие объекты в среднем были меньшей величины. Даже самые большие из них не достигали 100 км в поперечнике.

Большинство молодых, но достаточно крупных кратеров, таких как Коперник, Кеплер, Тихо, окружает нимб радиально расходящихся от них светлых лучей. Их природа до сих пор окончательно не выяснена. Эти лучи, простирающиеся порой на тысячи километров, представляют собой струи вещества, выброшенного взрывом из кратеров. Оптические свойства вещества лучей таковы, что они становятся видны лишь вблизи полнолуния. Когда же солнечные лучи падают косо и все другие формы рельефа благодаря контрастным теням резко выделяются, лучи как бы вовсе исчезают. Следовательно, они практически не возвышаются над окружающей поверхностью. Почти все кратеры с системой светлых лучей расположены в Океане Бурь или в лунных морях.

Цепочка крупных кратеров — Птолемей, Альфонс, Арзахель — расположена вдоль центрального меридиана видимого полушария Луны

А сами лунные моря… Каково их происхождение?

Еще в конце XIX в. американский геолог Г. Гилберт вопреки мнению своих коллег не только отстаивал метеоритно-взрывную природу лунных кратеров, но высказал предположение о подобном «спусковом механизме» образования лунных морей. Учёный первым обратил внимание на трещины и выбросы, радиально расходящиеся на сотни километров от Моря Дождей, и связал их происхождения с катастрофой в Море Дождей. В отсутствии атмосферы лунная поверхность принимает на себя удар тела, летящего с космической скоростью. В момент столкновения основная часть энергии движения превращается в тепловую. В результате наряду с механическими разрушениями должен происходить разогрев и плавление участков лунной коры. В середине XX в. ученные развили и математически обосновали идеи Гилберта. Они пришли к выводу, что Море Дождей возникло от столкновения с астероидом поперечником около 200 км и массой 10^{22} г! Энергия удара этого огромного астероида оценена исследователями в 10^{26} Дж. Этого было достаточно, чтобы вызвать глобальные последствия. Область нынешнего Моря Дождей опустилась на три километра. Взрывом были выброшены огромные обломки лунной коры, которые, разлетевшись в стороны, прорыли борозды длиной в сотни километров. Катастрофа произошла на раннем этапе существования нашего естественного спутника. В то время значительные области лунной коры были расплавлены и потому твердый покров, окружающий район катастрофы, не выдержал тяжести вы-

брошенных масс, опустился и был затоплен поднявшейся к поверхности лавой. По поверхности Луны от места удара концентрическими кругами пошли вздыматься огромные волны, застывшие следы которых прослеживаются в рельефе значительной части Луны. Подобная катастрофа, но меньшего масштаба, привела к возникновению Моря Восточного. Его вид ещё явственнее несёт на себе следы описанного выше катастрофического механизма. Аналогична картина образования Моря Кризисов и других обширных впадин округлой формы. Излившиеся значительно позднее (возможно, спустя миллиард лет) лавовые массы заполнили дно образовавшихся впадин и низменностей. Так возникли базальтовые равнины Океана Бурь, Моря Облаков, Моря Ясности и других морей.

АБСОЛЮТНОЕ БОЛЬШИНСТВО КРАТЕРОВ НА ЛУНЕ — РЕЗУЛЬТАТ КОСМИЧЕСКОЙ БОМБАРДИРОВКИ.

Долгое время учёные не могли понять, как на поверхности Луны и некоторых других небесных тел появились цепочки кратеров. Посмотрите на космический снимок района трёх лунных кратеров — Птолемея, Альфонса, Арзахеля. Обратите внимание на лежащую слева от Птолемея, внутри кратера Деви, цепочку небольших кратеров. Она длиной около 50 км и тянется от средней части кратера вправо. Что за скорострельная космическая пушка здесь поработала? Высказывалось предположение, что это цепь вулканов, возникших вдоль разломов горных пород. Но вулканические кратеры обычно венчают вершины конусов изверженных пород. А кратерные цепочки — углубления на относительно ровной поверхности. Сейчас учёные убеждены, что такой ряд кратеров образован в результате падения на Луну фрагментов кометы, развалившейся подобно комете Шумейкера–Леви.

СЛЕДЫ КАТАСТРОФ НА ПЛАНЕТАХ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

На всех планетах земной группы сохранились древние ударные кратеры поперечником до 200 и более км. Причем на Венере, защищённой чрезвычайно плотной атмосферой, количество крупных ударных кратеров в тысячи раз меньше, чем на Земле, Луне и Меркурии.

Открытие лика Меркурия — ближайшей к Солнцу планеты — состоялось 30 марта 1974 г., когда американский зонд «Маринер-10» сфотографировал почти половину её поверхности. Оказалось, что рельеф Меркурия на удивление схож с лунным. И это вполне объяснимо. В поперечнике Меркурий всего в 1,4 раза больше Луны, а по массе благодаря большей плотности превосходит её в 4,5 раза. Но и это не обеспечило Меркурию силу притяжения, способную удержать сколько-нибудь плотную атмосферу. В результате

Так в представлении художника выглядело столкновение кометы Шумейкера—Леви с Юпитером

поверхность планеты стала вторым после Луны «музеем истории» Солнечной системы — здесь множество кратеров, равнины «морей», горы и долины.

На Меркурии обнаружен почти полный двойник знакомого нам лунного Моря Дождей — котловина Калорис поперечником 1300 км. Она имеет сравнительно ровную поверхность, во многих местах прорезанную грядами и трещинами. На краях котловины встречаются горы высотой до двух километров, а за её пределами прослеживается система радиально расположенных трещин и гряд, которые тянутся ещё на 1300 км.

Планетологи объясняют происхождение котловины столкновением с планетезималью. Энергия удара и взрыва была так велика, что последствия катастрофы проявились в диаметрально противоположной области планеты. По всей вероятности, там сфокусировалась сейсмическая ударная волна, что и сформировало в антиподной точке всхолмлённый ландшафт, прорезанный несколькими разломами коры. Возможно, котловина Калорис и Море Дождей образовались в один период, когда ещё не были «вычерпаны» планетезимали во внутренних областях Солнечной системы.

Сила тяжести на Меркурии превосходит лунную в 2,3 раза. На Меркурии, например, гораздо меньше вторичных кратеров: сила тяжести мешает выбросу на большую высоту массивных каменных глыб, как это происходит при падении астероидов на лунную поверхность.

Сравнение внутреннего строения планет земной группы

Ученые давно обратили внимание на существенное отличие Меркурия от планет земной группы. Таблица показывает сравнительную мощность внутренних слоёв планет земной группы:

	Меркурий	**Венера**	**Земля**	**Марс**
Ядро	74%	47%	55%	38%
Мантия	24%	52%	44%	60%
Кора	2%	5%	5%	1,5%
Атмосфера	?	3%	2,5%	2%

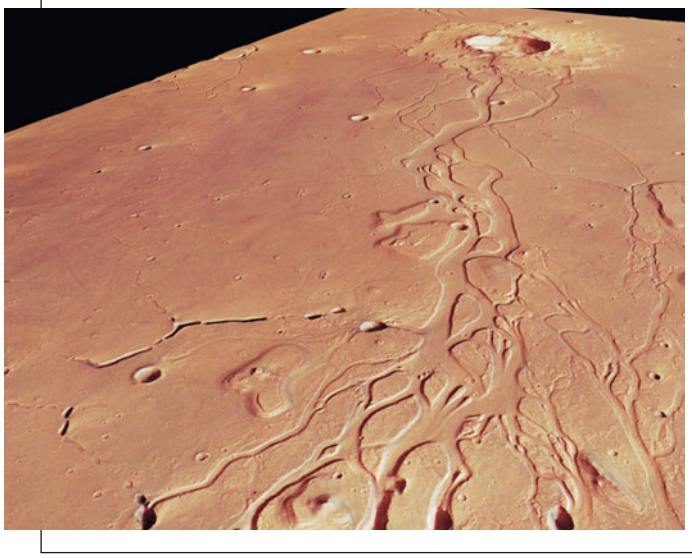
У Меркурия ядро в три раза больше, чем мантия. Подобного соотношения нет у трёх других планет. У Венеры и Марса мощность мантии, напротив, больше ядра, у Земли они не сильно отличаются. У всех планет-гигантов ядро также меньше мантии. Куда же делась мантия Меркурия?

Существует гипотеза, согласно которой в начальный период истории произошло столкновение Меркурия с небесным телом, имевшим массу, сравнимую с массой планеты. В результате грандиозной катастрофы Меркурий потерял большую часть своей мантийной оболочки и потому с тех пор более чем наполовину по массе состоит из железа.

Марс от других планет отличается красноватым цветом, его поверхность представляет собой каменистую пустыню, засыпанную красной железистой пылью. Марсианский грунт похож на кору выветривания Земли. На нашей планете она образуется в тёплых климатических условиях при обилии воды и кислорода воздуха, а кислород на нашей планете порождён миром зелёных растений. Но на Марсе весьма сухой и холодный климат, разреженная атмосфера (как у нас на высоте около 30 км), нет открытых водных бассейнов и, скорей всего, нет жизни. Большая часть видимых запасов марсианской воды содержит ледяная полярная шапка северного полушария, южная же полярная шапка преимущественно состоит из «сухого льда» — углекислоты. Космические исследования последних лет показали, что в осенне-зимний сезон некоторые понижения на планете покрываются инеем и даже снежным покровом. И всё-таки в целом на Марсе условий для жизни практически нет.

Могли ли на этой планете в прошлом существовать условия более благоприятные для возникновения и развития жизни? Космические аппараты принесли много данных, подтверждающих такую возможность.

Сегодня многие учёные считают, что мощный слой «ржавчины», покрывающий поверхность красной планеты, — результат воздействия воды и кислорода атмосферы, существовавшей в далеком прошлом. В то время в условиях более мягкого и тёплого климата часть планеты была покрыта водными бассейнами. Под покровом воздушной оболочки на Марсе, возможно, «кипела» растительная жизнь. Именно она обеспечила «производство» кислорода, достаточного для окисления железа и серы.



На поверхности пустынного Марса обнаружены сухие долины, они напоминают речную сеть на Земле

На Красной планете сохранились ударные кратеры разных размеров. Древнейшие регионы Марса, хранящие следы космических ударов, в основном расположены в его южном полушарии. Причем размеры некоторых из них свидетельствуют о возможности глобальных катастрофических последствий космической бомбардировки. Достаточно познакомиться с расположенной в южном полушарии впадиной Долина Эллады. Впадина, имеющая округлую форму, возникла при столкновении Марса с огромным астероидом. О масштабах случившейся катастрофы можно судить по ширине Долины Эллады, поперечник которой около 2000 км. Это одна из крупнейших в Солнечной системе ударных структур.

МАРС ОТ ДРУГИХ ПЛАНЕТ ОТЛИЧАЕТСЯ КРАСНОВАТЫМ ЦВЕТОМ, ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ КАМЕНИСТУЮ ПУСТЫНЮ, ЗАСЫПАННУЮ КРАСНОЙ ЖЕЛЕЗИСТОЙ ПЫЛЬЮ.

Нетрудно представить, что удар такой силы мог привести к исчезновению атмосферы и жизни на этой планете, а возможно, и марсианской цивилизации. Марс, масса которого почти в 10 раз меньше земной, обладает и значительно меньшей гравитацией. Именно поэтому газы его атмосферы, превратившись при взрывах в плазму, рассеялись в космосе. Катастрофический удар, изменивший природу Марса, случился более 3 миллиардов лет тому назад.

По-видимому, Марсу предстоит пережить ещё одну ужасную катастрофу. Роковая судьба ожидает спутник Фобос, который уже сегодня опасно приблизился к планете и движется на расстоянии всего около 6000 км от её поверхности (десятикратный путь от Москвы до Санкт-Петербурга). В то время как Луна обходит земной шар почти за месяц, Фобос успевает за марсианские сутки, длящиеся 24 часа 37 минут, трижды обежать вокруг планеты. Настанет день, когда приливные силы разорвут Фобос на части, которые со временем обрушатся на Красную планету.

СЛЕДЫ КАТАСТРОФ НА ГАЗОВЫХ ГИГАНТАХ И ИХ СПУТНИКАХ

Как и планеты земной группы, гиганты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — тоже подвергались «атакам» планетезималей и малых тел Солнечной системы. Однако это практически не влияло на облик газовых гигантов. Зато следы столкновений во множестве обнаружены на многих спутниках этих планет.

Спутники Юпитера — Ио, Европа, Ганимед, Каллисто — открыты Галилеем 400 лет тому назад. Один из них, Ганимед, имеет диаметр 5268 км и является крупнейшим спутником в Солнечной системе. Если поверхность Ио формируют внутренние силы — там бурно протекают вулканические процессы, то три других больших спутника Юпитера буквально усеяны кратерами. Следы наиболее грандиозных катастроф межпланетные космические станции обнаружили на Каллисто. Этот четвертый спутник по степени кратерированности оказался «чемпионом» среди всех тел Солнечной системы. По размеру он почти не уступает Меркурию, но состоит из каменистых материалов и водяного льда, которых здесь примерно поровну. Поверхность Каллисто не только сплошь усеяна кратерами — следами древней метеоритно-астероидной бомбардировки, но еще «украшена» двумя кратероподобными образованиями фантастических размеров — радиусом более 700 и 1500 км.

ГАНИМЕД ИМЕЕТ ДИАМЕТР 5268 КМ И ЯВЛЯЕТСЯ КРУПНЕЙШИМ СПУТНИКОМ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ.

Причём эти сверхкратеры окружены концентрическими грядами, крутой склон которых обращён к центру. Вместе с десятью такими кольцами наибольшая из двух систем достигает в поперечнике 4000 км! Это примерно расстояние от Москвы до Красноярска. Трудно вообразить масштабы двух катастроф, которые миллиарды лет тому назад пережил этот спутник Юпитера.

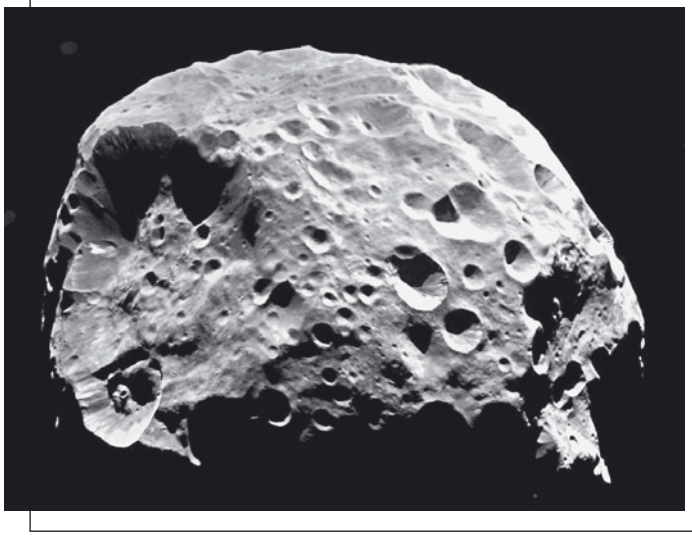
Космические станции сфотографировали на Каллисто и его соседе Ганимеде кратерные цепочки. Но если на Ганимеде позднейшие тектонические процессы сгладили

многие следы космических бомбардировок, то на Каллисто «шрамы» от катастроф очень хорошо сохранились. Его поверхность хранит следы ранней истории Солнечной системы и системы Юпитера. По мнению специалистов, современный лик Каллисто сформировался около 4 млрд лет назад.

Следы древних космических ударов во множестве сохранились и на лунах Сатурна. Начнём с относительно близкого к Сатурну крупного спутника Мимас. Облик этой «израненной» луны впечатляет. Особенно поражает кратер Гершель. Взрыв «космической бомбы» вырыл воронку поперечником 130 км и глубиной 10 км! Поперечник кратера составляет около трети диаметра Мимаса. По дну кратера проходит неглубокая трещина, которая прослеживается за пределами кольца. Нельзя исключить, что разлом коры произошёл в результате того страшного удара. Столкновение с астероидом породило мощные ударные волны, которые прокатывались по всему телу Мимаса и фокусировались в точке, противоположной месту взрыва. Если бы столкнувшееся с Мимасом тело обладало несколько большей массой или более высокой скоростью, оно бы разбило этот спутник на куски.

Спутник Сатурна Феба (размером около 200 км) отличается неровной поверхностью, искорёженной ударами других небесных тел. Данные, переданные космическим аппаратом «Кассини» в 2004 г., позволяют предположить, что Феба «неродной» член семьи спутников Сатурна. По всей вероятности, когда-то он являлся транснептуновым объектом пояса Койпера и со временем был захвачен гравитацией окольцованной планеты. В пользу этой гипотезы свидетельствуют необычно тёмная поверхность и низкая средняя плотность вещества Фебы, а также её попятное движение по орбите. На поверхности Фебы обнаружена необычная слоистая структура. Она состоит в чередовании светлых и тёмных полос. Скорей всего такие полосы — результат столкновений с крупными метеорными телами, при которых тёмные поверхностные слои перемешивались со льдом, лежащим под ними.

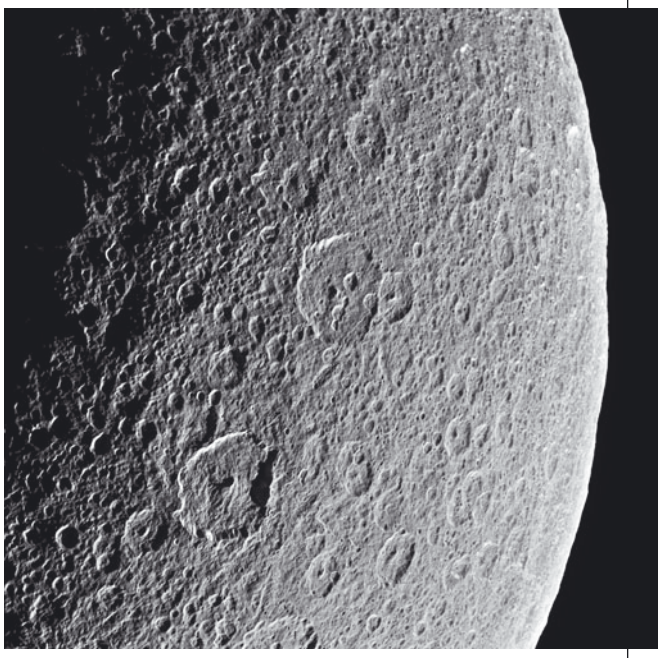
На спутнике Сатурна Тефии (его диаметр 1060 км) отчетливо видны многочисленные следы бомбардировки астероидами и кометами. На одном полушарии насчитывается до десятка очень больших кратеров. Кратер Одиссей больше всех других на Тефии (его размеры близки к рекордным в Солнечной системе — диаметр кратера Одиссея равен 400 км, т.е. в три с лишним раза больше поперечника кратера Гершель). Не случайно второе название кратера — Великая Котловина. Кратер имеет сложную структуру: ступенчатый кольцевой вал, обширное срединное поднятие и несколько вытянутую центральную горку. Это свидетельствует о длительном процессе формирования гигантского кольцевого образования. О древности катастрофы, которая могла привести к разрушению Тефии, судят по обилию молодых кратеров меньшего размера внутри вала Одиссея. Судя по тому, что плотность Тефии близка к плотности замёрзшей воды, сегодня



На поверхности спутника Сатурна Фебы множество кратеров

этот спутник Сатурна представляет собой ледяной шар. То, что Тефия при этой катастрофе не разрушилась, говорит о том, что в те давние времена она не была полностью заледенелым телом.

Рея, поперечник которой 1530 км, среди спутников Сатурна занимает вторую позицию, уступая лишь Титану. Подобно нашей Луне, Рея всегда обращена к планете одним полушарием. Рея представляет собой ледяной шар с небольшим каменным ядром. Поверхность спутника густо покрыта ударными кратерами. Наличие крупных кратеров диаметром до 100 километров говорит о древнем возрасте спутника. Ландшафты ледяной Реи напоминают рельеф Луны и Меркурия, хотя те сложены каменистыми твёрдыми породами. Может показаться удивительной хорошая сохранность древних кольцевых структур в ледяной коре Реи. Ведь ледяные массы, как известно, обладают довольно большой пластичностью. Остаётся предполагать, что Рея ещё на ранних этапах своей истории настолько промёрзла и отвердела, что приобрела свойства скальных пород. Такое превращение могло произойти из-за относительно малого размера Реи и большой удалённости от Солнца.



Поверхность Реи – спутника Сатурна

Рея соседствует с крупнейшим спутником Сатурна Титаном. По величине и массе он превосходит Луну. Титан единственный из спутников имеет атмосферу. В ней, как и в земной атмосфере, преобладает азот (85%). В 2004 г. рельеф Титана изучал зонд «Кассини», оснащённый радарным комплексом. Оказалось, что на Титане очень мало ударных кратеров. Вероятно, атмосферные и геологические процессы достаточно быстро разрушают их.

Необычен и удивителен облик Гипериона — внешнего соседа Титана. Он напоминает губку неправильной формы размерами 360x226 км. На очень подробном изображении Гипериона, переданном аппаратом «Кассини», вырисовывается огромная кольцевая структура. Она занимает большую часть этого странного спутника Сатурна. Левая половина кругового склона, ограничивающего дно впадины, имеет лучшую сохранность. Правая часть, по-видимому, разрушена позднейшими ударами из космоса. Изучение космических снимков показало, что поверхность Гипериона не только «гуще» усеяна кратерами, чем другие спутники Сатурна, но кратеры эти ещё значительно глубже. Дно многих из них покрыто неизвестным материалом. Внешний покров

Гипериона своим видом немного напоминает пчелиные соты. Плотность Гипериона очень мала, что можно объяснить пористой структурой пород или наличием в недрах крупных пустот.

ТИТАН ЕДИНСТВЕННЫЙ ИЗ СПУТНИКОВ ИМЕЕТ АТМОСФЕРУ.

Япет (его поперечник равен 1440 км) — третий по размеру спутник Сатурна. В его центре — обширный ударный бассейн с поперечником около 400 километров. Края бассейна круты и обрывисты. Кольцевая структура такого размера — рана, нанесённая врезавшимся в Япет астероидом поперечником несколько километров. Судя по снимкам «Кассини», Япет напоминает по форме грецкий орех. В чём причина столь странного вида спутника? Не менее загадочен и чрезвычайно тёмный вид примерно половины поверхности Япета. Эта часть спутника отражает менее 5% приходящих солнечных лучей. Темнота покрова половины спутника столь глубока, что с Земли даже в телескоп она остается практически невидимой. Поражает равномерность тёмного покрова вне зависимости от форм укрываемого рельефа. То, что покрывало легло поверх кратеров разного размера, позволяет утверждать: тёмное вещество появилось на Япете после образования ударных кратеров. Что представляет собой тёмное вещество? Каков механизм его распространения на поверхности? На эти вопросы учёным ещё предстоит ответить.

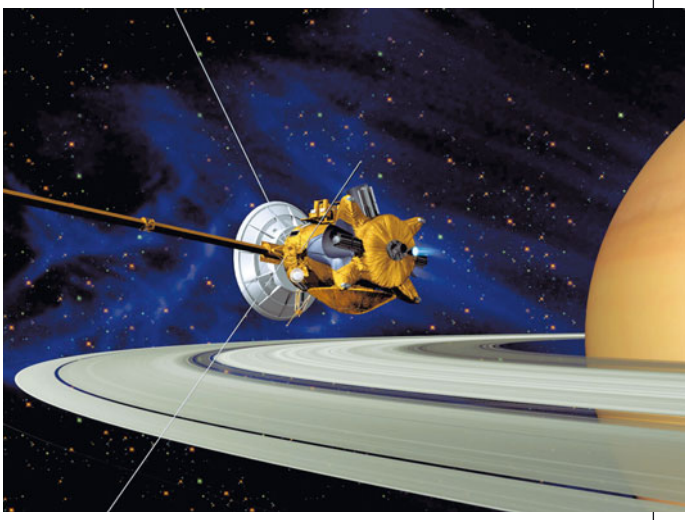
ТАИНСТВЕННАЯ ПЛАНЕТА ФАЭТОН

Немецкий астроном Вильгельм Ольберс после открытия первых астероидов (тогда учёный установил, что орбиты двух первых открытых малых планет почти пересекаются в двух точках пространства) в письме к астроному И. Боде писал, что надо «наблюдать и определять орбиты, чтобы иметь верные основания для наших предположений. Тогда, быть может, мы решим или, по крайней мере, приблизительно выясним, Церера и Паллада пробегали свои орбиты в мирном соседстве, отдельно одна от другой, или обе являются только обломками, только кусками прежней большой планеты, которую взорвала какая-нибудь катастрофа». Позднее эту гипотетическую планету Ольберса назвали Фаэтоном. Существовал ли Фаэтон в действительности — вопрос не только теоретический. Если одна из планет Солнечной системы по какой-то причине была разрушена, то, вероятно, такое может случиться и с Землёй.

Гипотеза о существовании в прошлом планеты Фаэтон была широко распространена до середины XX века. В 1950–1960-х гг. несколько исследователей независимо друг от друга проводили анализ элементов орбит астероидов. Сопоставление орбит нескольких тысяч астероидов показало, что они группируются в несколько семейств. Астероиды каж-

дого из семейств имели своё, когда-то разрушившееся родительское небесное тело. По данным учёных, в прошлом было не менее 12 первичных планет.

К аналогичному выводу пришли сотрудники Комитета по метеоритам Академии наук. Изучая состав железных метеоритов, они установили, что по концентрации никеля в них чётко можно выделить 5 групп. В дальнейшем каменные метеориты разделили на 8 групп по соотношению в них различных форм железа. В 1970-е гг. американские учёные наряду с никелем исследовали содержание некоторых редкоземельных элементов. На основании этого они выделили 16 групп железных метеоритов.



«Кассини-Гюйгенс» — межпланетная станция, созданная совместно НАСА и ЕКА для изучения Сатурна

Выявленные различия групп железных метеоритов показывали, что условия их формирования отличались не только по температуре и давлению, но и по обстоятельствам разогрева и охлаждения. Такие различия не могли существовать внутри одной планеты.

Электронное зондирование некоторых образцов железных метеоритов позволило установить, с какой скоростью происходило их остывание. Оказалось, что процесс этот был настолько медленным, что мог происходить лишь под покровом теплозащитной оболочки толщиной от 100 до 200 км. Следовательно, сами родительские тела в поперечнике могли быть больше 200–400 км. (Таковы размеры и современных наиболее крупных астероидов.) Разная скорость остывания свидетельствует, что родительских тел было несколько и они отличались размерами.

По всем данным, число «родителей» астероидов могло быть около трех десятков при массе каждого из них порядка 10^{21} г, что соответствует «весу» Цереры. Многие учёные полагают, что каждый выпавший на Землю метеорит имел определённую иерархию родительских тел, подвергавшихся последовательному дроблению. Внутри первичного родительского тела сформировалось вещество будущих железных метеоритов. Промежуточные родительские тела и последнее родительское тело защищали поверхность метеорита от галактической радиации. А обнажиться и выделиться метеориты могли сравнительно незадолго до падения на Землю. В отличие от железных, некоторые каменные метеориты могли быть частью внешнего покрова родительского тела.

В начале 1970-х гг. казалось, что гипотеза Ольберса о взорвавшейся планете Фаэтон сообществом астрономов может быть окончательно отвергнута. Но именно в это время английский астроном Майкл Овенден опубликовал работу, согласно которой между Марсом и Юпитером в прошлом должна была существовать планета-гигант, по массе подобная Сатурну и в 90 раз массивнее Земли. По вычислениям Овендена, планета разрушилась

около 16 млн лет тому назад. Лишь немногие специалисты поддержали выводы учёного. Напротив, гипотеза Овендена, едва успев появиться, подверглась жестокой критике. Мы не будем излагать её подробно. Укажем только, что столь грандиозная и недавняя по астрономическим меркам катастрофа неминуемо отразилась бы на судьбе нашей планеты. По мнению некоторых учёных, в результате столь близкого взрыва гигантской планеты на Земле исчезла бы жизнь. Однако в земных отложениях того периода геологи не видят никаких следов подобной катастрофы. Кроме того, в случае разрушения такой массивной планеты плотность вещества в Солнечной системе была бы гораздо большей, чем это есть на самом деле. Под огнем критики Овенден и его сторонники отказались от своего утверждения о гибели огромной планеты. Вместо этого они предположили возможность образования малых тел Солнечной системы в результате катастрофы гораздо меньшего масштаба — столкновения и разрушения двух достаточно крупных астероидов.

Возможно, так разрушалась планета Фаэтон

Тем не менее и в начале нынешнего века остаются приверженцы идеи Ольберса.

Фантасты высказывали предположение, что планета распалась в результате взрыва ядерных боезапасов, накопленных агрессивными обитателями Фаэтона. Но это взгляд фантастов, а не учёных. Подобная катастрофа, возможно, могла бы уничтожить цивилизацию и даже жизнь, но не саму планету.

С тем, что между Марсом и Юпитером некогда существовала ещё одна планета, согласны некоторые астрономы и среди них сотрудник Института астрономии РАН, доктор физико-математических наук А.В. Багров в одном из выступлений высказался так: «Только современные астрономы, изучая астероидную опасность и миграцию тел внутри Солнечной системы, имеют право утверждать, что такая планета существовала. Она возникла вместе с остальными планетами четыре с половиной или пять миллиардов лет назад, но, в какой-то степени к счастью для нас, на начальной стадии эволюции Солнечной системы планета была разрушена. Расчёты показывают, что планета разлетелась бы на куски, если бы с ней столкнулся астероид размером всего в тысячу километров». Естественно предположить, что некоторые фрагменты гипотетической планеты могли бы иметь размеры в сотни километров и двигаться по изменившимся орбитам. В дальнейшем фрагменты «Фаэтона» могли сами раздробиться в результате столкновения с другим небесным объектом и стать, таким образом, родоначальником собственного семейства астероидов меньшего размера.

Сегодня абсолютное большинство астрономов не видят оснований соглашаться с предположением Ольберса о разрушившейся планете. Однако эта красивая гипотеза на протяжении почти полутора столетий стимулировала открытие всё новых астероидов, была плодотворной для исследования и классификации метеоритов, помогла понять внутреннее строение Земли.

ГЛАВА II

КОСМИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Логично предположить, что наша планета должна была подвергаться метеоритным «атакам» не меньше соседней Луны. Однако на Земле крупные кратеры (следы космической бомбардировки) были открыты сравнительно недавно и в гораздо меньшем количестве. Этот кажущийся парадокс объясняется резким различием природных условий на Земле и её спутнике. На нашей планете в результате вулканизма и тектонических подвижек, под действием воздуха, воды и биосферы древние кратеры разрушались и перекрывались позднейшими отложениями.

На Земле лучше других сохранился кратер в Аризоне, известный учёным ещё с 1880-х гг. Первоначально его считали вулканическим, но многолетние исследования доказали его космическое происхождение. Это след встречи Земли с небесным телом, состоявшейся около 50 000 лет тому назад, а хорошая сохранность кратера объясняется недавним (в геологическом смысле) временем его образования и сухим климатом района. Космическая «бомба» имела диаметр около 60 метров и массу несколько миллионов тонн. Такой «ударник» в равной степени можно считать и крошечным астероидом, и гигантским метеоритом. Его удар при скорости 20 км/с вызвал взрыв энергией 10–20 мегатонн. В результате образовался кратер шириной 1200 м и глубиной около 200 м. Подсчитано: чтобы вырыть яму размером с Аризонский кратер, понадобилось бы затратить около 20 млн долларов.

Индейцы назвали эту воронку «Каньоном Дьявола». Появившиеся здесь белые поселенцы стали использовать найденное в кратере и его окрестностях космическое железо для изготовления различных предметов, разумеется, не задумываясь о происхождении металла. Лишь в 1891 г. один из металлических обломков попал в руки американского учёного А. Э. Фута, который предположил метеоритную природу металлических осколков. В окрестности кратера в одном из найденных кусков металла Фут заметил мелкие зёрна алмазов, образовавшихся при взрыве. В 1902 г. Аризонским кратером заинтересовался горный инженер Д. М. Барринджер.

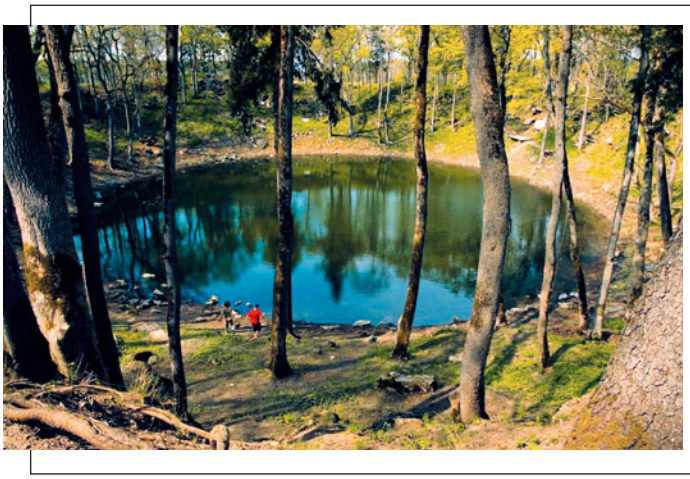
Кратер в Аризоне, США

Он приобрёл всю территорию кратера в собственное владение и до конца жизни (до 1929 г.) занимался его детальным изучением. Барринджер надеялся найти и раскопать само тело железного метеорита, правда, чтобы использовать его в экономических целях!

Позднее Аризонский кратер продолжали исследовать другие учёные. Американский геолог Х.Х. Найниджер на дне и склонах кратера, а также в его окрестностях на расстоянии до нескольких километров нашел несколько тысяч кусков метеоритного железа. Неутомимый исследователь обнаружил также тонко рассеянное космическое вещество в раздробленных породах, выявил импактиты — породы, характерные практически для всех взрывных кратеров. Всего к настоящему времени в районе взрыва собрано 12 тонн метеоритного железа. В 1946 г. вблизи кратера был основан музей, а в расположенном по соседству Флагстафе открыли Астрономический центр Геологической службы США.

В первой половине XX в. на земной поверхности удалось обнаружить несколько десятков кратеров космического происхождения. Правда, все они были значительно меньше Аризонского — не более 220 метров.

Хорошо сохранился ударный метеоритный кратер Монтаракуи на территории Чили в пустыне Атакама. Его диаметр 460 метров, возраст менее миллиона лет. В центральной части впадины — небольшое озеро. Четкие формы кратера объясняются минимальной водной и ветровой эрозией, характерной для высокогорных пустынь.



Кратер Каали в Эстонии

Среди метеоритных — целая группа кратеров Каали на острове Сааремаа в Эстонии. Происхождение кратеров на острове Сааремаа оставалось загадкой ровно 100 лет, пока за их исследование не взялся горный инженер И. Рейнвальд. С 1927 по 1941 г. исследователь изучал природу кратеров, причём тратил на это всё свободное время и большую часть своего заработка. Прежде всего геолог, как и многие его предшественники, заинтересовался загадкой происхождения округлого озера Каали. Проведённые измерения позволили установить, что озеро имеет в поперечнике 110 метров и глубину 16 метров. Озеро было окружено характерным валом. В своих работах Рейнвальд опирался на труды Барринджера. В 1937 г. Рейнвальду удалось обнаружить кусочки метеоритного железа, правда, общим весом всего чуть более килограмма. Для этого пришлось просеять горы грунта, выкопанного из нескольких сухих кратеров. Так была надежно доказана космическая природа кратеров на острове Сааремаа. В 1956 г. эстонский геолог А.О. Аалоэ установил возраст самого большого из группы кратера. Оказалось, что он возник всего 2660 лет тому назад. Вблизи этого кратера основан музей, где проходят научные конференции по проблемам метеоритики.

Со временем стало ясно, что кратеры космической природы (космогенные) от кольцевых структур земного (эндогенного) происхождения можно отличить с помощью

высокоточного химического анализа. При этом учёные сравнивают состав пород, находящихся под кратером (цокольных), с веществом самой кольцевой структуры. Не следует думать, что в кратере ищут особые «космические» элементы. Мы уже знаем, что их просто не существует. Анализируют процентное содержание таких редких элементов, как никель, кобальт, осмий, иридий и некоторые другие. Все они в очень малых количествах присутствуют и в космических, и в земных породах, но в метеоритах, астероидах и кометах концентрация этих элементов в сотни, а то и в тысячи раз выше. Более того, та или иная пропорция элементов позволяет порой судить, какого типа небесное тело произвело взрыв — каменное, железное или железо-каменное. Наконец, бесспорным доказательством является находка внутри или за пределами взрывных кратеров осколков метеоритов. От земных пород легче отличить фрагменты железных, чем каменных посланцев космоса. Оказалось, что именно железным метеоритам и астероидам значительно чаще других удаётся прорваться к поверхности Земли с космической скоростью.

Взрывы, вызванные столкновением с космическим телом, учёные называют импактными событиями (на английском «impact» — «столкновение»). Часто и кратеры космического происхождения называют импактными, то есть образованными в результате удара.

Несколько крупных кратеров импактного происхождения, начиная с 1950-х гг., обнаружили на территории Канады. Одним из первых — относительно большой и хорошо сохранившийся кратер Нью-Квебек. Он представляет собой круглое озеро глубиной 250 м и поперечником около 3,5 км. Кольцевой вал кратера возвышается на 160 м над уровнем окружающих его сельскохозяйственных угодий. Раздробленные и выброшенные взрывом гнейсы находят на расстоянии до 2 км от краёв кратера. Несомненно, значительная их часть унесена водными потоками. Учёные полагают, что этот относительно молодой кратер образовался около полутора миллионов лет назад.

ВЗРЫВЫ, ВЫЗВАННЫЕ СТОЛКНОВЕНИЕМ С КОСМИЧЕСКИМ ТЕЛОМ, УЧЁНЫЕ НАЗЫВАЮТ ИМПАКТНЫМИ СОБЫТИЯМИ.

Дальнейшие исследования позволили установить, что два округлых озера гораздо большего размера в провинции Квебек также имеют ударное происхождение. Эти кольцевые структуры диаметром 20 и 32 км назвали по месту расположения Клиавотер, что значит «чистая вода». Кратеры образовались около 300 млн лет назад в результате удара двух крупных космических тел. Такой двойной удар — явление чрезвычайно редкое. Кольцо островов в пределах большего западного кратера укрыто лавами ударного происхождения и имеет поперечник около 10 километров. Центральное поднятие меньшего кратера полностью оказалось под водой.

Позднее были открыты кратеры Уэллс Крик в США и Босумтви в Гане по 10 км каждый, Нардлинген Рис в Германии (24 км) и другие.

Не всегда удаётся разгадать природу уже известных кольцевых структур. Например, кольцевая структура Ауронга в пустыне Сахара сначала была погребена под более молодыми отложениями, а затем частично вскрыта эрозией. Общий диаметр Ауронги примерно 13 км, а возраст около 350 млн лет.

Структура Ауронги недостаточно изучена, о её происхождении учёные спорят до сих пор. Французские исследователи взяли там образцы пород, в которых отчетливо видны признаки изменения первоначального строения под действием сильного удара (специалисты это называют ударным метаморфизмом). Поэтому большинство исследователей теперь склоняются к мнению, что кольца имеют космическую природу. А вот кольцевую структуру Ришат, также расположенную в африканской Сахаре, долго считали ударным кратером. Радиолокационные исследования с орбиты помогли учёным увидеть подробности рельефа. Наземные исследования не подтвердили космическую природу Ришат. Никаких свидетельств внешнего удара обнаружить не удалось: поверхность внутри колец почти не заглублена, изменённые взрывом породы отсутствуют. Нет здесь и проявлений вулканизма. Скорее всего, на месте этих колец когда-то происходил процесс поднятия слоёв осадочных пород, сопровождавшийся разрушительным действием эрозии. Но и в этом случае остается трудно объяснимой загадкой почти идеально круглая форма структуры Ришат.

Кратер Пингуалуит на севере Квебека в Канаде

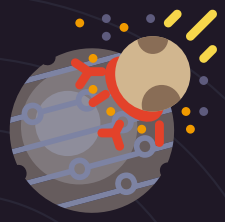
К нашему времени на планете обнаружено более 230 кратеров ударно-взрывной космической природы. Из них в России — 35. Изученные земные астроблемы похожи на кратеры Луны, Марса, Меркурия. «Плотность» астроблем в разных частях света очень неравномерна и в большой мере зависит от степени изученности территорий. Поэтому в Европе и в Северной Америке число найденных астроблем значительно больше, чем в Африке. Многие учёные полагают, что предстоит открыть ещё не одну сотню «космических ран» на Земле.

ИМПАКТНЫЕ СОБЫТИЯ — ГРОЗНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ

Падение на Землю небесных тел в некоторых случаях может привести к катастрофическим последствиям. Их масштабы прежде всего зависят от скорости и массы падающего на Землю тела. Скорость встречи Земли с космическим объектом может быть от 11,2 до 72,8 км/с. 11,2 км/с — это II космическая скорость, которая необходима, чтобы преодолеть земное притяжение и улететь в межпланетное пространство. Такую же

Катастрофы в Солнечной системе

Меркурий

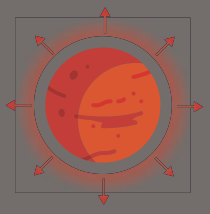


На Меркурии обнаружен почти полный двойник знакомого нам лунного Моря Дождей — котловина Калорис поперечником **1300 км.**

Марс

Долина Эллады, поперечник которой около **2000 км.** Это одна из крупнейших в Солнечной системе ударных структур. Она образовалась при столкновении Марса с огромным астероидом.

Нетрудно представить, что удар такой силы мог привести к **исчезновению** атмосферы и **жизни** на этой планете, а возможно, и марсианской цивилизации.

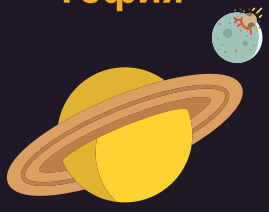


Именно поэтому газы его **атмосферы**, превратившись при взрывах в плазму, **рассеялись** в космосе.

Каллисто

Поверхность Каллисто «украшена» двумя кратероподобными образованиями фантастических размеров — радиусом более **700 и 1500 км.**

Тефия

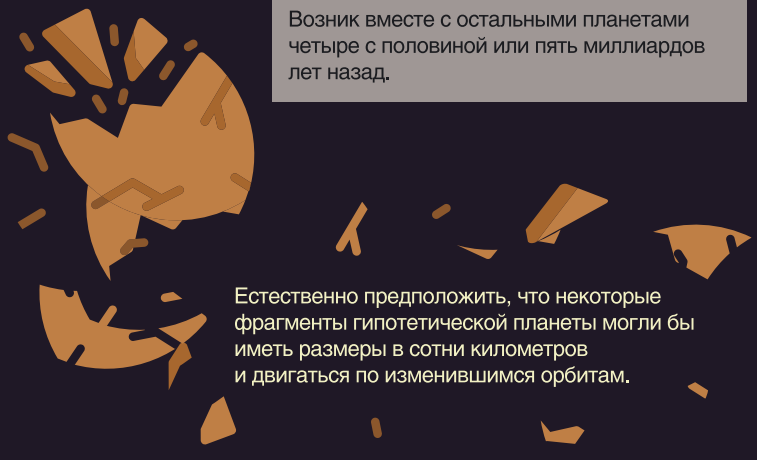


На спутнике Сатурна Тефии (его диаметр **1060 км**) отчетливо виден кратер Одиссей (его размеры близки к рекордным в Солнечной системе — диаметр кратера Одиссея равен **400 км**).

Фаэтон

Возник вместе с остальными планетами четыре с половиной или пять миллиардов лет назад.

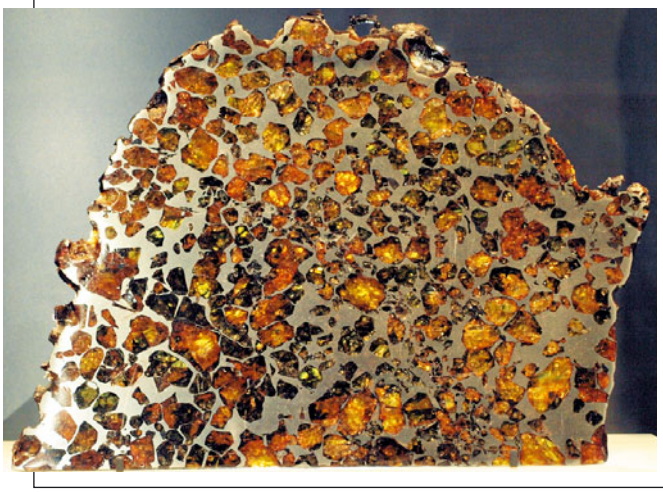
Расчёты показывают, что планета разлетелась бы на куски, если бы с ней столкнулся астероид размером всего в **1000 км.**



Естественно предположить, что некоторые фрагменты гипотетической планеты могли бы иметь размеры в сотни километров и двигаться по изменившимся орбитам.

скорость под действием гравитации Земли разовьёт даже медленно подлетающий к ней метеороид. Максимальная скорость — 72,8 км/с — складывается из орбитальной скорости нашей планеты и скорости летящего *навстречу* ей метеороида.

Удар космического «странника» сначала принимает на себя воздушная оболочка Земли. Сила торможения в атмосфере будет тем больше, чем больше размер «космического пришельца». Ведь от этого зависят объём и площадь воздушной подушки, которую создаёт перед собой вторгшееся тело. Если масса уплотняющейся воздушной подушки окажется в 10 раз больше массы метеорита, его скорость может быть погашена больше чем на 90%. В некоторых случаях скорость приземления бывает так мала, что даже многотонный «пришелец» не выроет воронки. Характерный тому пример — самый большой из исследованных учёными железный метеорит Гоба массой около 60 т. Этот железный метеорит, скорей всего, вошёл в атмосферу и продолжал двигаться к земной поверхности под очень малым углом, поэтому в процессе постепенного торможения не только погасил почти всю скорость, но сохранил свою форму. Учёные полагают, что каменный метеорит подобной массы мог бы раздробиться в воздухе.



Метеорит Эскуэль – один из самых красивых палласитов, он найден в 1951 г. на юге Аргентины

При большей скорости падения метеориты образуют либо ударные, либо взрывные кратеры. Ударные кратеры, размер которых зависит от величины метеорита, появляются при скоростях падения до 4 км/с. При этом участок земной поверхности обычно деформируется, породы дробятся и вылетают из образующегося кратера. При ударе со скоростью 5 км/с и более (высокоскоростной удар) происходит взрыв, величина энергии которого зависит от массы и скорости «ударника» (так специалисты называют врезавшееся тело).

Для астероидов размером несколько сотен метров и более, к тому же достаточно прочных, атмосфера не является существенной преградой. Они, мало потеряв в массе и скорости, могут врезаться в земную твердь или в океан со скоростями в десятки километров в секунду.

Основоположниками математической теории образования метеоритных кратеров являются советские учёные К.П. Станюкович и В.В. Федынский. Именно они определили зависимость диаметра кратера от энергии метеорита. При массе m, скорости метеорита v энергия $E = mv^2/2$, диаметр кратера D пропорционален $E^{1/3}$. Таким образом, о величине освобождающейся при этом энергии можно судить по размерам обнаруживаемых астроблем. Их истинные размеры удаётся выяснить далеко не сразу.

Например, кольцевая структура Вредфорт находится на юго-востоке Африки приблизительно в 100 км от Иоганнесбурга, в центральной части золотоносного бассейна Витватерсранда. Ярко выраженное в рельефе ядро структуры имеет примерно 40 км в диаметре. Оно сложено древними кристаллическими породами. Плоское ядро окру-

жает приподнятое над ним кольцо более молодых осадочных отложений и застывших лав. Оказалось, что эти молодые геологические слои скрывают значительную часть древнего кратера. Диаметр покровного кольца около 80 км. Дальнейшее изучение изменений в структуре пород под действием взрыва позволило установить первоначальный диаметр кратера. Он достигал 300 км и сейчас полностью охватывает весь золотоносный бассейн Витватерсранда. Специалисты считают, что сохранение крупнейших в мире золотых месторождений бассейна Витватерсранда объясняется наличием этого обширного кратера. В частности, древняя структура Вредфорт затруднила вымывание драгоценного металла водными потоками. Астроблема начала свою историю приблизительно 2 млрд лет назад. Это самая древняя и наиболее изученная ударная структура на Земле.

НАША ПЛАНЕТА ПОЛУЧАЕТ ОТ СОЛНЦА ЕЖЕГОДНО КОЛОССАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО ЭНЕРГИИ — $5{,}2 \cdot 10^{24}$ ДЖ.

Сравним высвобождаемую при импактном событии энергию с энергией других грозных явлений природы.

Наша планета получает от Солнца ежегодно колоссальное количество энергии — $5{,}2 \cdot 10^{24}$ Дж.

Суммарная годовая энергия землетрясений в 500 000 раз меньше — $1{,}0 \cdot 10^{19}$ Дж.

При извержении в 1883 г. вулкана Кракатау в считаные минуты освободилась энергия $1{,}81 \cdot 10^{19}$ Дж, а вулкана Тамбора в 1815 г. — $1{,}44 \cdot 10^{20}$ Дж.

При импактных событиях — образовании метеоритного кратера — земная кора может получить гораздо больше энергии:

для кратера 10 км — 10^{21} Дж.

для кратера 50 км — 10^{23} Дж.

для кратера 70 км — 10^{25} Дж.

То есть при образовании не самого большого ударно-взрывного кратера диаметром 70 км выделяется разрушительная энергия, в 10 000 раз большая, чем при самом катастрофичном в истории вулканическом извержении.

Как видим, по энергетике импактные явления вне конкуренции. Причём при импактном событии выделение энергии происходит за считаные секунды или даже за их малые доли, а вулканическое извержение может продолжаться от нескольких минут до многих часов, поэтому и результаты этих грозных явлений природы несравнимы.

Как протекает импактное событие?

Если в момент контакта скорость «ударника» более 5 км/с, он потеряет её, зарывшись в грунт, и большая часть кинетической энергии мгновенно превратится в тепловую и механическую. При скорости более 15 км/с в пар превратится не только вещество

«ударника», но и окружающие его земные породы. Невероятная скорость этих превращений порождает энергию высочайшей плотности, которая обеспечивает столь же быстрое возрастание температуры и давления. Это, в свою очередь, дает импульс необычайно скоростного течения тепловых и механических процессов. Достаточно сказать, что скорость механического деформирования горных пород под действием взрыва астероида в миллиарды миллиардов раз (10^{18}!) больше, чем во время землетрясений.

В момент удара и торможения сначала возникает ударная волна сжатия в земных породах и в веществе «ударника». За миллиардные доли секунды сила сжатия достигает поистине фантастических величин — сотен гигапаскалей. Это приводит к мгновенному разогреву контактирующего вещества до десятков тысяч градусов. Максимум через несколько секунд после удара и сжатия наступает разрежение.

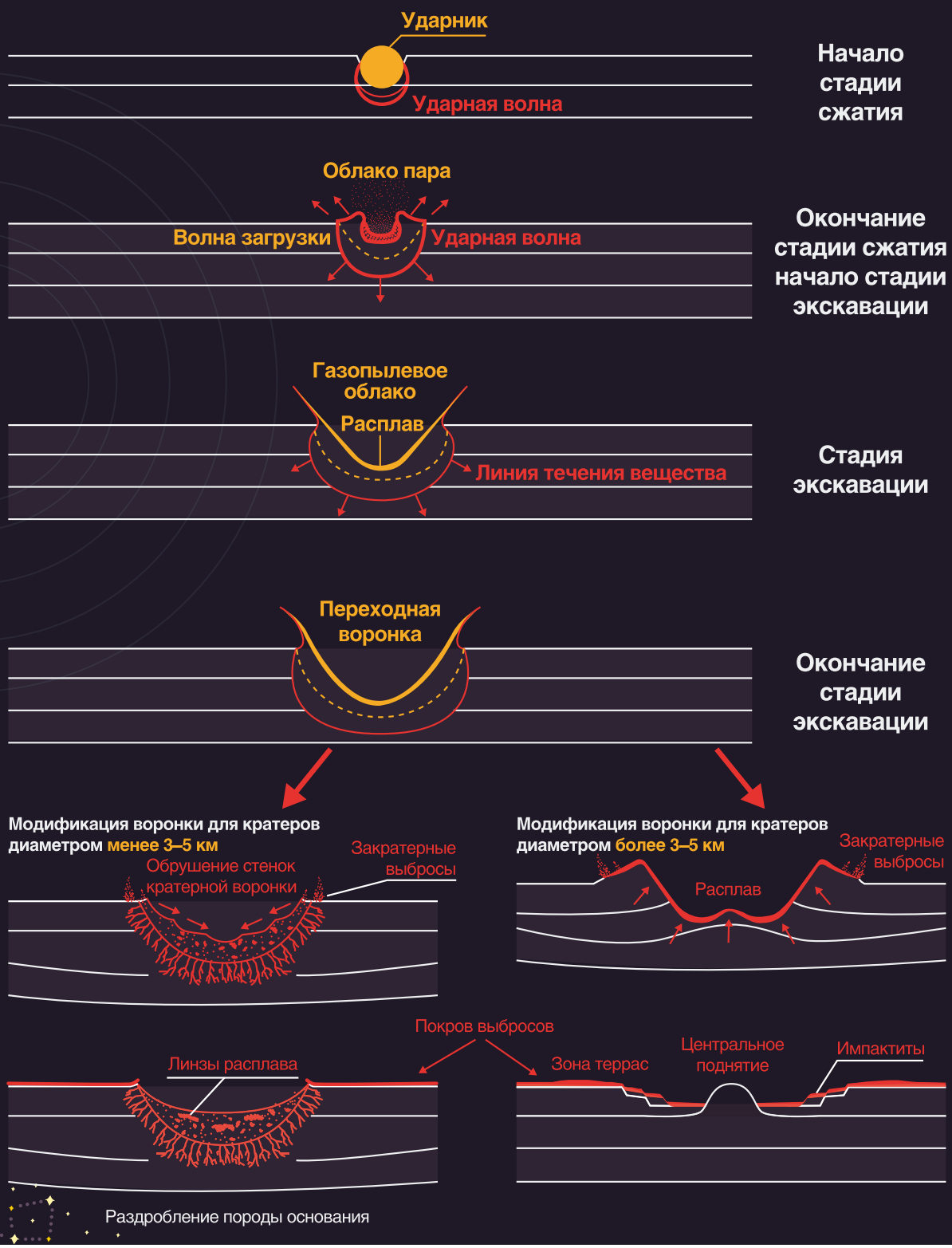
Происходящее образно описывает Л.П. Хрянина: «От точки взрыва распространяется ударная волна, имеющая шаровидный фронт. Наверху породы сначала вспучиваются, потом появляются яркие языки плазмы. Затем кровля этого «пузыря» раскрывается во все стороны подобно распускающемуся цветку, и тонкие края её падают на землю в перевёрнутом положении. Эта перевёрнутая складка на валу — один из признаков метеоритных кратеров. Взрыв выбрасывает вверх массу обломков, которые в дальнейшем обрушатся как на дно образовавшегося кратера, так и за его пределы».

Космическая бомбардировка Земли в представлении художника

Такая последовательность событий связана с тем, что в самом центре, где развивается многотысячная температура, происходит мгновенное испарение вещества и разлёт образующихся газов — т.е. взрыв. Несколько дальше от центра возникает зона плавления вещества земных пород и «ударника» с температурой более 1500 °С, вне её образуется зона механического воздействия — дробления, метаморфизма горных пород. И все это взрывной волной разбрасывается вокруг со скоростью несколько километров в секунду. Раскалённый огненный шар расширяется до тех пор, пока давление внутри его не сравняется с давлением окружающего воздуха. Из-за высокой температуры шар устремляется вверх. При этом он начнёт «выворачиваться наизнанку» и превратится в грибообразное облако, как при ядерном взрыве. При соответствующем размере и скорости «ударника» облако пара вместе с подхваченными им кусками пород и взвесью достигнет стратосферы, где и рассеется. В процессе взрыва могут образоваться и разнестись на огромные расстояния застывшие после расплава стекловидные камешки и шарики — тектиты и микротектиты.

После скоротечного образования кратера формирование астроблемы не заканчивается. Идет кристаллизация расплавленных пород, обрушение краёв кратера, под дей-

Процесс образования кратеров



ствием водных потоков и ветра происходит деформация поверхности, перемешивание образовавшихся пород — импактитов. В некоторых случаях импактное событие может спровоцировать землетрясение, подъём и вторжение (интрузию) магмы в образовавшиеся при взрыве трещины в подстилающих породах, вулканические извержения. Но все эти процессы уже длятся многие тысячи и миллионы лет.

Если учесть все обнаруженные астроблемы на достаточно хорошо изученной территории Северной Америки и Европы и считать, что весь земной шар подвергался космической бомбардировке такой же интенсивности, можно попытаться оценить размеры и число образовавших их астероидов. Это позволяет также найти концентрацию опасных астероидов в околоземном космическом пространстве на протяжении фанерозоя. Некоторые расчёты показывают, что за 570 млн лет фанерозоя выпало около 200 астероидов размером 3,5 ± 1,0 км. Следовательно, такие падения происходили в среднем каждые 2,9 млн лет. Разрушительное действие «ударников» зависело от их скорости и состава. Столкновение с железным астероидом при прочих равных условиях значительно опаснее, чем с каменным. Согласно некоторым расчётам, максимальный размер астероида, с которым могла столкнуться наша планета за последние почти 600 млн лет (длительность фанерозоя), достигает 15,6 ± 4,7 км. При плотности 4 г см^3 он может иметь массу до $8 \cdot 10^{18}$ г или 8 трлн тонн, а энергию удара $7 \cdot 10^{24}$ Дж. При падении на твёрдую поверхность Земли взрыв оставит след в виде кратера поперечником 110 км.

Падения крупных астероидов случаются, вероятно, значительно чаще кометных ливней. Причём выпадают они, судя по обследованным взрывным кратерам, не группами, а поодиночке и с разными интервалами.

КРУПНЕЙШИЕ АСТРОБЛЕМЫ ПЛАНЕТЫ

В последнее время российская учёная Л.П. Хрянина и канадский исследователь Д. Мак-Ларен независимо пришли к убеждению, что длительное массовое вымирание в миоцене и в начале плиоцена (на эти две эпохи делится неогеновый период), как и наступление очередного великого оледенения, вызвано падением астероида в Антарктике, в прибрежной зоне Южного океана. Астероид был так велик, что вызвал страшной силы взрыв с образованием одной из самых крупных «звёздных ран» на теле планеты — 500-километрового кратера Баурс.

Эта катастрофа случилась менее 30 млн лет назад. В то время Антарктида была мало похожа на современный ледяной материк. Трудно поверить, но тогда на этом материке ледники лежали только высоко в горах, а всю её равнинную часть покрывали разнотравье, кустарники и широколиственные леса. Материковое оледенение началось лишь 22–25 млн лет назад. С чем связано резкое изменение климата Антарктики?

Более 20 млн лет назад, в начале миоцена, наряду с развитием материкового оледенения Антарктиды море Росса вдруг лишилось ледникового покрова и фауна испытала мощное развитие. Это удалось установить, анализируя осадки, добытые буровой установкой с борта исследовательского корабля «Гломар Челленджер».

К удивлению учёных, в слоях того времени органические остатки составляли до 40%, а в отдельных случаях и до 90%. Толщина слоя, богатого органикой, и некоторые другие данные свидетельствуют, что период потепления в море Росса длился от одного до полутора миллионов лет. Бурение вскрыло также двадцатиметровый слой брекчии — каменных обломков разных размеров и различного состава, сцементированных более мелкими частицами. Поверхность камней покрыта трещинами с острыми крючковатыми краями. Специалисты, изучавшие эти отложения, назвали их реголитом — за сходство со «спекшимся» лунным грунтом, переработанным метеоритной эрозией.

Антарктида

Характер брекчий и изменённая структура лежащих непосредственно под ними слоёв мрамора и гнейса свидетельствует о том, что в далёком прошлом здесь взорвался очень крупный астероид. Результатом взрыва, скорей всего, можно объяснить обнаруженную в отложениях этого периода беспорядочную «мешанину» остатков фауны миоцена и плиоцена, а также раздробленность раковин устриц.

В дальнейшем в прибрежной части материка и в море Росса с помощью сейсмических исследований удалось обнаружить впадину древнего взрывного кратера диаметром около 500 км (!) и глубиной больше 4 км. Определение возраста пород, лежащих на дне ископаемого кратера, показало, что катастрофическое падение астероида произошло 27–30 млн лет назад. Это грандиозное разрушительное событие отразилось в геологии Антарктики. Тому далёкому времени соответствует размыв пород в Тасмановом море и отложений шельфа всего материка. Вероятно, с этой катастрофой связано и образование пролива Дрейка, разделяющего Антарктиду и Южную Америку.

Но главное — столь масштабный взрыв должен был привести к изменению климатических условий.

Какая же экологическая катастрофа должна была последовать за взрывом, создавшим в теле планеты 500-километровую рану! Образование кратера Баурс с испарением колоссальных масс воды и твёрдых пород неизбежно привело к резкому похолоданию. К тому же в тот период истории Земли произошли и другие катастрофические столкновения с астероидами.

Исследования советских учёных показали, что на раннем этапе своего существования («догеологический» период) наша планета пережила самую сильную в её истории атаку со стороны ансамбля так называемых планетезималей. Об этом свидетельствуют следы той бомбардировки, сохранившиеся на «теле» нашей космической соседки — Луны. Полагают, что за первые 600 млн лет на Земле от ударов космических тел размерами несколько десятков километров могло образоваться 25 бассейнов поперечником около 1000 км и тысячи кратеров диаметром более 100 км. Удары и взрывы вызывали разогрев всего тела Земли, приводили к массовому плавлению коры и мантии, а также к подъему по образовавшимся трещинам глубинных потоков магмы, которые заливали возникшие от ударов обширные понижения земной поверхности. В то время наша планета своим видом и свойствами поверхности напоминала Луну.

Поскольку следы тех далёких событий почти полностью стёрты позднейшими геологическими процессами, свои представления о ранней Земле учёные основывают на сравнительном изучении нашей планеты и других небесных тел, поскольку Луна, Меркурий, некоторые спутники планет-гигантов гораздо лучше сохранили следы своего далёкого прошлого.

ЕЩЁ В 1964 г. Р. ДИТЦ ВЫДВИНУЛ ГИПОТЕЗУ, ЧТО САМЫЙ БОЛЬШОЙ ОКЕАН ПЛАНЕТЫ — ТИХИЙ — ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ СТРУКТУРУ УДАРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.

Ещё в 1964 г. Р. Дитц выдвинул гипотезу, что самый большой океан планеты — Тихий — представляет собой структуру ударного происхождения. Если это действительно так, то при катастрофическом ударе планета могла лишиться значительной части земной коры. На дне колоссального кратера должны были образоваться радиальные и кольцевые разломы коры, достигавшие мантии. Поскольку давление в мантийных слоях выше, чем в земной коре, магма вытеснялась к поверхности и изливалась в центральной части кратера. Так на месте «ран» могли образоваться своеобразные «пластыри» базальтов. Описанный процесс в наше время можно наблюдать в срединно-океанических хребтах — рифтовых зонах — местах растяжений и разломов в земной коре. По мнению Р. Дитца, эти хребты, в которых образуется новая кора, могут быть способом залечивания ран в земной коре, возникших от ударов наиболее массивных астероидов.

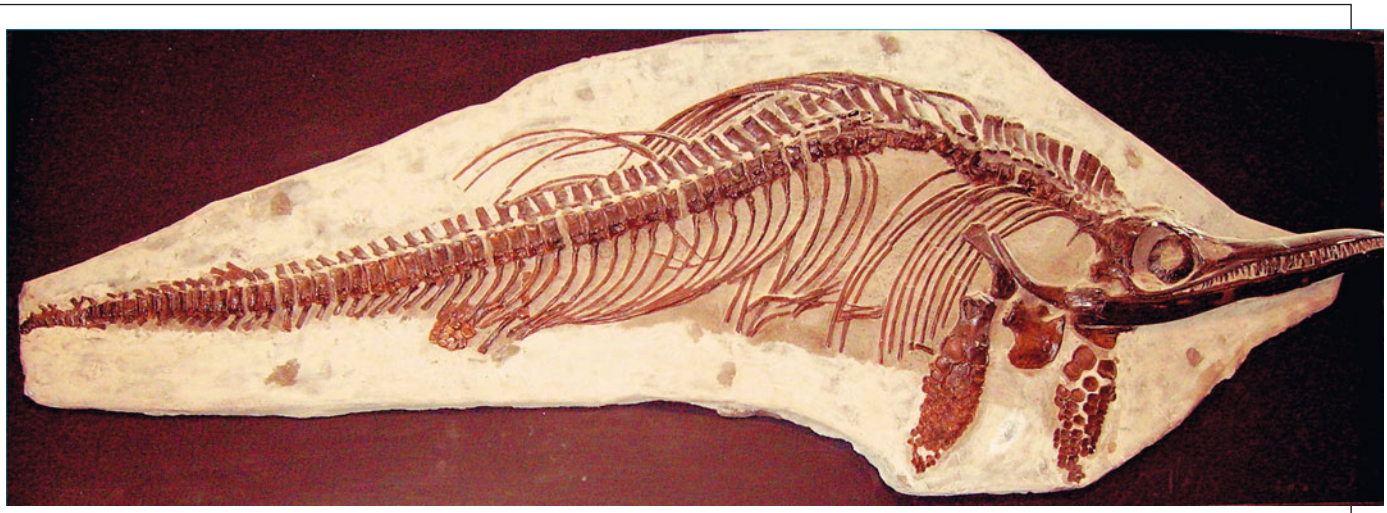
Ясно, что поиск и исследование астроблем на Земле должны быть продолжены, т. к. это имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение для определения вероятности космических катастроф в будущем.

ОТЧЕГО ПОГИБЛИ ДИНОЗАВРЫ?

На протяжении многих десятилетий палеонтологи ломали голову в попытках найти объяснение внезапному исчезновению многих видов животных, которое произошло в конце мелового периода истории планеты. Обычно при этом вспоминают о гибели динозавров. На самом деле тогда с лица земли исчезли более сотни видов рептилий, включая летающих ящеров — птеродактилей и предпочитавших водную стихию плезиозавров. А ведь до катастрофы на протяжении почти 150 млн лет пресмыкающиеся занимали главенствующее положение в животном царстве планеты. На рубеже мелового и палеогенового периодов в океанах погибли почти все виды моллюсков, включая широко распространённых белемнитов и аммонитов, закрученные раковины которых являются украшением многих коллекций окаменелостей. Погиб даже планктон — водные микроорганизмы. Но многие учёные в связи с глобальной катастрофой, случившейся 65 млн лет назад, вспоминают лишь о гибели гигантов-динозавров. Почему?

Такой стереотип сложился благодаря кино и телевидению, не раз показывавших нам этих животных — действительно крупнейших из когда-либо ходивших по земной поверхности. Мир динозавров (в переводе «ужасные ящеры»), процветавших в мезозойскую эру, был многообразен. Особо выделялся среди хищных динозавров мелового периода тираннозавр (Tyrannosaurus rex) — длина его тела превышала 15 м. В мезозойскую эру произошёл расцвет морских рептилий, среди которых до мелового периода дожили ихтиозавры («рыбоящеры»), внешне похожие на дельфинов и достигавшие в длину 12 м. Это были первые живородящие рептилии, все другие, существовавшие до них, откладывали яйца. Ещё один вид водных рептилий — плезиозавры — внешне напоминали некоторые виды динозавров. Те и другие обитатели морей были хищниками.

Известный отечественный исследователь массовых вымираний в истории Земли профессор МГУ А.С. Алексеев произвёл оценку «потерь» в эпоху мел-палеогенового кризиса для 9 групп животных, включая динозавров, кораллы, моллюсков, морских



Окаменевший скелет ихтиозавра, жившего на Земле 230—290 млн лет назад

звёзд и морских лилий, костистых рыб — всего 3838 видов. Оказалось, что 90% видов этих животных исчезло. Всего же в кризисный период вымерло около 50% родов. Массовое вымирание организмов оказалось столь катастрофическим, что только лишь спустя 12–15 млн лет разнообразие живых организмов на Земле стало увеличиваться.

Череп тираннозавра

Такое поистине великое вымирание можно объяснить только глобальной катастрофой. Наиболее естественным учёным казалось следующее объяснение: гибель гигантских рептилий наступила из-за начавшегося как раз в это время очередного периода оледенения и связанного с ним резкого снижения температуры. Поскольку пресмыкающиеся ящеры, в отличие от теплокровных млекопитающих, не могут поддерживать постоянную температуру тела, наступившие холода привели их к гибели. Все, казалось бы, логично. Но дело в том, что «кладбища» динозавров находят и в отложениях, которые могли накопиться только в районах с тёплым и влажным климатом. Массовое кладбище с окаменелостями сотен тысяч ископаемых существ обнаружили палеонтологи в американском штате Юта. О сенсационном открытии ученые сообщили в журнале «Nature» 5 мая 2005 г. Множество оригинальных находок и реконструкций древних обитателей Земли теперь можно видеть в экспозиции Музея естествознания Университета Юты.

65 МЛН ЛЕТ ТОМУ НАЗАД В ЗЕМЛЮ С КОСМИЧЕСКОЙ СКОРОСТЬЮ ВРЕЗАЛОСЬ НЕБЕСНОЕ ТЕЛО ДИАМЕТРОМ ОКОЛО 10–15 КИЛОМЕТРОВ.

Некоторые исследователи высказывали предположение, что вымирание динозавров связано с геологическими катастрофами — землетрясениями и вулканическими извержениями, которые привели к климатическим изменениям, гибельным для гигантских пресмыкающихся. Но наука не знает случаев глобальных геологических катастроф такой мощности.

По мнению других учёных, всему виной — конкурентная борьба видов за существование, в ходе которой более «продвинутые» и приспособленные к меняющимся условиям млекопитающие «победили» неповоротливых «отсталых» гигантов. Но до настоящего времени в природе сосуществуют и млекопитающие, и пресмыкающиеся.

Сегодня многие специалисты считают причиной этих глобальных потрясений падение на Землю астероида.

Известный физик лауреат Нобелевской премии Луис Альварес из Калифорнийского университета вместе со своим сыном — геологом Уолтером Альваресом исследовали глинистые отложения тех времён, взятые в районе итальянского городка Губбио. Результат оказался поразительным: содержание иридия в 30 раз превышало его концентрацию в выше и ниже лежавших породах. Иридий постоянно поступает к земной поверхности с метеорным веществом и метеоритами. Но здесь его содержание оказалось аномально высоким. Свою гипотезу о космической природе вымирания динозавров, подкреплённую результатами исследований, Альваресы опубликовали в 1980 г. Ещё до американских исследователей голландские геохимики Я. Смит и И. Хертоген в тех же пограничных слоях мелового и палеогенового возраста в Испании обнаружили повышенное содержание иридия и осмия. Причём в глинах, относящихся к тому же геологическому времени, которые были доставлены из Испании и позднее из Бельгии, иридия оказалось больше уже в сотни раз!

В центральной части астроблемы Чиксулуб — маленькое озеро

Расчеты учёных позволили представить возможный сценарий катастрофы.

65 млн лет тому назад в Землю с космической скоростью врезалось небесное тело диаметром около 10–15 километров. Вызванный этим взрыв выбросил в атмосферу «гриб» вещества по массе в 100 раз больший массы упавшего тела. Этого было достаточно, чтобы в стратосфере Земли образовался непрозрачный слой пыли и капелек серной кислоты, который почти перекрыл доступ к поверхности солнечного тепла и света. Планета на несколько месяцев, а может быть, и лет погрузилась в ночную тьму. Взрыв мог привести также к разрушению озонового слоя и к заражению окружающей среды окислами азота. В итоге погибла большая часть растений, служивших пищей для травоядных, которые поэтому также почти все вымерли. Гибельная цепь привела к смерти многих хищников. Мы видим, что вымирание происходило по пищевым цепям. Выжили лишь немногие виды мелких животных — млекопитающих, птиц, червей, насекомых, питавшихся продуктами разложения и друг другом. Именно сохранившиеся млекопитающие вскоре заселили нашу планету.

Чтобы установить место падения астероида, вызвавшего катастрофу, надо было отыскать астроблему подходящего размера и возраста. Учёным со временем как будто удалось это сделать. Оказалось, что несколько кратеров претендуют на роль «спусковых механизмов» великого массового вымирания. Большинство учёных, занимающихся этой

проблемой, считают, что кратер подходящего размера и возраста — Чиксулуб. Эта кольцевая структура выявлена в 1990 г. на севере полуострова Юкатан в Мексике вблизи деревни Чиксулуб. Астроблема Чиксулуб в наше время на земной поверхности почти не выделяется. Древний кратер давно укрыт позднейшими отложениями горных пород, а его северная половина к тому же находится под водами Мексиканского залива. Однако с помощью разнообразных, прежде всего космических методов удалось выяснить его структуру и примерные размеры.

Принято считать, что диаметр кратера около 200 км. Однако разные специалисты определяют вероятные размеры кратера от 180 до 300 км. Дно кратера сейчас оказалось под слоями известняка на глубине от 300 до 1000 м. Истинные размеры кратера Чиксулуб до настоящего времени являются предметом дискуссии учёных.

В любом случае энергия взрыва, способная «вырыть» такой огромный кратер, была достаточной, чтобы вызвать изменения в природе, которые привели к массовому вымиранию живых организмов. Мел-палеогенный возраст кратера был с достаточной точностью определён изотопным методом. Некоторые геологи считают, что в результате того удара образовался весь Мексиканский залив. Как оказалось, с границей мел-палеогена по возрасту совпадают ещё три кратера. Второй крупной кольцевой структурой примерно такого же возраста является Карский кратер, расположенный на севере Пай-Хоя на Полярном Урале. Его размер с учётом кольцевых террас 120 км. Возраст кратера, определённый разными методами, от 64,4 до 65,5 млн лет. Есть ещё два кратера меньшего размера — Мэнсон в США (35 км) и Болтыш на Украине (24 км). Найдены несколько небольших астроблем примерно того же возраста поперечником всего несколько километров. Быть может, несколько импактных событий, случившихся в разных местах Земли, внесли свой вклад в глобальную катастрофу конца мелового периода.

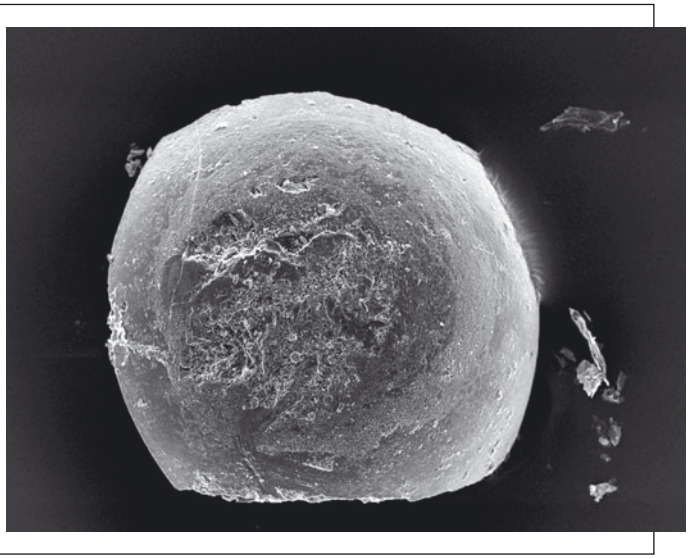
К НАСТОЯЩЕМУ ВРЕМЕНИ УЖЕ В ПОЛУТОРАСТА ПУНКТАХ ОБНАРУЖЕНО ПОВЫШЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИРИДИЯ — ЭТОГО СВОЕГО РОДА «КОСМИЧЕСКОГО МАРКЕРА».

У гипотезы глобальной космической катастрофы есть веские подтверждения. Слой отложений с высоким содержанием иридия обнаружен на границе мелового и палеогенового периодов не только в странах Европы, но и на дне Балтийского моря, Атлантического океана, а также в противоположном полушарии — в Новой Зеландии.

Много интересной информации появилось в результате исследования материала, извлечённого при бурении скважины в южной части Атлантического океана. Выяснилось, что на рубеже мел — палеоген резко снизилась биологическая продуктивность океана. Исследование слоя, обогащённого иридием, показало, что после импактного события

среднегодовая температура упала на 8 °С. В дальнейшем примерно на 50 000 лет наступил период медленного повышения температуры на 2–10 °С. При таком изменении температурных условий в течение десятков тысяч лет могло случиться сравнительно быстрое вымирание фаунистических групп, включая динозавров.

К настоящему времени уже в полутораста пунктах обнаружено повышенное содержание иридия — этого своего рода «космического маркера». К тому же в этих местах не только содержание иридия, но и концентрация других элементов платиновой группы во многие десятки раз превышает уровень их обычного присутствия в земных отложениях. Обнаруженная концентрация соответствует «загрязнению» осадков метеоритным веществом на 5–7%. По мнению большинства специалистов, катастрофный слой представляет собой осаждённую пыль, поднятую в атмосферу взрывным ударом кометы или астероида.



На фотографии, полученной с помощью электронного микроскопа, хорошо видна сферула диаметром 40 миллимикрон

На основании данных о концентрации иридия в отложениях рубежа мел — палеоген учёные пытаются определить массу тела, вызвавшего катастрофу. Ведь пределы содержания редкоземельных элементов в метеоритах разного типа хорошо изучены.

Задача осложнялась тем, что концентрация иридия в пограничном глинистом слое в разных местах различна, а порой даже опускается до нуля. Чем объяснить такие различия?

Различная концентрация иридия в разных местах может быть обусловлена как минимум двумя причинами:

- во-первых, воздушные массы вряд ли равномерно могли рассеять по планете испарившееся при взрыве вещество «ударника»;
- во-вторых, отложения продуктов взрыва в некоторых местах наверняка в дальнейшем были вскрыты водой или ветром, а потом ими же снесены к новому месту осадконакоплений. Этим же, скорее всего, можно объяснить залегание переотложенного слоя иридия в более поздних горизонтах.

Рассчитанная группой московских учёных глобальная масса иридия в отложениях приблизительно составляет $4{,}5 \cdot 10^{11}$ г (450 000 т).

Эти же авторы на основе соотношений иридия с другими принесёнными «ударником» элементами установили, что, скорее всего, гибель динозавров и других видов животных и растений принёс на Землю астероид типа «**С**». Напомним, что такие астероиды по своей природе близки к каменным метеоритам типа углистых хондритов. Для большей

надёжности получаемых результатов в первую очередь учитывали аномальное содержание элементов-маркеров в наиболее полных разрезах морских отложений, сложенных карбонатным материалом, т.к. именно они меньше всего содержат те же элементы земного происхождения.

В отложениях конца мелового периода найдено много следов внутренней активности земной литосферы. В это время отмечено одно из самых грандиозных наступлений океана на сушу (трансгрессия). Уровень океана был на 200–300 м выше, чем в наши дни. В то же время некоторые участки земной коры испытали поднятие. Это подтверждает исследование слоёв горных пород на Южном Урале, в Саратовской области, Горном Крыму и в Южной Америке. Однако на исходе мелового периода учёные выявили кратковременные углубления морей в том же Крыму и в Саратовской области, а также в Прикаспии — в районе Мангышлакского полуострова, на севере Западной Европы, в других районах. Такие местные поднятия и опускания отдельных участков земной поверхности говорят о мощных внутренних процессах в земной коре.

На рубеже мел — палеоген найдены отложения, которые геологи называют цунамигенными, т.е. принесёнными огромными волнами цунами. Сначала, в 1987 г., их нашли на территории США в Техасе. Позднее — по всему побережью Мексиканского залива, в географической близости от предполагаемого места импактного события. В разных местах толщина цунамигенных слоёв колеблется от 2 до 4 м. Судя по структуре отложений, огромная волна 9 раз накрывала значительные области суши.

Так представил художник, как крупный астероид врезается в планету Земля

Волны цунами оставили свои следы и на противоположной стороне Атлантики. На юге Голландии в подземных каменоломнях Геулхеммерберг на самой границе мел — палеоген обнаружена значительно менее мощная, чем в Америке, «пачка» цунамигенных слоёв. Здесь можно наблюдать тонкое чередование слоёв (1–1,5 см) грубых песчанистых известняков и чистых глин. Учёные объясняют их происхождение действием наступавших и отступавших штормовых волн цунами на опустившиеся в конце мела низменности. Похожие отложения обнаружены в Польше, в Крыму и других удалённых от импактного взрыва районах. Всё это подтверждает давнее предположение учёных, что столь мощный взрыв должен был привести к образованию цунами и вызвать масштабные наводнения.

Все эти факты указывают на то, что на рубеже мел — палеоген Земля столкнулась с одним или несколькими астероидами, что и привело в конечном счёте к катастрофическим последствиям для значительной части биосферы планеты. Взрывы выбросили в воздух колоссальные массы пыли и водяного пара. Взрывная волна вызвала цунами, волны которой одна за другой обрушивались на сушу. Разразившиеся грозы привели к многочисленным пожарам, которые благодаря поднявшимся штормовым ветрам распространились на огромные территории. В результате импактного события и пожаров атмосфера Земли на длительное время стала почти непрозрачной

Как вымерли динозавры?

Многие учёные считают, что гибель **гигантов-динозавров** случилась в связи с глобальной катастрофой, случившейся **65 млн лет назад.**

Самые крупные динозавры

Тиранозавр

Длина тела: **15 м**

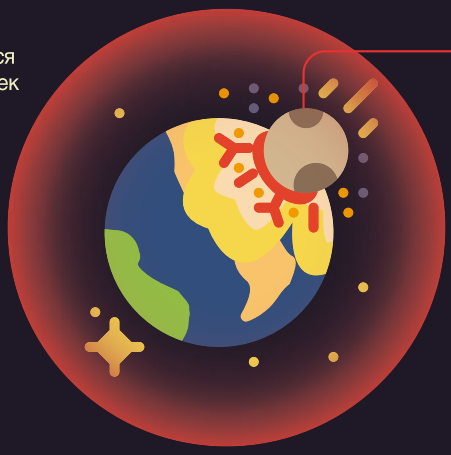
Ихтиозавр

Длина тела: **12 м**

«Потери» в эпоху мелпалеогенового кризиса для 9 групп животных, включая динозавров, кораллы, моллюсков, морских звёзд и морских лилий, костистых рыб — всего **3838** видов, по оценке профессора МГУ А.С. Алексеева.

Всего же в кризисный период **вымерло** около **50% родов.**

В стратосфере Земли образовался непрозрачный слой пыли и капелек серной кислоты, который почти перекрыл доступ к поверхности солнечного тепла и света. Планета на несколько месяцев, а может быть, и лет погрузилась в ночную тьму.



10–15 км

диаметр небесного тела, врезавшегося в Землю.

«Гриб» вещества по массе был **в 100 раз больше** массы упавшего тела.

Анализ глинистых отложений тех времён (взяты в районе итальянского городка Губбио) показал содержание **иридия в 30 раз** больше, чем в выше и ниже лежавших породах.

Чиксулуб

180–300 км

Размеры кратера

300–1000 м

Глубина кратера

Большинство учёных, занимающихся этой проблемой, считают, что кратер подходящего размера и возраста — Чиксулуб. Эта кольцевая структура выявлена в 1990 г. на севере полуострова Юкатан в Мексике вблизи деревни Чиксулуб.

для солнечных лучей. Это, а также начавшиеся кислотные ливни привели почти к полной приостановке процесса фотосинтеза у фитопланктона. Судя по отложениям этого времени, большая часть планктона с известковым скелетом погибла. Поскольку планктон являлся основой пищи для многих морских обитателей, которые, в свою очередь, были кормом для морских хищников, волна массового вымирания прокатилась по всем океанам. Изменившиеся природно-климатические условия привели к резкому сокращению растительных сообществ на суше. Их место стали занимать папоротниковые и моховые сообщества. Со временем их вытеснили и сменили холодолюбивые леса. Таким образом, исчезла привычная растительная база для рептилий, обитавших на суше и в пресноводных бассейнах. Это привело к полному вымиранию по пищевой цепочке гигантских растительноядных и хищных ящеров и в этой среде обитания. Существовавшие в то время мелкие млекопитающие скрылись в норах, «пересидели» там это страшное время, а когда природные условия несколько улучшились и стабилизировались, вновь «вышли на волю». В дальнейшем, занимая освободившиеся экологические ниши, млекопитающие стали бурно развиваться и распространяться по планете.

ВОЗМОЖНО, ПРИЧИНОЙ НАЧАВШЕГОСЯ РАНЕЕ ВЫМИРАНИЯ БЫЛ АКТИВНЫЙ ВУЛКАНИЗМ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ.

Вместе с тем специалисты полагают, что возникший биотический кризис наложился на уже происходивший по другим естественным причинам процесс сокращения разнообразия таких групп, как аммониты, белемниты и некоторые другие. Этот вывод палеонтологи делают на основании исследований окаменевших остатков вымерших организмов в отложениях, сформировавшихся ещё до космической катастрофы. Возможно, причиной начавшегося ранее вымирания был активный вулканизм и его последствия. Или же падение астероидов стало мощной добавкой к гораздо более длительному процессу последовательного падения на Землю нескольких комет.

В последнее время гипотеза Альвареса о космической причине гибели многих видов животных в конце мелового периода получает всё более широкое признание и поддерживается многими учёными.

МАССОВЫЕ ВЫМИРАНИЯ — СЛЕДСТВИЕ КОСМИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ?

Геолог С.А. Вишневский в одной из своих работ справедливо заметил, что ещё несколько десятилетий тому назад почти все исследователи изучали Землю как тело, изолированное от влияния космоса. Но уже в начале XX в. были такие провидцы, как К.Э. Циолковский, В.И. Вернадский, А.Л. Чижевский и другие, которые в своих пионер-

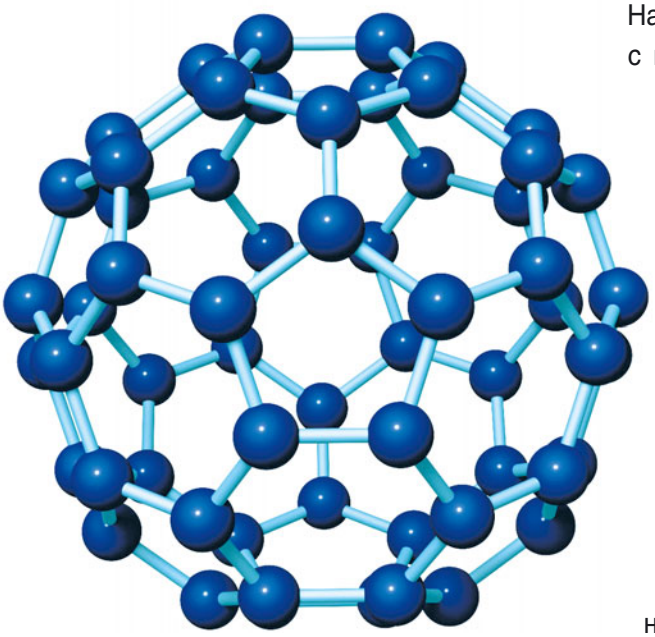
ских работах обосновали неразрывную связь и взаимодействие Земли и космоса. С середины XX века сначала в астрономии, планетологии, метеоритике, а спустя десятилетия — в науках, изучающих нашу планету, стало проявляться понимание огромного влияния на Землю космических воздействий.

Является ли великое массовое вымирание животных и растений на рубеже мелового и палеогенового периодов исключительным в истории Земли или катастрофы, приходящие из космоса, вполне закономерны?

Есть по крайней мере два обстоятельства, которые заставляют всерьёз рассматривать космическую угрозу. Во-первых, как нам уже известно, на Земле, Луне, других планетах и спутниках, имеющих твёрдую непластичную поверхность, сохранились следы многократных катастрофических столкновений с другими небесными телами. Говорили мы и о других космических опасностях.

Во-вторых, по данным палеонтологии, на протяжении истории Земли не раз происходили массовые вымирания живых организмов. Только во время фанерозоя это случалось около полутора десятков раз.

Попробуем сопоставить эти ряды событий, а также рассмотрим другие возможные причины биологических катастроф. Вообще говоря, вымирание групп организмов на Земле — процесс естественный и постоянный. Одни группы вымирают, их экологические ниши занимают вновь появляющиеся. Для достаточно продолжительных и спокойных периодов геологической истории скорость и интенсивность этого процесса различны и являются определённым фоном, на котором разыгрываются настоящие биотические кризисы. (Биота — совокупность микроорганизмов, животных и растений.) Во время кризисов происходит кратковременное, по геологическим масштабам, массовое вымирание большого числа организмов, принадлежащих различным систематическим и экологическим группам. В итоге на миллионы лет видовое и родовое разнообразие биосферы на планете снижается.



Строение фуллерена – сложной молекулы углерода

Начало биотического кризиса совпадает с каким-либо кратковременным событием в природе, которое нарушает спокойное течение жизни, дестабилизирует биосферу. Катастрофические изменения в условиях обитания организмов приводят к «ливнеподобному» массовому вымиранию. Процесс вымирания длится значительно дольше, чем событие, которое его породило. Вымирание может продолжаться сотни тысяч лет. Причём разные группы организмов исчезают с различной скоростью. Такая «замедленная реакция» биосферы даже на очень мощное, но кратковременное воздей-

ствие объясняется двумя основными причинами. Во-первых, громадностью и сложностью биосферы, взаимной связанностью её элементов. Поэтому даже на планетарную катастрофу она реагирует не сразу, а постепенно. Во-вторых, биосфера обладает способностью к саморегулированию и потому является системой весьма устойчивой. Биосфера как бы стремится залечить нанесённую ей травму, восстановить нарушенное равновесие. Это стремление присуще и самой биосфере, и тем оболочкам планеты, которые она охватывает (атмосфере, гидросфере, литосфере). Далеко не каждое даже мощное воздействие способно привести к значительным изменениям биосферы. Только если случившееся событие обладает мощностью выше некоторого критического рубежа, наступает кризисная перестройка биосферы, сопровождаемая особенно масштабными вымираниями.

ВЕЛИКИЕ МАССОВЫЕ ВЫМИРАНИЯ ИГРАЮТ ОЧЕНЬ БОЛЬШУЮ РОЛЬ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ.

В 1995 г. была опубликована работа Дж. Сепкоски, который обобщил сведения о 34 625 вымерших в фанерозое родах морских животных. По данным этого исследования, на фоне непрерывного вымирания выделяются периоды с очень высоким уровнем вымираний. Их назвали эпохами массовых вымираний. Но среди них есть эпохи наиболее катастрофические. Такие события называют великими массовыми вымираниями. Вымирания меньшего масштаба учёные называют малыми. По характеру развития они бывают постепенными, катастрофическими и ступенчатыми.

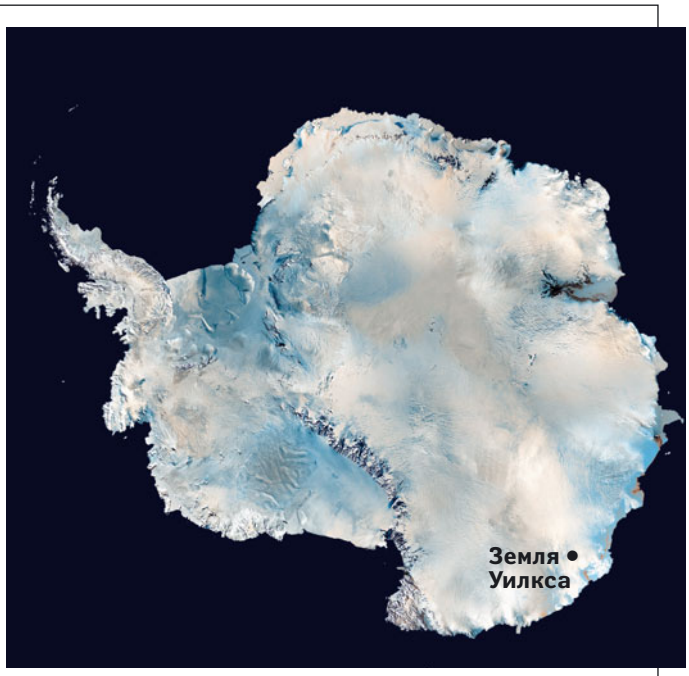
Великие массовые вымирания играют очень большую роль в биологической эволюции. Порой они меняют направление развития жизни на Земле. Причем предвидеть, по какому пути пойдёт после катастрофы и массового вымирания развитие жизни, на основании предыдущей истории невозможно.

Для предсказания возможности катастроф различного масштаба в будущем и определения их потенциальной периодичности необходимо установить причины таких событий в прошлом.

По мнению А. С. Алексеева, существует цепочка событий, характеризующих биотический кризис, каждое из которых является причиной для последующего. Следовательно, надо говорить о системе причин. Начинать надо с поиска первого звена в цепочке причин. Сегодня учёные установили: в геологической истории не раз случались глобальные катастрофы космического происхождения, некоторые из которых действительно приводили к резким изменениям в ходе геологической и биологической эволюции.

Великие массовые вымирания случались на рубеже периодов ордовик — силур, пермь — триас, триас — юра и мел — палеоген. На шкале геохронологии фанерозоя вы видите, что катастрофические вымирания были около 430, 240, 200 и 65 миллионов лет тому назад. Беспримерным по масштабам было пермско-триасовое великое массовое вымирание, оно произошло около 240–250 млн лет тому назад. Тогда с лица Земли

исчезли примерно половина семейств и свыше 80% родов всех морских животных. Оно, как говорят учёные, «сдвинуло часы эволюции». Это вымирание даже по геологическим меркам отличалось особой длительностью. Космическая природа этой величайшей катастрофы у учёных давно не вызывает сомнения. В слоях горных пород пограничного периода была установлена необычно высокая концентрация сложных молекул углерода — так называемых фуллеренов. Каждый фуллерен представляет собой сферу из 60 (и более) атомов углерода, заполненную атомами благородных газов гелия и аргона. Изотопные соотношения для этих благородных газов сильно отличаются от земных и могут образоваться в атмосферах углеродных звёзд, где давление и температуры достаточно велики, чтобы связать гелий и аргон внутри молекул фуллеренов. Причём возникли они задолго до формирования Солнца и планет. Следовательно, такие сложные молекулы, скорее всего, могли быть занесены из космоса на Землю небесным телом — крупным астероидом или ядром кометы.



Фотография Антарктиды, сделанная со спутника

Если в мел-палеогеновой катастрофе ученые давно «обвиняют» астероид, взорвавшийся на полуострове Юкатан, то место космического удара, вызвавшее великое пермско-триасовое вымирание, долго выявить не удавалось. Было ясно, что врезавшееся в Землю небесное тело должно было иметь поперечник не менее 6–12 км, т.е. сравнимо с астероидом, удар которого 65 миллионов лет назад положил предел эпохе динозавров.

Только в начале XXI в. с помощью современных исследовательских методов с высокой степенью достоверности было определено место падения астероида. В 2006 г. в Антарктике был открыт самый большой на Земле метеоритный кратер. Приборы спутника «GRACE» космического агентства NASA отмечали малейшие смещения ледяных пластов. Характер смещений зависит от рельефа, по которому медленно скользят ледяные массы. Так удалось получить представление о строении подлёдной поверхности Антарктиды. В частности, была обнаружена 482-километровая кольцевая структура на Земле Уилкса в Антарктиде. Такой гигантский кратер мог «вырыть» взрывной удар астероида диаметром около 50 километров! Нашлось и иное подтверждение сказанному. Другой летательный аппарат, оснащённый гравиметром — прибором, измеряющим вариации силы земного притяжения, обнаружил в том же районе Антарктиды округлую область диаметром более 300 км

с аномально высокой силой притяжения. Это можно было объяснить относительно более высокой массивностью залегающих здесь горных пород. Области повышенной концентрации масс геологи называют масконами (сокращение от английских слов mass concentration). Благодаря космическим аппаратам масконы впервые были обнаружены на Луне, где их оказалось около двух десятков. Они располагаются под морскими бассейнами, имеющими округлую форму. Затем несколько масконов нашли на Земле. Есть масконы и на Марсе. Однако вернёмся к кольцевой структуре, открытой в Антарктике. Наложение гравитационной «картинки» маскона на радарное изображение кратера показывает их генетическую связь. Маскон центрально расположен в пределах кольцеобразного горного хребта, ограничивающего кратер Земля Уилкса.

Суперконтинент Пангея существовал в конце палеозоя — начале мезозоя

Какова природа концентрации масс? Масконы образуются в местах падения на поверхность планеты с космической скоростью наиболее крупных астероидов или комет. Мощный удар вызывает встречный подъём плотных масс мантии и внедрение их в лежащие выше горизонты земной коры. Здесь под кратером мантийные массы остывают и задерживаются. Так рождаются масконы.

Наличие маскона, его сохранность позволяют судить о времени образования кратера. Под действием активных внутренних геологических процессов, характерных для нашей планеты, масконы постепенно разрушаются, а их фрагменты со временем смещаются относительно кратера. К примеру, под сопоставимым по размерам ударным кратером Вредфорт маскон отсутствует. И это вполне объяснимо: кратер Вредфорт на Юге Африки — древнейшая из известных на Земле ударных кольцевых структур — имеет возраст около 2 миллиардов лет.

ОБЛАСТИ ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МАСС
ГЕОЛОГИ НАЗЫВАЮТ МАСКОНАМИ.

Лишь на Луне, где внутренняя активность минимальна, крупные кольцевые структуры и масконы под ними могут сохраняться столь длительное время.

Состояние кратера и маскона на Земле Уилкса, сведения о геологической истории восточной части Антарктиды свидетельствуют о том, что этот гигантский кратер возник около 250 миллионов лет назад. И хоть удар космического «убийцы» пришёлся на безжизненные районы, последствия взрыва привели к гибели почти всего живого на Земле. Все протекало по уже известному нам сценарию, только в масштабе гораздо большем, чем во время мел-палеогеновой катастрофы. Выброшенные в воздух колоссальные мас-

сы продуктов взрыва и водяных паров, последовавшие мощнейшие вулканические извержения, излияние потоков лавы, лесные пожары — всё это резко изменило химический состав атмосферы, сделало её малопрозрачной для солнечных лучей. Ядовитые дожди отравили водные бассейны, растительный покров планеты. На много лет на Земле наступила непрерывная зима. Абсолютное большинство видов животных и растений не смогло приспособиться к изменившимся условиям. Началось великое массовое пермско-триасовое вымирание, длившееся не одно тысячелетие. Итогом катастрофы стало уничтожение 90% обитателей моря и 70% позвоночных на суше.

В команде, обнаружившей и исследующей кратер Земли Уилкса, работают учёные NASA и университетов США, специалисты из России и Южной Кореи. Учёные считают, что катастрофа произошла, когда земная суша была единым континентом, названным Пангея. Удар был так силён, что активизировал геологические процессы в глобальном масштабе. Специалисты обратили внимание, что крупнейшие за последние 300 миллионов лет площадные излияния лавы на полуострове Индостан и в Сибири по времени примерно совпадают с двумя наиболее известными катастрофическими космическими ударами.

Ближайшее к нам по времени массовое вымирание было всего 10–11 тысяч лет тому назад, т. е. произошло в четвертичный период, так сказать, на глазах первобытных людей. О нем мы ещё расскажем в связи с гибелью легендарной страны Атлантиды. За очень короткое время этого вымирания исчезла значительная часть родов и видов, по преимуществу наиболее крупных млекопитающих. Обычно говорят о вымерших гигантах Евразии — мамонтах. Но наряду с ними там же вымерли саблезубые тигры и шерстистые носороги, не стало мастодонтов и гигантских ленивцев в Америке, крупных сумчатых животных в Австралии, исчез гигантский лемур на Мадагаскаре и др. В то же время в морских отложениях это вымирание почти не прослеживается. И всё-таки изменение животного мира на суше оказалось настолько значительным, что специалисты назвали его «великой органической революцией».

Пыль и газ в туманности Карина. Снимок телескопа «Хаббл»

Существует ли закономерная периодичность в геологических и биологических событиях? Цикличность некоторых процессов в истории Земли геологи установили довольно давно. Так удалось проследить климатические изменения в масштабе планеты с перио-

дами 3, 11 и 22, 90–100 лет. Периодичность изменений климата находит своё отражение в ритмичном строении слоев осадочных пород в земной коре. Эта периодичность связана с циклами изменения активности Солнца.

Циклы изменений климата длительностью 19, 24, 43 и 100 тыс. лет, по теории М. Миланковича, могут быть связаны с изменениями ориентации в пространстве земной оси и вариациями орбитального движения Земли вокруг Солнца. Некоторые учёные полагают, что самые большие циклы в эволюции Земли и её биосфере длительностью в десятки и сотни миллионов лет имеют галактическую природу. Если брать во внимание четыре массовых вымирания, то никакой периодичности не прослеживается. Если же учитывать и малые вымирания, можно усмотреть их некоторую цикличность. Уже давно выдвигалось предположение, что массовые вымирания повторяются с периодом около 30 млн лет.

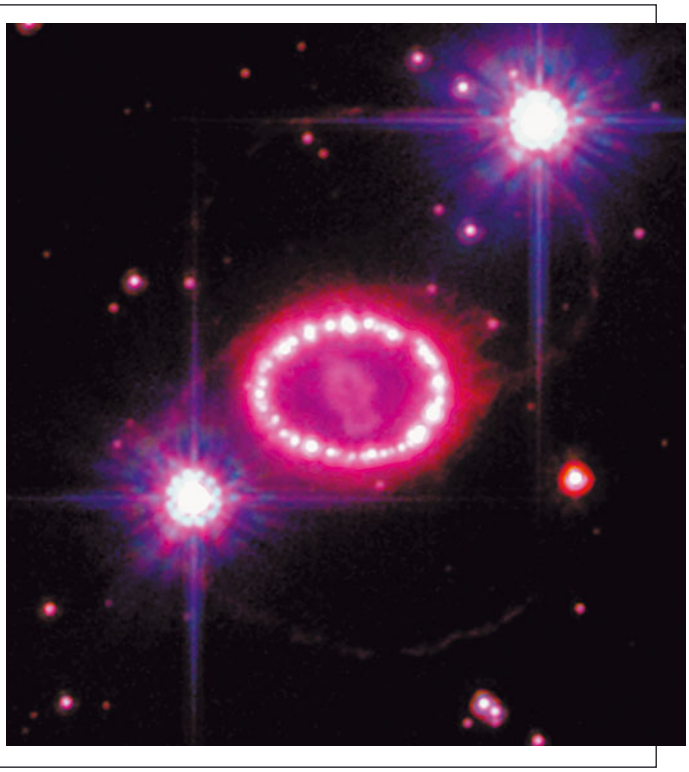
В 1954 г. ПРОФЕССОР МГУ П. П. ПАРЕНАГО УСТАНОВИЛ, ЧТО СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА В ТЕЧЕНИЕ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ГОДА ПЕРЕМЕЩАЕТСЯ НЕ ТОЛЬКО В ПЛОСКОСТИ ГАЛАКТИКИ, НО И ПОПЕРЁК ЕЁ.

Чередование периодов, когда Солнечная система то погружается на миллионы лет в спиральные ветви Галактики, изобилующие звёздами и межзвёздной материей, то попадает в области, гораздо менее наполненные веществом, не может не сказаться на характере взаимодействия Земли и космоса. По-разному в эти периоды должен происходить обмен веществом и энергией между космосом и сферами планеты: магнитной, воздушной, водной и каменной. Положение Солнечной системы в той или иной части Галактики оказывает влияние на интенсивность и состав идущих от звёзд первичных космических лучей, на напряжённость магнитного поля. Солнце и его ансамбль испытывают «гравитационные удары» при тесном сближении со звёздами и плотными пылевыми облаками. Такие «встряски», по-видимому, не проходят бесследно для процессов в ядре и мантии Земли. Они сказываются на «поведении» литосферных плит, движение которых становится интенсивнее. А это, как мы знаем, приводит к активному горообразованию, землетрясениям, к усилению вулканической деятельности. Влияние Галактики определяет также периодичность глобальной трансгрессии и регрессии (чередование наступлений и отступлений океана), изменяет состав атмосферы и гидросферы. Всё это может настолько ухудшить условия обитания живых организмов, что наступит период массового вымирания.

В 1954 г. профессор МГУ П. П. Паренаго установил, что Солнечная система в течение галактического года перемещается не только в плоскости Галактики, но и поперёк её.

Солнце со своей свитой оказывается то «выше» галактической плоскости, то «подныривает» под неё. Такие волнообразные колебания следуют одно за другим с периодом около 85 миллионов лет. Геологи, заинтересовавшиеся этим открытием, предположили, что именно поэтому каждые 38–45 млн лет из-за пересечения Солнечной системой плоскости Млечного Пути и наступают эпохи наиболее активного горообразования.

Л. Альварес и его сотрудники опубликовали свою гипотезу о космической причине мел-палеогенового великого вымирания в 1980 г. Спустя четыре года вышла в свет работа Д. Раупа и Дж. Сепкоски, в которой импактные события предлагались в качестве причины всех массовых вымираний. Они считали общей первопричиной биотических кризисов, повторяющихся, по их данным, с периодом около 26 млн лет, кометные ливни. «Впрыскивание» комет из облака Оорта авторы объясняли повторяющимся прохождением Солнечной системы через плоскость Галактики либо тяготением Немезиды — гипотетической звезды-спутника Солнца.



Изображение сверхновой 1987A спустя 20 лет после образования

По расчётам московских учёных С.С. Григоряна, В.В. Адушкина и И.В. Немчинова, ледяные ядра большинства комет, не достигая земной поверхности, взрываются в воздухе. Порождённая взрывом ударная волна со всей силой обрушивается на поверхность Земли, вызывая гигантские разрушения. В отличие от астероидов, встреча Земли со снежно-ледяной кометой не порождает взрывной кратер. (На Луне и других твёрдых телах, лишённых атмосферы, взрыв кометы оставит кратер на поверхности.)

Кометная бомбардировка поднимает в земную атмосферу массу рассеянного вещества, экранирующего значительную часть солнечных лучей. Воздействие кометных ливней со временем могло приводить к значительному снижению температуры и распространению покровного оледенения на значительной части Земли. В особенности если кометная бомбардировка приходилась на полярные области, где возникавший ледниковый покров не успевал растаять в промежуток до следующего кометного ливня.

Сопоставление и анализ астрономических и геологических данных позволяет сделать важный вывод: временам наиболее интенсивных кометных бомбардировок соответствуют

границы геологических периодов, а менее интенсивным бомбардировкам — границы эпох этих периодов.

В книге «Угроза с неба: рок или случайность?» (под редакцией академика А.А. Боярчука) сопоставлены наличие, размер и возраст астроблем с границами периодов и эпох геохронологической шкалы. Оказалось, что начала абсолютного большинства геологических периодов и эпох совпадают со временем образования импактных кратеров поперечником более 20 км. Такой кратер мог образоваться в результате удара астероида поперечником 1,5 км со скоростью около 20 км/с. Это не значит, конечно, что всякий подобный удар становился причиной смены геологических эпох и периодов, но в некоторых случаях причинная связь может считаться установленной достаточно надёжно. Ещё предстоит выяснить, кометная или астероидная бомбардировка Земли играли в этом большую роль. Однако так или иначе, это были взрывные удары космических тел.

В середине 1980-х г. известные зарубежные специалисты Д. Мак-Ларен и Л.М. Ван-Валлен в своих работах сопоставили эпохи глобальных вымираний животных организмов с выявленными пиками содержания иридия в геологических отложениях. Во многих случаях учёные независимо друг от друга выявили совпадение этих явлений во времени. Массовые вымирания особенно возрастали в тех случаях, когда в период кометных ливней, продолжающихся миллионы лет, на Землю падали один или несколько очень крупных астероидов. Падение каждого достаточно крупного астероида вызывало пиковый рост вымираний. Если астероид имел меньшие размеры, то спровоцированные его падением вулканизм, климатические изменения и массовые вымирания проявлялись с наибольшей силой только в районе катастрофы.

ПАДЕНИЕ КАЖДОГО ДОСТАТОЧНО КРУПНОГО АСТЕРОИДА ВЫЗЫВАЛО ПИКОВЫЙ РОСТ ВЫМИРАНИЙ.

Некоторые гипотезы объясняют наступление периодов похолоданий и покровных оледенений не ударами небесных тел, а другими космическими причинами: изменением угла наклона земной оси, периодическим снижением уровня излучаемой Солнцем энергии.

Мы познакомились с возможными космическими причинами земных катастроф. Надо отметить, что обладающие меньшей энергетикой внутренние силы Земли также могли быть спусковым механизмом кризисов биосферы. В процессе эволюции нашей планеты внутренние области Земли — ядро и мантия, вероятно, изменяются (вполне возможно, циклически).

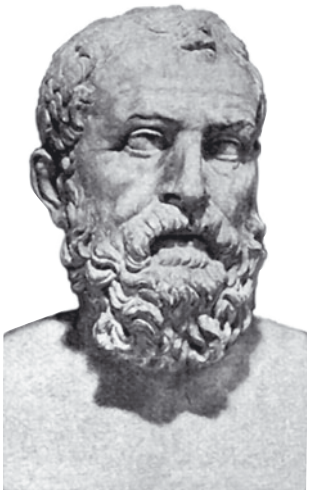
Активные процессы в них, отражаясь в земной коре, могут приводить к горообразованию, землетрясениям и бурному вулканизму. Всё это, в особенности вулканическая деятельность, могло способствовать определённому изменению климатических и иных условий, что, в свою очередь, иногда становилось первопричиной биотического кризиса и массовых вымираний.

ГЛАВА III

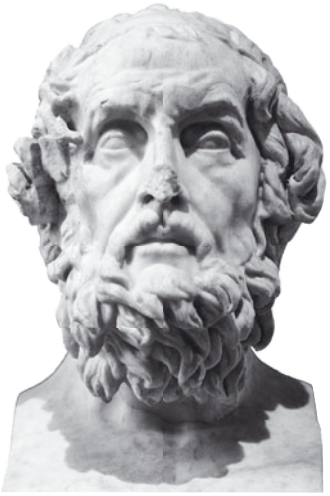
КАК ИСЧЕЗЛА ЛЕГЕНДАРНАЯ АТЛАНТИДА?

Первые и наиболее подробные описания легендарной земли в Атлантическом океане мы находим в диалогах древнегреческого философа Платона «Тимей» и «Критий». При этом Платон ссылается на древние «записи», сохранившиеся в египетском храме богини Нейт в Саисе. Содержание записей узнал от жрецов храма один из семи афинских мудрецов Солон во время путешествия в Египет. (Солон — прадед Платона по материнской линии.)

Египетская цивилизация возникла в начале IV тысячелетия до н.э. Это одна из тех древних культур, о которых известно науке. Несомненно, на Земле существовали и более древние цивилизации. Об этом говорят оставленные ими памятники культуры, но они единичны и несут так мало информации, что ни историки античности, ни современные специалисты не смогли составить о протоцивилизациях практически никакого представления. Мы, например, не знаем, кто, когда и каким образом в горах Ливана, Баальбеке, соорудил гигантское святилище, посвящённое Солнцу. Фундамент этого святилища, так называемая Баальбекская терраса, представляет собой ровную площадку, сложенную из каменных монолитов длиной до 19 метров и весом до 800 тонн каждый. (А в соседней каменоломне остались невывезенными монолиты весом до 1200 тонн!) Не знали о происхождении циклопического сооружения и римляне, построившие на таком надежном фундаменте свои храмы.



Солон – один из «семи мудрецов» Древней Греции (640—559 гг. до н.э.)



Платон — древнегреческий философ (428—347 гг. до н.э.)

Другой пример из Западного полушария. В Мексике археологи открыли пирамиду, ранее затопленную вулканической лавой. Чтобы выяснить, к какому времени относится пирамида, учёные определили возраст укрывшей её лавы. Оказалось, что пирамида была погребена 8 тысяч лет назад. Значит, люди жили здесь гораздо раньше известных нам цивилизаций Восточного полушария. Только мы о них ничего не знаем и, скорее всего, не узнаем никогда. Во времена античности существовало убеждение, что в некоторых храмах Египта хранятся знания, накопленные и переданные предшествующими ци-

вилизациями. Это было одной из причин, по которой Египет посещали многие мудрецы из других мест.

Интересно, что диалоги Платона появились через полвека после его собственного путешествия в Египет. Из диалогов же следует, что о таинственной Атлантиде философ узнал до посещения Египта из рассказа потомка Солона — Крития-младшего. То, что исчезнувший остров должен был располагаться именно в Атлантическом океане, следует из описания, приведённого Платоном в «Тимее»:

«Через море это в те времена возможно было переправиться, ибо еще существовал остров, лежавший перед тем проливом, который называется на вашем языке Геракловыми столпами [пролив Гибралтар]. Этот остров превышал своими размерами Ливию и Азию вместе взятые, и с него тогдашним путешественникам легко было перебраться на другие острова, а с островов — на весь противолежащий материк, который охватывал то море, что и впрямь заслуживает такое название (ведь море по эту сторону упомянутого пролива является всего лишь заливом с узким проходом в него, тогда как море по ту сторону пролива есть море в собственном смысле слова, равно как и окружающая его земля воистину и вполне справедливо может быть названа материком). На этом-то

Карта мира Клавдия Птолемея из трактата «Руководство о географии», 150 г. до н.э.

острове, именовавшемся Атлантидой, возникло удивительное по величине и могуществу царство, чья власть простиралась на весь остров, на многие другие острова и на часть материка, а сверх того, по эту сторону пролива они овладели Ливией вплоть до Египта и Европой вплоть до Тиррении».

Можно только удивляться географической точности этого описания, сделанного задолго до открытия Колумбом Вест-Индских островов и материка Америки.

В диалогах Платона история Атлантиды излагается подробно и образно. Приведём лишь суть этого рассказа: «Когда боги делили землю, то Посейдон получил во владение остров Атлантиду. Его он заселил своими детьми, рождёнными от смертной женщины. Сам Посейдон со временем создал новую семью с девушкой из своего рода по имени Клейто и устроил жилище в центре острова. Свое поселение он укрепил, по окружности отделяя его от острова и огораживая попеременно водными и земляными кольцами (земляных было два, водных — три)… А островок в середине… привёл в благоустроенный вид, источил из земли два родника — один теплый, а другой холодный — и заставил землю давать разнообразную… снедь».

Платон подробно описывает планировку, архитектуру и устройство главного города в центре острова, а также сообщает его размеры — три тысячи стадиев в длину и две тысячи в ширину (стадий — около 193 метров).

МОЖНО ТОЛЬКО УДИВЛЯТЬСЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ЭТОГО ОПИСАНИЯ, СДЕЛАННОГО ЗАДОЛГО ДО ОТКРЫТИЯ КОЛУМБОМ ВЕСТ-ИНДСКИХ ОСТРОВОВ И МАТЕРИКА АМЕРИКИ.

«Произведя на свет пять раз по чете близнецов мужского пола, Посейдон взрастил их и поделил весь остров Атлантиду на десять частей», дав каждому в управление одну из них. Все земли были густо населены людьми. Первого сына он сделал царём над всеми и назвал Атлантом, дав ему имя, по которому названы и остров, и море. От Атланта произошёл многочисленный род, в котором царское звание передавалось старшему сыну в семье. Земля и её недра давали всё необходимое для жизни. Как пишет Платон, «тогдашний священный остров под действием солнца порождал прекрасные, изумительные и изобильные плоды. Пользуясь этими дарами земли, цари устроили святилища, дворцы, гавани и верфи и привели в порядок всю страну». Всё недостающее привозили из других земель.

Один из страстных приверженцев идеи о существовании в прошлом Атлантиды В. А. Щербаков считает, что остров Атлантида был заселён до появления на нём Посейдона. Иначе неясно, от кого отгораживался он с молодой женой. Из этого атлантолог делает предположение, что Посейдон был всего лишь переселенцем, который сво-

ими знаниями и умением настолько выделялся среди островитян, что они его обожествили.

Согласно Платону, Атлантиду населяли высокорослые светловолосые атланты — умелые мореходы, мастера обработки металлов и искусные строители. Могущественное государство атлантов, представлявшее собой союз царей, завоевало много стран и народов, включая Египет. За непомерную гордыню атланты были наказаны Зевсом, который потопил этот остров в океане. Вот как об этом сказано у Платона:

«Но позднее, когда пришёл срок для невиданных землетрясений и наводнений, за одни ужасные сутки вся ваша воинская сила была поглощена разверзнувшейся землёй; равным образом и Атлантида исчезла, погрузившись в пучину. После этого море в тех местах стало вплоть до сего дня несудоходным и недоступным по причине обмеления, вызванного огромным количеством ила, который оставил после себя осевший остров».

КАКИЕ СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ МОГЛИ УНИЧТОЖИТЬ АТЛАНТИДУ?

Если предположить действительное существование Атлантиды, какова природа катастрофы, которая привела к исчезновению цветущего острова?

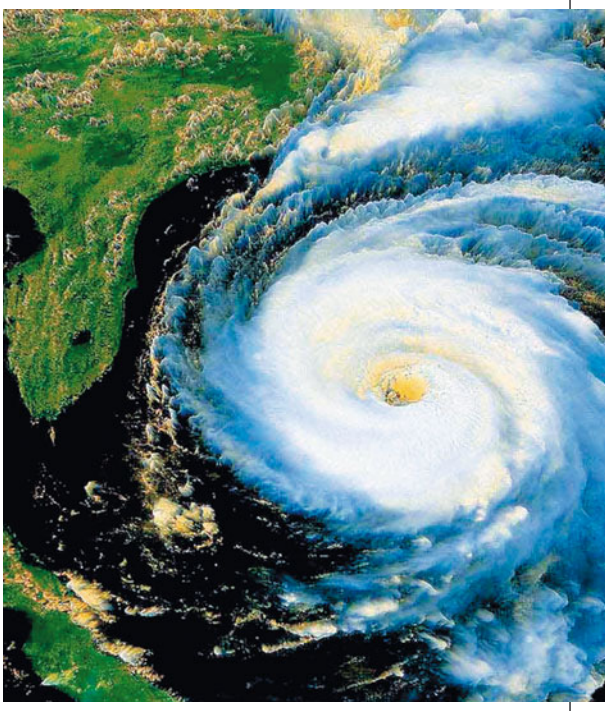
Стихийные бедствия по их природе делят на три группы: геологические (землетрясения и вулканизм), атмосферные (ураганы, смерчи, ливни), космические (столкновения с другими небесными телами, тесное сближение с другой звездой, резкое возрастание уровня космической радиации).

Земля является сложной и динамичной системой; её оболочки — литосфера, гидросфера, атмосфера и магнитосфера — взаимодействуют между собой, а также с космическими объектами. В некоторых случаях космические факторы, например приливное воздействие Луны или проявления солнечной активности, могут стать своеобразным спусковым механизмом для «разгула» земных стихий. Нельзя исключить, например, что сейсмическая катастрофа, начавшаяся в Средиземноморье в 1870 г., была связана с проявлением активности Солнца. Тогда жители Греции незадолго до одного из наиболее разрушительных ударов подземной стихии были напуганы непривычным для этих широт ярким полярным сиянием. Известно, что это природное явление порождается взаимодействием солнечного ветра и излучения с земными оболочками. Хотя можно допустить и обратное: бурные тектонические процессы вызвали возмущение в магнитном поле планеты, что и привело к рождению полярного сияния вдали от Северного полюса.

Из катастроф земной природы особой разрушительной силой выделяются тропические циклоны (в Азии их называют тайфунами, в Америке — ураганами). Лишь тропические циклоны могут обрушить сразу и ураганные ветры, и огромные волны, и страшные ливни. В чём отличие тайфунов от циклонов средних широт? Циклон, как известно, это область пониженного атмосферного давления с его минимумом в центре. Поперечник циклонов средних широт, с приходом которых мы обычно связываем пасмурную дождливую погоду, составляет несколько тысяч км. Тропические циклоны имеют гораздо мень-

шие размеры, зато в них гораздо круче падает давление от периферии к центру. Что и приводит к возникновению ураганных ветров.

Такой удар стихии порой приводит к сплошному разрушению сооружений, затоплению огромных территорий, к массовой гибели людей. 13 ноября 1970 г. во время тайфуна, обрушившегося на Восточный Пакистан, ветер поднял волну высотой 8 м. Эта волна и ураганный ветер пронеслись над густонаселёнными островами и прибрежной низменностью, сметая всё на своём пути. Когда стихия отступила, весь мир был потрясён масштабами бедствия. Помимо страшных разрушений на огромной территории тайфун унёс жизни 500 тысяч людей. Ни одно стихийное бедствие земной природы не сравнится по губительным последствиям с таким тропическим циклоном.



Тропический циклон у полуострова Флорида

В последних числах августа 2005 г. на Америку обрушился тропический ураган «Катрина». Скорость ветра внутри урагана составляла 95 км/ч, при порывах — до 160 км/ч.

Разрушительное действие стихии проявилось на территории пяти штатов США на побережье Мексиканского залива. Уже первый удар урагана затруднил телефонную и сотовую связь, лишил электроэнергии более 700 тысяч семей. В городах была нарушена работа водопровода и канализации, многие улицы были покрыты слоем воды, в которой плавали ядовитые змеи, городской мусор и обломки разрушенных зданий. На отдельных участках реки Миссисипи толща воды достигала 7 м. В центре крупнейшего города Луизианы — Нового Орлеана уровень воды на улицах превышал 3 м. Там, куда вода не дошла, дороги зачастую преграждали завалы высотой до 2,5 м, образовавшиеся из-за поваленных деревьев и разрушенных домов. Больше всего жертв вызывало обрушение многоквартирных жилых домов (только в Новом Орлеане обрушилось не менее 20 зданий). Ураган «Катрина» стал причиной гибели тысяч людей. Огромный урон (в размере 100 млрд долл.) он нанес экономике США. Эти убытки стали рекордными среди всех предшествующих разрушительных тропических ураганов, пронесшихся над США.

Ураганы и вызванные ими наводнения чаще всего длятся недолго.

Платон, описывая гибель Атлантиды, говорит о землетрясении и наводнении. В сейсмически активных районах Земли иногда случаются подводные землетрясения, вызы-

вающие появление гигантских волн цунами, обрушивающихся затем на прибрежные земли. Название бедствия пришло из Японии, где они случаются наиболее часто. В переводе с японского языка «цунами» — это «длинные волны в порту». В открытом океане высота волн, порождённых подводным землетрясением, обычно не превышает нескольких метров, зато их длина может достигать сотен километров. Когда при скорости 1000 км/ч цунами достигает береговой линии, на сушу может обрушиться волна высотой десятки метров. Это происходит не сразу. Перед катастрофой уровень воды у берегов понижается, затем с интервалом в 5–10 минут дважды приходят волны высотой несколько метров. И лишь спустя 15–20 минут обрушивается третья разрушительная волна, иногда достигающая высоты более ста метров!

26 декабря 2004 г. в 7 ч 58 мин 53 с в Индийском океане произошло подводное землетрясение силой 9 баллов по шкале Рихтера. Эпицентр землетрясения находился у северо-западного побережья индонезийского острова Суматра. Подводный удар породил цунами, высота волн которого достигала 15 метров. Это было редкое землетрясение типа мегатолчка. Подобные землетрясения происходят там, где одна тектоническая плита опускается под другую, вызывая их вертикальное движение. Большое вертикальное смещение значительной части океанического ложа и породило разрушительное цунами.

Цунами обрушилось на прибрежную зону Индонезии, Шри-Ланки, Индии, Таиланда и других стран, включая Порт-Элизабет в ЮАР, удалённый от эпицентра на 5000 км. Из-за разницы расстояний цунами достигало тех или иных территорий за время от пятнадцати минут до семи часов (для Сомали). Северные области индонезийского острова Суматры были разрушены очень быстро, в то время как Шри-Ланки и Индии волна достигла примерно два часа спустя.

Фотография цунами у побережья острова Шри-Ланка, полученная американским спутником 26 декабря 2004 г.

Цунами в Индийском океане вызвало одно из самых больших стихийных бедствий в современной истории. Наибольшие потери, кроме Индонезии, вероятно, понесло население островного государства Шри-Ланка, где погибли не менее 22 000 человек. Всего же катастрофа унесла жизни более 200 000 человек (по другим данным — было около 300 тысяч погибших). Не описать масштабы разрушений, причинённых цунами, волны которого иногда буквально опустошали берега.

Сила цунами определяется силой вызвавшего его землетрясения. Землетрясение 2004 г. оказалось самым сильным после землетрясения 1964 г. на Аляске и четвёртым — с 1900 года, когда началась их глобальная сейсмографическая регистрация.

Нам представляется, что цунами даже огромной силы могло опустошить страну атлантов, но не могло стать причиной бесследной «пропажи» острова.

Некоторые атлантологи, тем не менее, убеждены, что именно землетрясение могло быть тем катастрофическим явлением природы, которое привело к быстрому опусканию Атлантиды под воду.

Побережье после схлынувшей волны цунами

В истории цивилизации зарегистрировано несколько сотен катастрофических землетрясений, которые приводили к разрушению целых городов и гибели тысяч людей. Иногда в течение одних суток происходит несколько подземных ударов. Главный, наиболее разрушительный подземный удар продолжается всего несколько секунд, а всё землетрясение может длиться до нескольких десятков минут и повторяться несколько раз за сутки. Зачастую подземные толчки возобновляются спустя дни и недели. А упоминавшееся нами разрушительное землетрясение в Средиземноморье, начавшись в 1870 г., с перерывами длилось целых три года.

На начало нынешнего столетия выпало два разрушительных землетрясения. Об одном из них, вызвавшем цунами, мы уже говорили. Второе случилось спустя год на суше: катастрофическое землетрясение силой 7,6 балла по шкале Рихтера произошло на севере Пакистана в субботу 8 октября 2005 г. Подземные удары разрушили города Музафаррабад, Ури, Шринагар, Исламабад. Землетрясение не зря назвали кровавым. По официальным сведениям, погибли 58 тысяч человек, ещё больше получили травмы. В провинции Кашмир без крыши над головой остались более 2 млн человек.

Иногда в результате подземных толчков появлялись обширные трещины, происходило почти мгновенное опускание значительных участков земной поверхности на несколько метров. В 1964 г. на Аляске произошло одно из трёх мощнейших землетрясений XX в. силой 9,2 балла по шкале Рихтера. В Японии однажды при землетрясении было зарегистрировано оседание поверхности земли на 10 метров. В 1692 г. город пиратов Порт-Ройал на острове Ямайка погрузился в море на 15 метров. Такого опускания могло быть достаточно, чтобы значительная часть невысокого плоского острова оказалась под слоем воды. Возможно, причиной гибели Атлантиды стало ещё более мощное землетрясение.

Но и в этом случае остается загадкой, почему до сих пор не обнаружены бесспорные следы существования в недавнем прошлом обширного острова и не находят, так сказать, вещественных свидетельств высокоразвитой цивилизации атлантов? Ведь находим же мы каменные орудия первобытного человека, жившего в значительно более глубокой

древности. Каменные орудия и другие предметы культуры времён палеолита (1,5 млн — 12 тыс. лет назад) найдены порой в отличной сохранности в Африке, Европе, Азии, Северной Америке. От такой мощной, как ее описывает Платон, и более близкой к нам во времени культуры атлантов должны были бы сохраниться многочисленные материальные следы.

Возможной причиной исчезновения Атлантиды могло стать и извержение вулкана. Примерим к этому гипотетическому событию крупнейшие из них. Виновником одной из самых грандиозных катастроф нового времени стал вулкан Кракатау, расположенный в проливе между Явой и Суматрой среди Зондских островов. В ночь с 26 на 27 августа 1883 г. начались взрывы, самый мощный из которых прогремел около 10 ч утра. Вулкан взорвался с такой страшной силой, что выбросил в небо на высоту до 80 км (!) камни, пепел, струи газа и паров. Звуковые раскаты были слышны на расстоянии многих сотен километров. Вулканическая гора извергла 18 км^3 лавы, которая затопила большую часть острова. Огромные массы перемешанных пепла, пемзы, шлаков, грязи устремились в море. Взрыв вздул волны высотой с десятиэтажный дом, которые одна за другой обрушивались на густонаселённые берега Явы и Суматры. Масштабы случившегося бедствия с трудом поддаются описанию. Сотни городов и селений, мосты и железнодорожные пути, тропические леса — всё было сметено с лица земли. Ещё недавно цветущие берега превратились в голые безжизненные участки. Потоп погубил 36 тысяч человек. Страшное бедствие длилось почти сутки. Все это время обширный район был погружён во мрак. В следующую ночь взрывы, извержение, пепельный дождь, буря и волнение моря продолжались, но постепенно ослабевали.

Извержение стратовулкана

Волна, вызванная взрывом вулкана Кракатау, трижды обошла весь земной шар. Цунами достигло Атлантического океана, было отмечено у берегов Франции и Панамы. Трудно представить, но звук взрыва был услышан в центре Австралийского материка и на острове Мадагаскар, которые удалены от места катастрофы на расстояние нескольких тысяч километров. Таких «длинных» волнений, вызванных извержением вулкана, люди не отмечали ни до, ни после 1883 г.

Взрыв уничтожил $^2/_3$ существовавшего вулканического острова. Часть его массы была выброшена взрывом, в результате чего образовался огромный подводный кратер. После того как из-под земли излились колоссальные объёмы магмы, на её месте образовались обширные пустоты, что вызвало обрушение и затопление части острова на глубину почти до 300 м. От вулкана Кракатау осталась лишь его южная часть. В середине обширной кальдеры возвышается небольшой вулканический остров Анак-Кракатау («дитя Кракатау» с индонезийского языка). Он возник в 1927–1929 гг. в итоге подводных вулканических извержений.

Атлантида

Схематичная карта Атлантиды в изображении художника.

Ураган

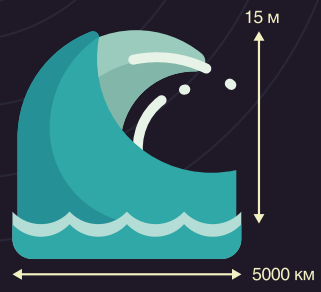
США — Катрина

Скорость ветра внутри урагана составляла **95 км/ч.**

При порывах ветра — до **160 км/ч.**

Ураган лишил электроэнергии более **700 тысяч** семей.

Он нанес экономике США урон (в размере **$100 млрд**).



Цунами

Суматра — 2004

В Индийском океане произошло подводное землетрясение силой **9 баллов** по шкале Рихтера.

Подводный удар породил цунами, высота волн которого достигала **15 метров.**

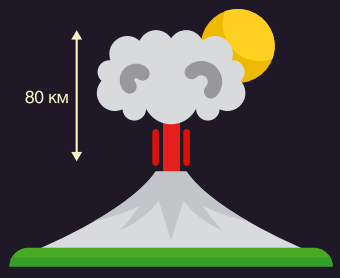
Всего же катастрофа унесла жизни более **200 000 человек.**

Землятресение

Ямайка — 1692

Город пиратов Порт-Ройал на острове Ямайка погрузился в море на **15 метров.** Такого опускания могло быть достаточно, чтобы значительная часть невысокого плоского острова оказалась под слоем воды.

Возможно, причиной гибели Атлантиды стало ещё более мощное землетрясение.



Извержение

Кракатау — 1883

Вулкан выбросил в небо на высоту до **80 км** камни, пепел, струи газа и паров.

Вулканическая гора извергла **18 км³** лавы.

Потоп погубил **36 тысяч человек.**

А может это была космическая катастрофа?

Многие атлантологи полагают, что ещё более страшная вулканическая катастрофа, чем случившаяся при взрыве Кракатау, привела к гибели цивилизации атлантов.

В книге И. А. Резанова «Атлантида: фантазия или реальность?» приведена таблица, позволяющая сравнить самые мощные известные вулканические извержения. Сопоставление данных, относящихся к вулканам Кракатау и Санторин, показывает значительный приоритет второго из них. Это подтверждает и вчетверо большая площадь кальдеры, образовавшейся после обрушения вулкана Санторин, и примерно во столько же превосходящий объём выброшенного им вулканического материала.

Кратер вулкана Тамбора в Индонезии

Энергия взрыва вулкана Кракатау в 10 раз меньше энергии взрыва, произошедшего на острове Санторин вблизи острова Крит около 1400 г. до н. э. Лишь вулкан Тамбора, взорвавшийся в 1815 г. на острове Сумбава в Индонезии, по энергетике сопоставим с катастрофическим взрывом Санторина. Обе эти катастрофы сопровождались выделением энергии, эквивалентной взрыву 200 тысяч атомных бомб. Более мощных геологических катастроф на Земле, вероятно, просто не может быть. Это обусловлено пределом прочности земной коры. При возникновении внутренних напряжений большей энергии происходит разрядка в виде землетрясения или взрыва вулкана.

Однако вернемся к Атлантиде. Могли ли такие мощные вулканические процессы привести к её бесследному исчезновению? С учётом предельно возможной энергии геологических катастроф приходится признать: либо Атлантида была вулканическим островом поперечником не больше нескольких километров, либо она не могла быть уничтожена даже самой мощной геологической катастрофой. Как заметил И. А. Резанов, для полного уничтожения Атлантиды Платона размерами больше «Ливии [так тогда называли Африку] и Азии вместе взятых» понадобилась бы энергия, в тысячи раз превосходящая самые страшные геологические катастрофы.

Так какая же катастрофа могла привести к исчезновению и Атлантиды, и существовавшей там цивилизации?

КАТАСТРОФА «СВАЛИЛАСЬ» С НЕБА?

О возможной природе древней катастрофы мы узнаём со страниц диалога Платона «Тимей» — из слов, поведанных Солону одним из старейших египетских жрецов:

«Уже были и ещё будут многократные и различные случаи погибели людей, и притом самые страшные — из-за огня и воды, а другие, менее значительные, — из-за тысяч других бедствий. Отсюда и распространённое у вас сказание о Фаэтоне, сыне Гелиоса, который будто бы некогда запряг отцовскую колесницу, но не смог направить её по отцовскому пути, а потому спалил всё на Земле и сам погиб, испепелённый молнией.

Положим, это всего лишь миф, но в нём содержится и правда: в самом деле, тела, вращающиеся по небосводу вокруг Земли, отклоняются от своих орбит, потому через известные промежутки времени всё на Земле гибнет от великого пожара». Эти слова явно указывают на космическую природу земных катастроф. Есть и другие мифы, в которых, вероятнее всего, речь идёт о небесной природе катастроф. Вот фрагмент пиктографической рукописи народа майя «Чилам-Балам»: «С неба сорвался Великий Змей… Небо вместе с Великим Змеем рухнуло на Землю и затопило её».

А вот как описывает космическую катастрофу, уничтожившую легендарный остров, В.И. Щербаков в брошюре «Где искать Атлантиду?»: «Попробуем представить себе падение на Землю астероида поперечником несколько километров. Он должен был неминуемо пробить сравнительно тонкую океаническую кору. Вверх должна была выплеснуться магма. Смешиваясь с водой, она взрывалась, распылялась в верхних слоях атмосферы. Пылинки служили ядрами конденсации водяных паров. Магмы было столько, что пыль и пар закрыли всё небо планеты. Солнце, Луна, звезды, само небо должны были исчезнуть на годы. Тёмно-серая мгла окутала планету. Не это ли послужило толчком к возникновению мифов о первозданном хаосе?» Ниже В.И. Щербаков пишет: «Недавно были опубликованы данные (монография «Океан», пер. с англ. М., 1982), с убедительностью свидетельствующие, что ранее X тысячелетия до нашей эры не было Гольфстрима — этой великой тёплой реки в океане, обогревающей всю Европу. Почему? И почему, например, вся Северная Европа была покрыта мощным ледником? Да потому, наверное, что остров в Атлантике под названием Атлантида перегораживал путь Гольфстриму на север и он направлялся к Гибралтару». Лишь с исчезновением острова тёплое течение пошло по нынешнему пути и постепенно растопило обширные ледники, что привело к значительному подъёму воды в Мировом океане и затоплению обширных территорий суши. Автор брошюры утверждает, что описанные события, как и повсеместные извержения вулканов, и гибель мамонтов практически совпадают по времени и являются звеньями одной цепи. «Падение гигантского метеорита могло разбудить недра планеты, вызвать и все эти явления, и многие другие…»

Объемная виртуальная модель Атлантиды, описанной Платоном

Действительно, астероид или комета достаточно большой массы могут уничтожить любой остров на Земле. В новое время первым высказал мысль о космической природе

гибели Атлантиды Г.Р. Карли. В 1784 году вышла в свет его работа, где «виновницей» катастрофы была названа комета.

Особо оживлённо космические версии уничтожения Атлантиды стали обсуждаться с начала XX в. Говорили не только о столкновении с кометой, но также о падении астероида, о захвате Землёй её нынешнего спутника. Именно в результате появления Луны по соседству с нашей планетой, утверждал в 1912 г. австрийский инженер Гербигер, произошёл отток воды океанов с полюсов к экватору. Возникшая приливная волна затопила не только Атлантиду, но и другие обширные территории. По мнению Гербигера, возникшая приливная волна достигла многих областей Азии и вызвала также гибель мамонтов. Сегодня представление Гербигера о столь короткой истории системы «Земля — Луна» не представляется обоснованным.

Польский астроном М.М. Каменский утверждает, что Атлантида погибла из-за падения части кометы Галлея: одно из «свиданий» кометы с Землёй произошло в 9541 г. до н.э. Эту точку зрения разделяет другой польский атлантолог астроном Л. Зайдлер. Он, как и многие его коллеги, находит подтверждение космических столкновений и в древних мифах, и в календаре народа майя, и в возрасте излившихся в Атлантике вулканических лав. Л. Зайдлер, кроме того, делает предположение о смещении оси вращения Земли на 30°, которое будто бы произошло из-за столкновения нашей планеты с кометой или астероидом. Учёный ссылается при этом на легенду о Фаэтоне, где сказано, что обитатели северных районов вдруг почувствовали жару, а жители жарких стран — холод. Смещением земной оси некоторые объясняют, почему останки погибших мамонтов внезапно оказались в зоне многолетней мерзлоты и потому прекрасно сохранились до наших дней.

Может быть, действительно всему виной один из космических факторов?

В принципе можно допустить катастрофическое исчезновение Атлантиды в результате прямого попадания астероида. Однако исследования кометно-астероидной опасности последних лет не позволяют согласиться ни с апокалиптической картиной, описанной

ПОЛЬСКИЙ АСТРОНОМ М.М. КАМЕНСКИЙ УТВЕРЖДАЕТ, ЧТО АТЛАНТИДА ПОГИБЛА ИЗ-ЗА ПАДЕНИЯ ЧАСТИ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ.

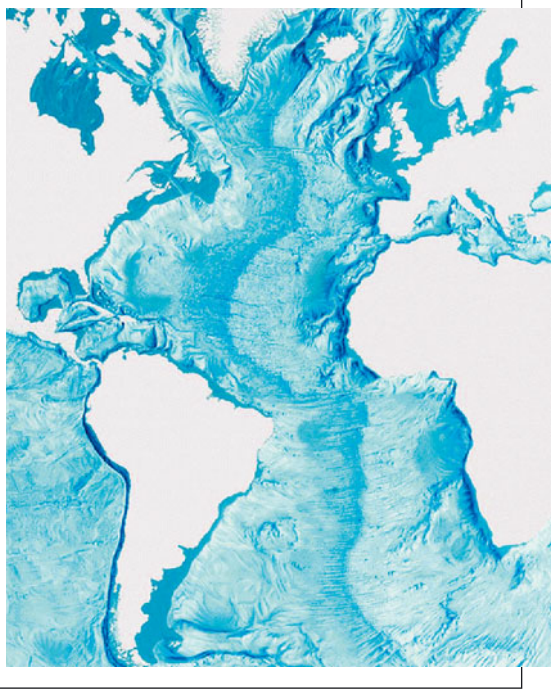
В.И. Щербаковым, ни с подобными заключениями других атлантологов. Катастрофа такого масштаба, как мы уже знаем, должна была привести к массовому вымиранию живых организмов на Земле, включая наших далёких предков. Кроме того, было бы коренным образом нарушено естественное залегание геологических слоёв, по крайней мере вблизи будто бы существовавшей Атлантиды. На самом деле на Азорах, Канарах, островах Зеленого Мыса, в Исландии и на дне Атлантики есть неповреждённые отложения верхнего третичного периода. А это значит — в Атлантике подобной катастрофы не бы-

ло в течение многих миллионов лет. Нет следов столь грандиозной катастрофы и в магнитных свойствах Срединно-Атлантического хребта. И ещё одно важное обстоятельство позволяет усомниться в том, что 12,5 тысячи лет тому назад произошло падение на Землю крупных космических объектов. В отложениях, относящихся к этому возрасту, не обнаружено повышенной концентрации иридия и некоторых других элементов, приносимых на Землю «гостями» из космоса. Наконец, нельзя объяснить, почему на месте погибшего острова экспедициям, исследовавшим дно Атлантического океана, не удалось обнаружить каких-либо свидетельств образования взрывного кратера.

Так, может, легендарная Атлантида, вопреки описанию Платона, существовала не в Атлантическом океане, а в другом районе? Но и в этом случае причиной её гибели не могло стать падение достаточно большого космического объекта. Все сказанное выше, по-видимому, делает такое событие маловероятным.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ ДРЕВНЕЙ АТЛАНТИДЫ

Один из авторитетнейших специалистов среди атлантологов Н.Ф. Жиров, автор книги «Атлантида. Основные проблемы атлантологии», вслед за Платоном считает, что исчезнувшая земля располагалась среди Атлантического океана. С ним согласно большинство «классических» атлантологов. Они при этом не только ссылаются на указания Платона. Н.Ф. Жиров, например, находит тому геологические подтверждения. И среди них такое: возраст осадков долины Срединно-Атлантического хребта — около 13 тыс. лет, т.е. во много раз меньше, чем возраст коренных пород хребта.



Срединно-Атлантический хребет протянулся с севера на юг в центральной части Атлантики

Но в какой именно части Атлантики могла существовать легендарная Атлантида? Многие полагают, что в восточной части океана, например вблизи Азорских или Канарских островов. В связи с таким предположением вспоминают цвет стен Посейдониса — столицы Атлантиды. Для их возведения, по описанию Платона, использовались белые, чёрные и красные каменные плиты. Примечательно, что сохранившиеся до наших дней сооружения древних жителей Азорских островов выложены из камней тех же цветов. Они в обилии представлены в горных породах этих островов.

В пользу возможной связи древней цивилизации атлантов с Канарами существуют другие интересные сведения. Когда-то острова населяли гуанчи, кото-

рых многие считают потомками атлантов. К сожалению, более 500 лет тому назад все они были перебиты испанскими завоевателями. Судя по дошедшим до нашего времени описаниям и рисункам, это были высокорослые белокожие светловолосые и голубоглазые люди, носители древней культуры. В их традициях было бальзамирование умерших и захоронение их в гробницах, подобных крито-микенским, у них выделялась каста жрецов, которые одевались как жрецы Вавилонского государства. У них была иероглифическая письменность, но, к сожалению, сохранившиеся наскальные тексты, внешне напоминающие критские, так и не удалось расшифровать. Хорошо, что испанский составитель средневековых хроник успел записать рассказ одного из последних представителей этого народа, который опубликовал Л. Зайдлер. «Отцы наши говорили, что бог, поселив нас на этом острове, потом забыл о нас. Но однажды он вернётся вместе с Солнцем, которому он велел рождаться каждое утро и которое и нас породило». Следовательно, сами гуанчи были убеждены, что они являются пришельцами на этих островах. Из текста следует также, что коренные жители Канарских островов были, подобно египтянам и перуанцам, солнцепоклонниками.

Пирамиды в Гизе (Египет) были сооружены как гробницы фараонов в XXVI–XXIII вв. до н. э.

Подтверждением прошлого существования в Атлантике высокоразвитой цивилизации многие считают значительное сходство культур по обе стороны океана. В Мексике и в Египте сохранились пирамиды и иероглифическая письменность, там и здесь мумифицировали умерших и хоронили их в каменных саркофагах. О многих других общих

ПОДТВЕРЖДЕНИЕМ ПРОШЛОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ В АТЛАНТИКЕ ВЫСОКОРАЗВИТОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ МНОГИЕ СЧИТАЮТ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ СХОДСТВО КУЛЬТУР ПО ОБЕ СТОРОНЫ ОКЕАНА.

чертах этих культур писал знаменитый исследователь и путешественник Тур Хейердал (обособленная каста жрецов, поклонение Солнцу, схожие календари, значительные познания в области астрономии). Причину такой общности атлантологи видят в том, что ацтеки, инки, майя и египтяне были учениками атлантов, которые появились по обе стороны океана после постигшей их катастрофы. Н.Ф. Жиров и его сторонники полага-

ют, что свидетельства существования Атлантиды сохранились на островах тропической зоны Атлантического океана или на Пиренейском полуострове. Другие исследователи считают, что Атлантида существовала в Северной Атлантике: в районе Исландии или Скандинавии. Есть подтверждения геологов, что эта зона испытала 10–15 тысяч лет тому назад значительное опускание.

Некоторые учёные полагают, что Атлантида располагалась в Западной Атлантике или даже на самом Американском материке, например в Бразилии. В книге «Ворота в Атлантиду» известный американский учёный Эндрю Коллинз излагает свою версию. На основе анализа описания природы Атлантиды, приведённого Платоном, он заключает, что государство атлантов находилось на острове Куба. А причина гибели древней цивилизации — падение в этом районе около 12 тыс. лет тому назад Каролинского метеоритного дождя. С тех пор сохранилось множество кратеров поперечником до двух десятков километров. Возникшее от взрывов цунами пронеслось по Кубе, уничтожая всё на своём пути. Подобную точку зрения на причину катастрофы высказал и атлантолог из Германии О. Мук. Реконструировав обстоятельства падения Каролинского астероида, он пришёл к заключению, что именно это событие стало причиной катастрофического исчезновения Атлантиды. Первоначально астероид имел диаметр 10 километров, массу 200 млрд тонн и скорость 20 км/с. Его столкновение с Землёй вызвало взрывы, в сумме эквивалентные взрыву 30 тысяч водородных бомб.

НЕКОТОРЫЕ УЧЁНЫЕ ПОЛАГАЮТ, ЧТО АТЛАНТИДА РАСПОЛАГАЛАСЬ В ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКЕ ИЛИ ДАЖЕ НА САМОМ АМЕРИКАНСКОМ МАТЕРИКЕ.

Возникает сомнение, могли ли египетские жрецы знать о существовании столь удалённой от них цивилизации. Доктор Коллинз утверждает, что и в те далёкие от Колумба и викингов времена совершались плавания через Атлантический океан. Иначе откуда в египетских саркофагах находят табак и кофе, которые могли быть привезены только из Америки. А в Латинской Америке есть находки, которые могут быть только африканского происхождения.

В качестве подтверждения гипотезы доктора Коллинза как будто бы можно сослаться на самого Платона. Напомним его слова: «На этом-то острове, именовавшемся Атлантидой, возникло удивительное по величине и могуществу царство, чья власть простиралась на весь остров, на многие другие острова и на часть материка…» Какой материк здесь имеет в виду греческий философ? Быть может, Америку? Ведь об Африке и Европе сказано вслед за этим: «…а сверх того, по эту сторону пролива они овладели Ливией вплоть до Египта и Европой вплоть до Тиррении».

Но есть и другой взгляд на возможное местоположение Атлантиды. Ещё в середине XIX в. наш соотечественник министр просвещения и учёный А.С. Норов в книге «Исследования об Атлантиде» доказывает, что Средиземное море в далёком прошлом именовалось Атлантическим. Это он подтверждает, в частности, тем, что горы Атлас расположены в Северной Африке. Он ссылается также на слова Плиния Старшего о том, что в былые времена, до катастрофического землетрясения остров Крит был частью азиатского материка и составлял с Сирией единое целое. Но после землетрясения, как сообщает арабский географ ибн Якут, море затопило большие территории, включая Грецию и Сирию. В подтверждение своей гипотезы А.С. Норов подчеркивает: в диалогах Платона Солон не случайно использует слово «пелагос» (море), а не «океанос». Атлантида была в Средиземном море, а не в океане, заключает русский учёный.

Сторонники этой точки зрения обращают внимание на слова египетского жреца, обращённые к Солону: «…за одни ужасные сутки вся ваша воинская сила была поглощена разверзнувшейся землёй; равным образом и Атлантида исчезла, погрузившись в пучину». Но ведь речь идёт о военном отпоре афинян атлантам-завоевателям, которые к тому времени успели покорить другие государства Средиземноморья. Скорей всего, противники располагались не так далеко от греческих земель. И тем не менее катастрофа не только уничтожила родину атлантов в океане, но погубила обе воюющие армии вблизи Эгейи. А может, всё дело в том, что сама Атлантида находилась недалеко от Греции? Сторонники такого варианта обращают внимание, что описания Платона вполне подходят к природе островов Эгейского и Ионического морей.

Эта точка зрения стала казаться более обоснованной с открытием в начале XX в. древней минойской цивилизации в Эгейском море. Своё название она получила в честь мифического царя Крита Миноса, владевшего лабиринтом, будто бы построенным Дедалом. Эта древнейшая в Средиземноморье, возникшая в IV тысячелетии до н.э. цивилизация выделялась высоким для своего времени уровнем художественной культуры, ремёсел и строительства.

Руины дворца в Кносе. Крит, XV в. до н.э.

Главным политическим и экономическим центром Крита в период культуры древних дворцов (2000–1700 гг. до н.э.) был южный город Фест, точнее — Фестский дворец. Его раскопки позволяют судить о высоком для того времени уровне развития раннеминойской цивилизации.

Один из ценнейших памятников минойской цивилизации — царский дворец в Кносе. В этом поселении, расположенном на севере острова Крит, в других поселениях археологи нашли несколько обширных дворцовых сооружений. Строительство царского дворца в Кносе проходило в несколько этапов с XX по XVI в. до н.э. Об уровне цивилизованности говорит наличие во дворце системы канализации, удобных ванных комнат и туалетов. О художественной культуре, образе жизни островитян можно судить по сохранившимся фрескам позднеминойского периода.

А.М. Кондратов подчеркнул, что основное отличие цивилизации Крита от великих цивилизаций Нила, Тигра и Евфрата, Инда и Ганга, Хуанхэ и Янцзы в том, что она была не земледельческой, а морской державой. Мореплаватели Крита ходили к берегам Сирии и Пиренейскому полуострову, на Чёрное море и в Атлантический океан. Примечательно, что говорил о Крите Аристотель: «Кажется, что остров создан для того, чтобы повелевать Грецией. Его местоположение — одно из самых счастливых: остров господствует над всем морем, по берегам которого расположились греки… Вот почему Минос овладел морским могуществом и завоевал острова, из коих он составил свои колонии».

С XVI в. до н.э. под влиянием Крита начиная с города Микены развивается культура на материковой части Греции. Отсюда понятие крито-микенской цивилизации. Археологические раскопки показали, что развитие минойской, а затем крито-микенской цивилизаций прервала некая катастрофа. И.А. Резанов и ряд других атлантологов убеждены: к гибели государства привёл взрыв вулкана Санторин.

РАЗВИТИЕ МИНОЙСКОЙ, А ЗАТЕМ КРИТО-МИКЕНСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИЙ ПРЕРВАЛА НЕКАЯ КАТАСТРОФА.

Подтверждение этому в середине XX в. нашли шведские и американские геологи. В колонках донных отложений, добытых специальными буровыми установками и поднятых со дна восточной части Средиземного моря, они обнаружили два горизонта вулканического пепла. Исследование колонок, добытых в различных точках моря, с убедительностью показало, что пепловые отложения связаны с двумя извержениями вулкана Санторин, которые произошли примерно 25 и 4 тыс. лет тому назад. Нижний — более древний — горизонт пепловых отложений имеет толщину до 22 см, а верхний — мощностью более 2 м. Это, по-видимому, свидетельствует о том, что второе извержение было более сильным.

Под слоем вулканического пепла на острове Тира в Сантаринском архипелаге греческий археолог С. Маринатос обнаружил руины большого города. Особенно масштабные раскопки древнего города были проведены в 60-х гг. XX в. Они позволили установить, что город начинался на склоне вулкана и через весь остров спускался к морю. Его тридцатитысячное население сооружало дворцы, каменные дома в 2 и 3 этажа. Внутренние стены зданий украшали мастерски написанные фрески. Эти картины древних мастеров, другие находки археологов дают представление о богатой природе и образе жизни островитян. Население острова занималось скотоводством, земледелием и мореплаванием. Устраивались спортивные игры, совершались религиозные ритуальные обряды.

Катастрофический взрыв вулкана привёл к разрушению города и затоплению его южной части. Незатонувшая часть города была погребена под многометровым слоем вулканического пепла. Взрыв вызвал разрушительное цунами, которое достигло расположенного в 120 км острова Крит; землетрясение и наводнение завершились пеплопадом. Так стихийное бедствие превратило могучее Минойское царство в серую бесплодную пустыню.

Все это подтверждает возможную тождественность Критского государства и Атлантиды.

Предположение о том, что древняя цивилизация с центром на острове Крит и есть легендарная Атлантида, впервые было высказано ещё в начале 1909 г. в анонимной заметке под заголовком «Погибший материк» в английской газете «Таймс». Как выяснилось, газетную заметку написал профессор Дж. Фрост. Позднее в «Журнале эллинистических исследований» он опубликует об этом более подробную статью. Гипотеза профессора Фроста нашла поддержку. Однако есть авторитетные учёные, и среди них академик Л.С. Берг, которые считают, что Атлантида действительно затонула в Эгейском море, но значительно ранее, а минойцы лишь унаследовали культуру атлантов.

Фестский диск – уникальный памятник письма, возможно, минойской культуры, найденный в городе Фест на острове Крит

В 2005 г. американская экспедиция под руководством Роберта Сармэста обнаружила неподалёку от Кипра археологические свидетельства в пользу гипотезы расположения Атлантиды в восточной части Средиземного моря. Описанная Платоном земля, как пытаются доказать исследователи, находилась между Кипром и Сирией. В этом районе на морском дне найдены остатки крупных строений и высоких крепостных стен. Используя ультразвуковой сонар, американцы получили трёхмерное изображение участка дна на глубине около полутора километров. Они обнаружили даже плоский холм, похожий на тот, о котором сказано в тексте Платона. «Холм выглядит как обнесённая стеной территория, которая полностью подходит под платоновское описание холма с акрополем, — сказал Сармэст в интервью. — Даже размеры полностью такие же. Если всё это случайно совпало, то это одна из самых невероятных случайностей». Итак, есть вероятность, что Атлантида располагалась восточнее Крита и даже восточнее Кипра и была одним из центров какой-то древней цивилизации, не совпадающей с крито-микенской.

Если можно считать установленным, что крито-микенская цивилизация прекратила своё развитие в результате геологической катастрофы около 3,5 тыс. лет тому назад, то когда не стало легендарной Атлантиды? Мы уже говорили, что «классические» атлантологи, и не только они, находят много свидетельств, что некая катастрофа обрушилась на Землю около 12 тысячелетий тому назад. Подтверждение стихийному бедствию, случившемуся тогда, нашли археологи. В середине XX в. американские исследователи в горах Курдистана, вблизи турецкой границы обнаружили огромную карстовую пещеру Шанидар. Её размеры на самом деле внушительны. Площадь превышает 1000 м^2, а высота до 15 м. Вход в пещеру настолько велик, что местные жители её долго использовали в качестве овчарни.

Исследования археологов, которыми руководил профессор Р. Селецкий, привели к поразительному открытию. Пещеру люди использовали около 100 тысяч лет! Раскопки и послойное исследование пятнадцатиметровой толщи земляного пола в пещере позволили соприкоснуться фактически со всей историей земной цивилизации.

На схеме Месопотамии IV тыс. до н.э. значками показаны пещеры (в том числе и Шанидар), пунктиром – современные русла рек Тигр и Евфрат

Абсолютный возраст слоёв определялся радиоуглеродным методом. Поскольку радиоактивный распад идёт с постоянной скоростью, а период полураспада известен и составляет 5730 лет, то, исследуя продукты распада радиоактивного углерода в органических остатках, обнаруженных в разных слоях, можно определить их возраст и, следовательно, возраст соответствующего слоя.

Раскапывая участок земляного пола пещеры Шанидар, археологи выделили четыре основных слоя. Верхний — чернозёмный — слой накапливался последние семь тысяч лет. Всё это время, судя по находкам, обитатели пещеры вели образ жизни, сходный с бытом курдов в первой половине XX в.: занимались овцеводством и земледелием, пользовались глиняной посудой, курили трубки. Отложения второго, бурого по цвету слоя складывались около 5 тыс. лет. В нём нет следов земледелия и скотоводства, часто встречаются раковины моллюсков и цветные мелки для рисования. Нижняя граница второго слоя имеет возраст 12 тыс. лет. Третий мощный слой соответствует эпохе палеолита, и в нём нашли разнообразные орудия труда, сделанные из камня. Если в двух верхних слоях полностью отсутствуют обломки известняковых пород, то в более древнем третьем слое таких камней довольно много. Несомненно, это следы обвалов с купола пещеры, которые могли быть вызваны землетрясениями.

Но поразительно другое: возраст самой верхней части слоя палеолита не 13 тыс. лет, что было бы естественно, а 29 тыс. лет. Культурные отложения семнадцати тысячелетий полностью отсутствуют. Опираясь на этот факт, а также на наличие в третьем слое известковых глыб и камней, профессор Р. Селецкий делает вывод: 29 тыс. лет тому назад произошло катастрофическое землетрясение, которое выгнало людей из пещеры. Бедствие так напугало людей, что они на целых 17 тысячелетий оставили пещеру.

Иное объяснение отсутствию следов пребывания людей в пещере на протяжении тысячелетий дает атлантолог Л. Зайдлер. Он доказывает, что слой, хранивший следы 17 тысячелетий развития цивилизации, был размыт и унесён из пещеры водами потопа.

Это подтверждают неровности покрова третьего слоя — следы «работы» водной стихии. Возможно, это было цунами, вызванное землетрясением. О землетрясении говорят остатки обрушения купола пещеры.

После того как воды потопа схлынули и прекратились подземные толчки, пещера вновь была заселена немногочисленными уцелевшими обитателями этих мест. То, что в живых остались лишь немногие, подтверждает рекордно медленное накопление культурного слоя в последующую эпоху.

Когда же случилась катастрофа? По данным американских археологов, использовавших радиоуглеродный метод, со времени землетрясения прошло около 12 тысячелетий. Атлантологи считают, что результаты, добытые учёными в пещере Шанидар, подтверждают: 12 тыс. лет назад землетрясение и цунами уничтожили и поглотили Атлантиду Платона.

А вот как о последствиях, возможно, того же наводнения пишет Платон: «После великих наводнений остался, как бывает с малыми островами, сравнительно с прежним состоянием лишь скелет истощённого недугом тела, когда почва и вся мягкая и тучная земля оказались смытыми и только один остов ещё перед нами. Но во времена атлантов ещё не повреждённый край имел и высокие многохолмные горы, и равнины, и обильные леса в горах».

На протяжении четвертичного геологического периода по крайней мере трижды наступали и уходили эпохи материкового оледенения. Однако учёные не связывают медленные глобальные колебания климатических условий с катастрофами на нашей планете.

АТЛАНТОЛОГИ СЧИТАЮТ, ЧТО РЕЗУЛЬТАТЫ, ДОБЫТЫЕ УЧЁНЫМИ В ПЕЩЕРЕ ШАНИДАР, ПОДТВЕРЖДАЮТ: 12 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ И ЦУНАМИ УНИЧТОЖИЛИ И ПОГЛОТИЛИ АТЛАНТИДУ ПЛАТОНА.

Исследования продолжаются. В последние годы учёные получили новые данные о структуре и составе пород на дне Атлантического океана в районе предположительного расположения легендарной Атлантиды. В частности, экспедиции Ламонтской обсерватории исследовали здесь донные грунты, для чего в нескольких точках взяли колонки осадочных пород высотой от 4 до 10 м. Учитывая, что скорость осадконакопления ила в Атлантике не более 15 мм за 1000 лет, нетрудно подсчитать: отложения времён гибели гипотетической Атлантиды за 12 тыс. лет должны быть укрыты слоем ила толщиной не более двух метров. К сожалению для атлантологов, все колонки представляли собой обычные по структуре и составу океанические отложения известковых илов органического происхождения. Ни в одной из проб не было следов материковых отложений.

ГЛАВА IV

ТУНГУССКАЯ КАТАСТРОФА — ЗАГАДКА XX ВЕКА

Взрыв, прогремевший утром 30 июня 1908 г. в бассейне реки Подкаменная Тунгуска, стал первой документально подтверждённой региональной катастрофой, вызванной столкновением с Землёй космического тела. Огромный огненный шар пронёсся с юго-востока на северо-запад над сибирской тайгой и в 0 ч 14 мин по Гринвичу (в 7 ч 14 мин по местному времени) взорвался, вызвав грозы, лесные пожары и вывал вековой тайги на площади около 2000 км^2. В результате катастрофы огромный участок тайги радиусом от 30 до 40 км на многие годы превратился в могильник поваленного леса.

Пролёт необычайно яркого болида наблюдали на огромной территории Восточной Сибири в междуречье Лены и Подкаменной Тунгуски. Раскаты, подобные грому, в то утро слышали от Енисея до Лены. Вызванное взрывом землетрясение отметили сейсмостанции, а взрывная воздушная волна дважды обежала вокруг земного шара со скоростью 1145 км/ч и была записана барографами как кратковременное повышение атмосферного давления. На Иркутской геофизической обсерватории магнитометр зарегистрировал магнитную бурю. Мощность взрыва, по различным оценкам, была от 10 до 40 мегатонн тротилового эквивалента. Это в 1000 раз больше разрушительной энергии атомной бомбы, взорванной американцами в 1945 г. над японским городом Хиросимой.

Необычное явление наблюдали тысячи людей, вот свидетельство очевидца: «Я сразу же выбежал во двор… и увидел на юго-западе, на высоте приблизительно половины расстояния между зенитом и горизонтом, летящий красный шар, а по бокам и позади него радужные полосы. Шар летел три-четыре секунды и исчез на северо-востоке». Взрыв был такой силы, что его видели в городе Киренске на Лене на расстоянии 450 км, значит, в высоту он достигал 20 км. В 200 км от эпицентра взрывная волна на Ангаре «воду гнала валом» и перевернула плот. В десятках километрах от катастрофы «огонь был ярче солнца, земля и избы сильно дрожали, а в избах с потолков сыпалась земля», всё гремело, тряслось, деревья и лошади падали, буря валила людей с ног и сбрасывала с берега в реку. Многие вспоминают, что даже сквозь одежду чув-

Фотография сплошного вывала леса на месте падения Тунгусского метеорита

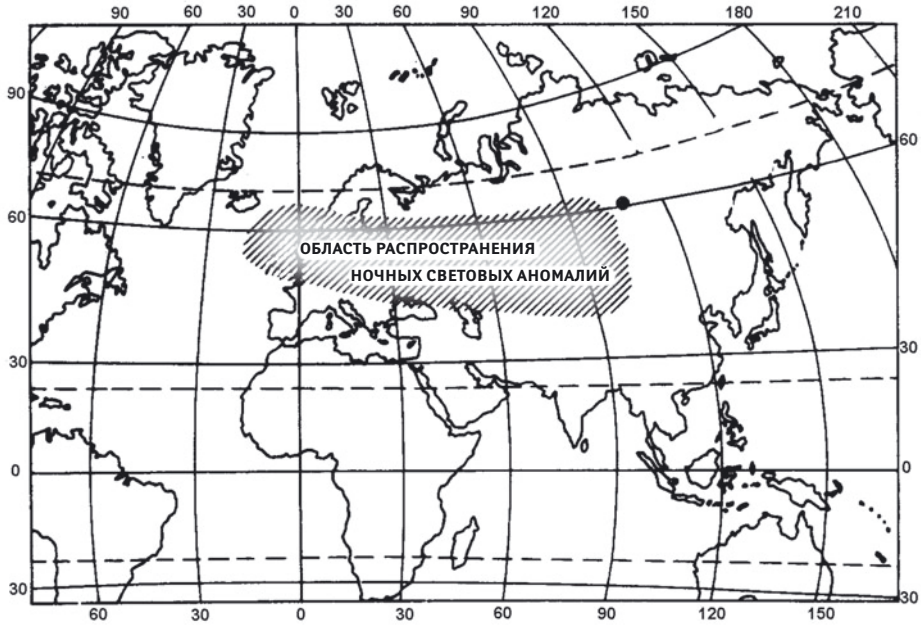
ствовали обжигающую волну воздуха: «Небо раздвоилось, и в нём широко и высоко над лесом появился огонь, который охватил всю северную часть неба. В этот момент мне стало так горячо, словно на мне загорелась рубашка…»

Огненный ураган напугал эвенков-оленеводов. Недалеко от центра катастрофы в то утро оказался чум эвенка Ивана Петрова, он остановился там с оленьим стадом. Страшный взрыв подбросил чум и его обитателей на несколько метров от земли. Иван ударился о дерево, сломал руку, лишился чувств и надолго потерял дар речи. Ураган валил с ног оленей, а некоторых забрасывал на деревья. После 30 июня 1908 г. необычно светлые ночи наблюдались вплоть до Атлантики: в Гринвиче среди ночи удалось получить нормальный фотоснимок, а в Средней Азии около полуночи можно было на улице читать газету.

ЧТО ПРОИЗОШЛО НАД СИБИРСКОЙ ТАЙГОЙ?

Масштабы случившейся катастрофы стали известны миру значительно позднее самого события. Первым учёным, зафиксировавшим последствие тунгусской катастрофы, был директор Иркутской магнитной и метеорологической обсерватории А.В. Вознесенский. Сейсмографы зарегистрировали 30 июня в 7 ч местного времени необычное поверхностное землетрясение, источник которого, по вычислениям учёного, находился на 900 км к северу от Иркутска в бассейне реки Подкаменная Тунгуска. Характер записи землетрясения был настолько невероятным, что А.В. Вознесенский не решился её обнародовать.

Тем временем сообщения о пролёте яркого болида появились в нескольких сибирских газетах. Томская «Сибирская жизнь» 12 июля 1908 г. дала «самое точное» описание необычного явления. Она сообщала буквально следующее: «В половине июня 1908 г., около 8 ч утра в нескольких саженях от полотна железной дороги, близ разъезда Филимоново, не доезжая 11 вёрст до Канска, по рассказам, упал огромный метеорит. Падение его сопровождалось страшным гулом и оглушительным ударом, который будто бы был слышен на расстоянии более 40 верст. Пассажиры подходившего во время падения метеорита к разъезду поезда были поражены необычайным гулом; поезд был остановлен машинистом, и публика хлынула к месту падения далекого странника. Но осмотреть метеорит ближе ей не уда-



Аномально светлые ночи наблюдались на территории Евразии к западу от места катастрофы

лось, так как он был раскалён. Впоследствии, когда он уже остыл, его осмотрели разные лица с разъезда и проезжавшие по дороге инженеры и, вероятно, окапывали его. По рассказам этих лиц, метеорит почти весь врезался в землю — торчит лишь его верхушка; он представляет каменную массу беловатого цвета, достигающую величины будто бы в 6 кубических сажен». В этой заметке А. Андрианова очень мало правды и очень много вымысла. Мы привели её здесь потому, что потом, как мы увидим, ей суждено было сыграть важную роль в истории исследования Тунгусского метеорита.

Как выяснил московский астроном В.А. Бронштэн, 12 сентября того же года по материалам сибирских газет о падении метеорита у разъезда Филимоново появилось сообщение в столичной газете «Санкт-Петербургские ведомости». Заметку прочитал академик С.Ф. Ольденбург и направил телеграфный запрос енисейскому губернатору с просьбой прислать образцы упавшего метеорита и организовать охрану его основной части. В своём ответе губернатор сообщил, что организованная им проверка не подтвердила факт падения метеорита, а слухи об этом — результат неверных сообщений в местной печати. Между тем у губернатора был официальный рапорт за № 2979, направленный ему 19 июня 1908 г. уездным исправником И.К. Солониной, в котором сообщалось: «17-го минувшего июня, в 7 ч. утра над селом Кежемским (на Ангаре) с юга по направлению к северу, при ясной погоде высоко в небесном пространстве пролетел громадных размеров аэролит, который, разрядившись, произвёл ряд звуков, подобных выстрелам из орудий, а затем исчез».

Если бы губернатор сопоставил запрос Ольденбурга с рапортом исправника, он должен был бы дать в Академию наук совсем другой ответ. Но как известно, история не имеет сослагательного наклонения, и в 1908 г. в «Известиях Академии наук» появилось официальное опровержение сообщений о падении метеорита в Сибири. И о событии на долгие годы забыли — исследование уникального явления природы было отсрочено почти на полтора десятилетия.

Леонид Алексеевич Кулик

Российские и западные учёные, наблюдавшие аномально светлые ночи и необычно яркие светящиеся серебристые облака и не имевшие представления о случившемся в Сибири, естественно, не могли связать между собой эти явления. Некоторые пришли к выводу, что наша планета встретила на своём пути облако межпланетной пыли. Лишь датский учёный Торвальд Кооль связал оптические явления в атмосфере с возможным падением на Землю небесного тела.

История исследования Тунгусского метеорита началась как будто бы совершенно случайно: в начале осени 1921 г. Д.О. Святский передал Л.А. Кулику заметку из отрывного календаря Отто Кирхнера за 1910 г. Но отнюдь

не случайно именно эти люди оказались действующими лицами этой истории. Оба они были активными деятелями Русского общества любителей мироведения (РОЛМ). Даниил Осипович Святский — редактор журнала «Мироведение» и крупнейший в России знаток истории астрономии. Леонид Алексеевич Кулик в то время заведовал отделом метеоритов РОЛМ и метеоритным отделом Минералогического музея в Петрограде. Именно от лица РОЛМ при поддержке двух академиков — В.И. Вернадского, С.Ф. Ольденбурга и наркома (министра) просвещения Российской Федерации А.В. Луначарского Л.А. Кулику удалось организовать свою экспедицию в Сибирь для сбора выпавших ранее метеоритов. В листке старого календаря, переданном Л.А. Кулику накануне выезда, была воспроизведена та самая заметка из газеты «Сибирская жизнь», в которой сообщалось о падении в 1908 г. огромного метеорита вблизи города Канска. Заметка была дана на всякий случай для проверки сообщения на месте.

Аномально яркие серебристые облака

Это незначительное событие не только круто изменило всю дальнейшую жизнь Л.А. Кулика, но и стало началом продолжающейся и сегодня более чем вековой истории исследования тунгусской катастрофы. Л.А. Кулик с интуицией истинного ученого за строками переданного ему неполного текста заметки увидел уникальное явление природы.

Первая экспедиция Л.А. Кулика в Сибирь продолжалась около 9 месяцев. У разъезда Филимоново очевидцы рассказали ему о пролете Тунгусского болида 30 июня 1908 г. Исследователь объездил многие места к северу от Канска, беседовал с очевидцами события, разослал и получил десятки анкет, в которых сообщалось об обстоятельствах пролёта метеорита. В результате Л.А. Кулик пришёл к выводу, что метеорит упал гораздо севернее Канска в районе реки Подкаменная Тунгуска. На основании полученных сведений учёный составил и карту-схему района падения метеорита.

С выводами Л.А. Кулика поначалу не согласились многие специалисты. Однако неожиданную поддержку он получил от бывшего директора Иркутской обсерватории А.В. Вознесенского. Он, ознакомившись с материалами Кулика, выступил с сообщением в Обществе любителей мироведения об уже упоминавшемся нами странном землетрясении 30 июня 1908 г.

В дальнейшем геофизик рассказал об этом, а также о свидетельствах очевидцев пролёта болида в журнале «Мироведение». Работа Вознесенского содержала целый ряд важных выводов и результатов. Он довольно точно определил координаты эпицентра взрыва, направление траектории болида, на основании записей сейсмографов и барографа уточнил время события. И, что особенно интересно, на основе анализа дви-

жения воздушных волн, зарегистрированных барографом, впервые утверждал, что метеорит взорвался, не долетев до земной поверхности. Примерно в то же время в том же журнале появилась статья геолога С.В. Обручева, в ней содержалось первое сообщение о сплошном вывале деревьев на площади в несколько сотен квадратных километров в бассейне Подкаменной Тунгуски недалеко от фактории Ванавара. Наконец, в 1927 г. в журнале «Мироведение» появилась ещё одна статья члена Географического общества этнографа И.М. Суслова.

В этой статье учёный обобщил результаты опроса 60 делегатов съезда эвенков, в работе которого он принимал участие как председатель Красноярского комитета содействия народам Севера. Из их рассказов следовало, что в июне 1908 г. в бассейне реки Чамбы — притока Катанги (так местные жители называли Подкаменную Тунгуску) с неба обрушился огонь, который валил тайгу, палил лес, «кончал оленей»… Много ценных сведений о тунгусской катастрофе сообщил И.М. Суслову эвенк Лючеткан. Он не только рассказал о самом событии, но начертил схему района катастрофы, отметив на ней местонахождение чумов, больше других пострадавших в то страшное утро.

Поддержка учёных и помощь В.И. Вернадского позволили Кулику в феврале 1927 г. снарядить первую экспедицию Академии наук для поиска Тунгусского метеорита. В посёлке Ванавара Л.А. Кулик познакомился с местным сторожилом Лючетканом (Ильёй Потаповичем Петровым), который стал ему незаменимым помощником.

Причудливый излом дерева в районе катастрофы

Из бесед с местными жителями выяснилось, что до места падения метеорита надо двигаться ещё на 80 км на север. Л.А. Кулик решил немедленно отправиться к месту катастрофы верхом на лошадях в сопровождении И.П. Петрова. Но дойти до цели не удалось — лошади вязли в глубоком снегу. Вторую попытку подготовили более фундаментально. Было решено ехать вместе с семейством эвенка Охчена на оленьих нартах.

Вскоре первая задача экспедиции была решена — обнаружено начало области сплошного вывала. Л.А. Кулик поднялся на ближайшую сопку, посмотрел вокруг и был поражен открывшейся панорамой. Если к югу простиралась обычная зимняя сине-зелёная тайга, то на север, северо-восток и северо-запад, насколько хватало глаз, лес был повален. Холмы и сопки, лишённые деревьев, мёртво белели под солнцем.

Вот запись, сделанная ученым под впечатлением увиденного.

«Ошеломляющая картина открылась передо мной… Еще недавно, по заверению местных жителей, здесь синела тайга, бесконечная, могучая. Теперь вся она уничтожена, повалена на землю, лежит параллельными рядами голых, без ветвей и коры, стволов… Я не могу реально представить себе всей грандиозности картины этого исключительного падения… Не видно отсюда, с нашего наблюдательного пункта, и признаков леса: всё повалено и сожжено, а вокруг на эту мёртвую площадь надвинулась молодая, двадцатилетняя поросль… И жутко становится, когда видишь десяти-, двадцативершковых великанов, переломанных пополам, как тростник…»

«И ЖУТКО СТАНОВИТСЯ, КОГДА ВИДИШЬ ДЕСЯТИ-, ДВАДЦАТИВЕРШКОВЫХ ВЕЛИКАНОВ, ПЕРЕЛОМАННЫХ ПОПОЛАМ, КАК ТРОСТНИК…»

Кулик хотел сделать несколько маршрутов в глубь области бурелома, но его проводник категорически отказался задерживаться в страшном мёртвом месте. Пришлось возвратиться в Ванавару. 30 апреля Л.А. Кулик добрался до центральной части бурелома. Она представляла собой котловину, окружённую сопками, стало ясно, что вековые деревья, поваленные на десятки километров кругом, словно соломинки, уложила одна невообразимо огромная сила. Не случайно они лежали не беспорядочно, а как по команде: вершинами — наружу, а корнями — к котловине, указывая таким образом источник разрушений. Только теперь учёный осознал и представил всю грандиозность случившейся здесь катастрофы: «Струёю огненной из раскалённых газов и холодных тел метеорит ударил в котловину с ее холмами, тундрой и болотом… и струя раскалённых газов с роем тел вонзилась в землю и непосредственным воздействием, а также и взрывной отдачей произвела всю эту мощную картину разрушения». Правда, в центральной части, где всё, казалось бы, должно быть уничтожено, часть деревьев осталась стоять, хотя многие из них были с обломанными сучьями и вершинами.

Более подробное обследование центральной области позволило выявить несколько десятков довольно свежих воронок поперечником до 50 м и глубиной до 4 м. Л.А. Кулик был почти счастлив: ему удалось найти место падения основной массы Тунгусского метеорита и отдельных его частей. К сожалению, круглые ямы были заполнены водой.

Вернувшись в Ленинград, Л.А. Кулик выступил с отчётом о результатах экспедиции. При поддержке научной общественности, Академии наук и прежде всего академиков В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, А.А. Григорьева ему удалось добиться решения об организации дальнейших исследований места падения Тунгусского метеорита в следующем году. В начале апреля 1928 г. Кулик вновь, уже во главе более многочисленной экспедиции, отправился к месту катастрофы.

В этот раз из Ванавары решили сплавляться на лодках-плоскодонках по рекам: вниз по течению Подкаменной Тунгуски до устья Чамбэ, а затем вверх по рекам Чамбэ и Хушмо. На лодки погрузили не только оборудование и продовольствие, но и лошадей. Предприятие оказалось чрезвычайно трудным и рискованным.

Наконец прибыли к месту катастрофы, приступили к обследованию центральной зоны и нескольких кратеров. Но и на этот раз поиски метеоритных масс в воронках оказались безуспешными, а отпущенные средства подошли к концу. Л.А. Кулик решает отправить краеведа и зоолога В.А. Сытина в столицу добывать дополнительное финансирование, а сам без помощников остаётся для продолжения работ — проведения топографической, геодезической и магнитографической съёмок места падения метеорита. План удаётся. Сытин возвращается глубокой осенью не только с деньгами, но в сопровождении представителей научной общественности и журналистов. Среди приехавших был И.М. Суслов. Предприимчивый Л.А. Кулик привлекает всех прибывших к проведению магнитографических съёмок и других работ. Учёный убеждён, что выпавший метеорит был железным, и надеялся с помощью магнитометров отыскать его осколки. К сожалению, магнитометры не показали присутствия в воронках железных масс. Попытались прорыть выемку через борт одной из воронок, но в её структуре не было обнаружено черт, указывающих на ударный характер происхождения.

Группа участников экспедиции Кулика 1929—1930 гг.

Особые надежды Л.А. Кулик связывал с 32-метровой воронкой, которую он в честь И.М. Суслова назвал Сусловской. С неё он решил начать поиск метеоритных масс весной следующего, 1929 г. с участниками самой многолюдной и оснащённой специальным оборудованием экспедиции. Теперь в распоряжении учёных были насосы для откачки воды и буровые установки. По счастью, Сусловская воронка находилась на некотором возвышении, и можно было, прорыв дренажную траншею, попытаться её осушить. Тяжёлые земляные работы продолжались почти месяц. Длина траншеи при глубине 4 м оказалась больше поперечника воронки. Когда вода стекла в низину и дно обнажилось, приступили к его очистке и поиску метеоритной глыбы.

Можно представить чувства и переживания, охватившие Л.А. Кулика и его сотрудников, когда они почти в самом центре воронки обнаружили… ничем не потревоженный пень с хорошо развитой корневой системой. Большинство участников поисков почувствовали страшную усталость и разочарование. Тем более что некоторые из них, и раньше

других Е.Л. Кринов, пытались убедить руководителя экспедиции, что воронки не имеют ни малейшего отношения к метеориту. Они типичны для зон со слоями вечной мерзлоты. Об этом многие учёные говорили Л.А. Кулику и во время его отчётов в столице. Тот же Е.Л. Кринов и некоторые другие считали, что метеорит упал в южной части центральной котловины, которую называли Южным болотом. Однако Л.А. Кулик был непреклонен и приказал продолжать расчистку, а затем и бурение Сусловской воронки. Не согласного с ним Е.Л. Кринова руководитель экспедиции в гневе отстранил от дел и предложил ему покинуть место катастрофы. Бурение продолжалось и зимой, несмотря на то что ещё несколько членов экспедиции уехали с места работ. Три пробуренных скважины не только не обнаружили метеоритных масс, но в конце концов убедили Л.А. Кулика в собственной неправоте. Осенью 1930 г. Кулик уезжает в Ленинград в надежде в дальнейшем продолжить поиск огромного метеорита в Южном болоте.

Однако судьбе было угодно распорядиться иначе. Лишь весной 1933 года Кулик в одиночку добирается до места катастрофы, чтобы взять там пробы снега на присутствие в нём космической пыли. А экспедиционные исследования на месте катастрофы с небольшим числом сотрудников Л.А. Кулику удалось возобновить только в 1939 г. Но до того времени благодаря настойчивости Кулика Президиум Академии наук по докладу академика Вернадского принимает решение обратиться с просьбой в Главное управление Северного морского пути провести аэрофотосъёмку района катастрофы. Предложение Академии наук поддержал академик О.Ю. Шмидт, в то время руководивший Управлением «Главсевморпуть». После нескольких неудачных попыток летом 1938 г. с участием Кулика была проведена съёмка центральной части района вывала леса. О результатах аэрофотосъёмки в конце того же года Л.А. Кулик доложил на собрании Отделения математических и естественных наук (ОМЕН) Академии наук СССР. По мнению докладчика, полученные с самолёта снимки представляют собой «исключительно ценный документальный научный материал, удостоверяющий единственный на земном шаре своеобразный радиальный вывал леса, вызванный взрывом при падении гигантского метеорита». Показанные материалы и их анализ, выполненный Куликом, произвели на учёных большое впечатление.

Вывал леса в районе катастрофы

Опираясь на поддержку Академии наук, в 1939 г. удалось организовать дальнейшую работу: произвести более качественную и полную стереоскопическую аэрофотосъёмку и выехать в 4-ю экспедицию к месту падения Тунгусского метеорита.

Участники экспедиции должны были провести геодезические работы для обеспечения аэрофотосъёмок и изучение строения дна Южного болота. Решение второй задачи особенно занимало Л.А. Кулика. Он надеялся найти в болоте если не сам Тунгусский метеорит, то хотя бы образованные им кратеры.

Тунгусская катастрофа

Огромный огненный шар пронёсся с юго-востока на северо-запад над сибирской тайгой и взорвался, вызвав грозы, лесные пожары и вывал вековой тайги на площади около **2000 км²**.

Зона пожара

Взрывная воздушная волна дважды обежала вокруг земного шара со скоростью 1145 км/ч и была записана барографами как кратковременное повышение атмосферного давления.

Мощность взрыва метеорите была в 1000 раз больше разрушительной энергии атомной бомбы, взорванной американцами в 1945 г. над японским городом Хиросимой.

У этого события было более 150 очевидцев.

10–40
МЕГАТОНН

На расстоянии **450** Был виден взрыв (его видели в городе Киренске на Лене), значит, в высоту он достигал 20 км.

Экспедиции в Сибирь

1908
Первая экспедиция Л.А. Кулика в Сибирь продолжалась около 9 месяцев.

1927
Первую экспедиция Академии наук (во главе с Куликом) для поиска Тунгусского метеорита.

1927
Более многочисленная экспедиция к месту катастрофы.

1929
Самая многолюдная и оснащёння экспедиция.

1933
Кулик в одиночку добирается до места катастрофы.

1939
Экспедиция с небольшим числом сотрудников.

1953
В Академии наук наконец было принято решение возобновить экспедиции.

1958
Работала комплексная летняя экспедиция на месте катастрофы.

1959
Два летних месяца работала КСЭ в районе катастрофы (12 человек).

1960
Второй выезд КСЭ в составе 73 человек.

1961
Самая масштабная экспедиция на место тунгусской катастрофы (около 80 человек).

Ясных результатов и здесь поначалу получить не удалось. Кулик надеялся организовать масштабную магнитную съёмку болота для поиска на его дне метеорита в следующем году. А академик А.Е. Ферсман даже предлагал осушить болото, чтобы затем собрать лежащие на дне метеориты. Поскольку на 1940 г. финансирования экспедиции получить не успели, решили организовать большую экспедицию годом позднее. Тем более что это решение поддержал вице-президент Академии наук О.Ю. Шмидт. Но в следующем, 1941 г. началась война с фашистской Германией.

Л.А. Кулик, несмотря на преклонный возраст (ему было почти 60 лет), ушёл добровольцем в народное ополчение, под Смоленском был ранен, попал в плен и там весной 1942 г. скончался от тифа. Свидетели болезни и кончины учёного потом рассказывали, что и в тифозном бреду он требовал отпустить его на поиск небесного тела, которое закопалось в сибирской тайге.

Удивительна и трогательна преданность учёного идее поиска Тунгусского метеорита, служению которой он отдался без остатка с 1921 г. и до конца своих дней. В экспедициях даже в короткие вечерние часы отдыха Л.А. Кулик не переставал думать о загадке метеорита, записывал свои впечатления и размышления, писал рассказы и даже стихи:

…Гром! Встрепенулась тайга и затихла.
Пламя! Луч солнца ослабил свой свет.
С грохотом мчится по небу светило,
Сыплются искры, и тянется след.
Жуть!.. Тишина… лишь удары несутся,
Облако виснет у края небес.
Там у тунгусов олени пасутся,
Валит там воздухом девственный лес.
Мечутся звери, в смятении люди,
Рев и проклятья… А небо гремит!
Где же виновник всех этих явлений?
Где же Тунгусский наш метеорит?

ПОИСКИ ПРОДОЛЖАЮТСЯ

После окончания войны Комитет по метеоритам Академии наук вел подготовку к новым экспедициям на место тунгусской катастрофы. Всплеск интереса к тайне Тунгусского метеорита возбудил писатель-фантаст Александр Казанцев. В первом номере журнала «Вокруг света» за 1946 г. он опубликовал «двухэтажный» рассказ «Взрыв». На одном «этаже» журнальных страниц более или менее точно автор сообщал факты, относящиеся к тунгусскому событию и истории его исследования. Параллельно талантливо излагался фантастический сюжет, согласно которому над тунгусской тайгой 30 июня 1908 г. потерпел катастрофу инопланетный марсианский корабль с ядерным двигателем. При этом многие обстоятельства в «фактической» части рассказа были просто вымышлены. Например, как достоверный факт было приведено безосновательное утверждение о распространении среди местных жителей лучевой болезни. Были и другие фантастические домыслы. Одна-

ко в одном важном утверждении фантаст с инженерным образованием оказался прав: космическое тело, не достигнув земной поверхности, взорвалось над тайгой на высоте нескольких километров, что впоследствии установили и учёные.

В 1947 г. на Дальнем Востоке выпал Сихотэ-Алиньский метеоритный дождь. Учёные, помня уроки несвоевременно начавшегося изучения обстоятельств тунгусской катастрофы, переключили своё внимание на исследование этого явления и сбор метеоритного вещества.

В 1949 г. в издательстве Академии наук вышла в свет книга уже знакомого нам Е.Л. Кринова «Тунгусский метеорит». В монографии учёный не только подробно рассказал историю изучения феноменального события, но обосновывал своё утверждение о месте удара «пришельца из космоса». Автор был убеждён, что Тунгусский метеорит с космической скоростью врезался в сухое болото, что привело к взрыву и образованию кратера. В результате произошёл быстрый подъём грунтовых вод, и на месте сухого торфяника образовалось современное Южное болото. По мнению учёного, оставалось на месте обследовать Южное болото и определить его возраст.

В 1947 г. НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ ВЫПАЛ СИХОТЭ-АЛИНЬСКИЙ МЕТЕОРИТНЫЙ ДОЖДЬ.

Тем временем на страницах печати продолжалась полемика между специалистами в области метеоритики и сторонниками инопланетной природы тунгусского события. Большая часть широкой публики, в особенности молодёжь, была на стороне писателя А. Казанцева.

В 1950 г. другой писатель, Б.В. Ляпунов, в своей статье в популярном журнале «Знание — сила» приводил доводы в защиту идеи взрыва в 1908 г. не межпланетного, а межзвёздного корабля. При этом писатель ссылался на некоего французского астронома, имени которого не называл, будто бы наблюдавшего в телескоп до взрыва в Сибири «новое маленькое небесное тело». Этот объект и был, по мнению писателя, звездолётом, у которого отказали тормозные двигатели. В моменты, когда они вновь начинали работать, и раздавались раскаты, напоминающие громовые, которые были слышны перед взрывом. Взрыв корабля и стал причиной образования Южного болота.

В Академии наук наконец было принято принципиальное решение возобновить экспедиционные исследования тунгусской катастрофы. В 1953 г. по просьбе Комитета по метеоритам геохимик К.П. Флоренский (сын известного учёного и религиозного деятеля отца Павла Флоренского) вместе с Л.Д. Кузнецовой в бассейне Подкаменной Тунгуски провели рекогносцировочный осмотр района катастрофы. Прибыв в Ванавару, К.П. Флоренский убедил местных руководителей предоставить в распоряжение учёных самолёт По-2 для осмотра района вывала леса. Оказалось, что вывал леса и его радиальный характер по-прежнему хорошо просматриваются. Пытались с борта самолёта увидеть кольцевые структуры, возможно, метеоритного происхождения. Летали и над Южным

болотом. Ничего «подозрительного» обнаружить не удалось. После завершения воздушной разведки К.П. Флоренский и его спутники (к москвичам присоединились местный учитель Б.Е. Мартинович и проводник Илья Джинкоуль) совершили несколько пеших походов по местам работы Л.А. Кулика. Они были на реке Хушмо, в Центральной котловине, на заимке Кулика, осмотрели сооружения, построенные под руководством Л.А. Кулика. К.П. Флоренский определил и возможную стратегию будущих исследований: сначала обследовать окружающий район и лишь затем в сравнении с фоном изучать «подозреваемое» в метеоритном происхождении Южное болото.

Константин Павлович Флоренский и Игорь Тимофеевич Зоткин

Как оказалось, не зря К.П. Флоренский столь серьёзно и обстоятельно отнёсся к поручению Комитета по метеоритам. Именно ему — доктору геолого-минералогических наук, ученику В.И. Вернадского — Академия наук поручила возглавить первую после войны экспедицию на место падения Тунгусского метеорита.

Руководство Комитета по метеоритам — председатель академик В.Г. Фесенков и учёный секретарь Е.Л. Кринов решили приурочить возобновление исследований на месте тунгусской катастрофы к ее полувековому юбилею. Комплексная экспедиция работала на месте катастрофы летом 1958 г. Среди её участников помимо геохимика К.П. Флоренского были астроном, геолог, минералог, два химика, физик, охотовед — участник экспедиции Кулика — и кинооператор.

Организации экспедиции предшествовало знаменательное событие: в пробах грунта, взятых Л.А. Куликом с места падения Тунгусского метеорита, в 1957 г. удалось обнаружить железоникелевые частицы размером до нескольких миллиметров и микроскопические магнетитовые шарики, содержащие никель и кобальт. Химический состав находок в точности соответствовал железным метеоритам! В газетах появились сообщения, что тайна тунгусской катастрофы учёными наконец-то раскрыта. Причём раскрыта, так сказать, не выходя из лаборатории Комитета по метеоритам. Многие специалисты считали, что теперь остаётся отыскать кратер, образованный ударом метеорита, и осколки космического «пришельца».

И вот участники экспедиции ступили на «Тропу Кулика». Так до сих пор называют путь через тайгу к заимке Л.А. Кулика, проложенный им и его помощниками. 30 июня торжественным обедом отметили юбилей «приземления» Тунгусского метеорита и приступили к поискам. Было решено, в частности, повторить кольцевой маршрут Кулика по сопкам, окружающим центр взрыва. И хоть со дня страшной катастрофы к тому времени минуло 50 лет, её следы впечатляли. Радиальный характер вывала леса хорошо прослеживался. Вот как описывал увиденное на маршруте один из участников экспедиции геолог Б.И. Вронский:

«Открывавшаяся перед нами картина поражала своей грандиозностью. На вершине и склонах водораздела, как будто скошенные гигантской косой, среди молодого леса

лежали необозримыми рядами стволы поваленных деревьев — печальные свидетели и жертвы катастрофы 1908 года. Мы медленно продвигались вперёд, тщательно замеряя компасом направление поваленных деревьев, описывая и нанося эти данные на карту. Интересно было наблюдать, с какой закономерностью изменялось направление лежащих деревьев, поваленных 50 лет назад…

Мы прекрасно знали об этой закономерности, открытой в своё время Куликом, но, тем не менее, она поразила нас своими масштабами: одно дело видеть это на бумаге, другое — в натуре, на местности».

Во взятых пробах грунта метеоритного вещества не нашли. Обследовав Южное болото, учёные пришли к выводу, что его возраст не 5 десятков, а, возможно, около 5 тысяч лет. Характер залегания слоев на болоте и на островах показал, что они ничем не нарушались с очень давних пор. И, следовательно, на поверхности болота не только не было большого взрыва, но и крупные метеоритные массы своим падением не нарушали естественного залегания болотного покрова.

Откуда же появились железоникелевые чешуйки, обнаруженные сотрудником Комитета по метеоритам в пробах, привезённых Куликом? Скорее всего, решили учёные, они были случайно засорены веществом Сихотэ-Алиньского метеорита, с образцами которого велись разнообразные работы в помещениях Комитета.

После завершения экспедиции и возвращения в Москву исследователи приступили к обработке и анализу собранных материалов. А в это время в Томске полным ходом велась подготовка к новой комплексной экспедиции. Правда, готовили её не учёные-специалисты, а группа аспирантов и студентов Томского медицинского института и Томского университета. Руководил разработкой программы и подготовкой экспедиции сотрудник одной из лабораторий мединститута врач и инженер Г. Ф. Плеханов. Эта группа энтузиастов называлась Комплексной самодеятельной экспедицией, или сокращенно КСЭ. Участники КСЭ потом рассказывали, что «виноват» в рождении коллектива был А. Казанцев. Горячее обсуждение статей писателя-фантаста о катастрофе космического корабля над тайгой в конце концов привело к мысли выехать на место и там самим разобраться, кто прав — Казанцев или учёные.

К реализации этой идеи члены КСЭ отнеслись вполне ответственно: всерьёз занялись самообразованием, консультировались со специалистами в Томске, в Москве обсуждали программу работ в Комитете по метеоритам.

Два летних месяца 1959 г. работала КСЭ в районе катастрофы. Участники экспедиции опрашивали свидетелей события, собирали пробы грунта, измеряли уровень радиоактивности, исследовали состав золы катастрофных деревьев. Наряду с этим выясняли в медицинских учреждениях, не было ли у местных жителей заболеваний, вызванных облучением от взрыва ядерного двигателя «космического корабля Казанцева». Было изучено 2000 историй болезни пациентов больницы в Ванаваре. Мало того, исследовали содержание стронция-90 в костях эвенков, умерших после 1908 г. Оказалось, никаких необычных заболеваний у эвенков не было.

Результаты первого этапа работы КСЭ и программа дальнейших исследований были представлены Г. Ф. Плехановым в 1960 г. на собрании в Москве, посвящённом проблеме Тунгусского метеорита. Московские учёные поддержали деятельность КСЭ.

Если в первом выезде КСЭ участвовали 12 человек, то в составе экспедиции 1960 г., поддержанной Комитетом по метеоритам и Сибирским отделением Академии наук, работали 73 человека. Среди них — 22 сотрудника ракетно-космического предприятия из подмосковного Калининграда. Эта группа была направлена по указанию руководителя предприятия академика С.П. Королёва. Её возглавлял В.А. Кошелев, а в составе был будущий известный космонавт Г.М. Гречко.

Комплексная экспедиция выполнила поистине огромный объём исследований и получила впечатляющие результаты.

Самая большая группа из 48 человек занималась поиском метеоритного вещества. Крупные фрагменты Тунгусского метеорита в двух крупных воронках (включая Сусловскую) и в Южном болоте искали с помощью магнитометрической съёмки. С той же целью миноискателями обследовали Северное болото и окружающие сопки. Результат оказался однозначно отрицательным — ничего не нашли. Зато интересные данные получили в итоге спектрального исследования химического состава нескольких сотен проб почвы и древесной золы. Оказалось, что к северо-западу от эпицентра есть район, отличающийся как повышенным содержанием никеля, кобальта и магния в почве, так и аномально высоким содержанием некоторых редкоземельных элементов в древесине.

Лабаз – изба времён экспедиции Кулика

Ещё одна многочисленная группа под руководством математика В.Г. Фаста детально изучала направления и площадь вывала деревьев. Была определена ориентировка 5500 поваленных взрывом стволов. После нанесения полученных данных на карту убедились, что все деревья повалены одним взрывом, случившимся на высоте около 10 км. Оказалось также, что область вывала не имеет формы круга. Она асимметрична. К востоку и к югу поваленный лес тянется в полтора-два раза дальше от эпицентра взрыва, чем к западу и к северу.

Участники КСЭ нанесли на карту центральной части области поваленного леса положение деревьев, выживших после катастрофы. Уцелевшие деревья были обследованы, описан характер их повреждений и особенности роста после 1908 г.

С особым интересом участники экспедиции ожидали результатов изучения Южного и Северного болот. Группа болотоведов подтвердила: оба природных комплекса существуют давно и их строение не несёт заметных следов тунгусской катастрофы. Чтобы сделать это лаконичное заключение, пришлось немало потрудиться. Достаточно сказать, что через всё Южное болото по трем направлениям через каждые 10 м болотоведы бурили скважины.

Русло Подкаменной Тунгуски

Продолжалась оценка уровня радиоактивности грунта. Но как исключить воздействие атомных взрывов, неоднократно производившихся после 1945 г.? Было найдено остроумное решение проблемы. Наряду с другими были взяты пробы грунта, «укрытого» избами Кулика. Повышения уровня радиации в слое после 1908 г. не установили. Как видим, участники КСЭ вполне основательно выполняли своё решение самостоятельно на месте оценить гипотезу А. Казанцева о взрыве межпланетного корабля над тунгусской тайгой.

Коллектив КСЭ, родившийся в середине прошлого столетия, ещё много лет успешно продолжал исследование тунгусского феномена, пока на его основе не была создана Комиссия по метеоритам и космической пыли Сибирского отделения Академии наук (СО АН).

Самая масштабная экспедиция на место тунгусской катастрофы была организована в 1961 г. Комитетом по метеоритам Академии наук. В её составе было около 80 человек, включая сибиряков — членов КСЭ. Во главе экспедиции был по-прежнему К.П. Флоренский. Учёные пришли к важным для разгадки тайны Тунгусского метеорита выводам.

Во-первых, стало ясно, что Тунгусский метеорит не был железным.

Во-вторых, Южное болото не является местом падения космического тела.

В-третьих, взрыв произошёл не на земной поверхности, а над центральной котловиной на высоте нескольких километров.

В-четвёртых, метеорит двигался с востока-юго-востока на запад-северо-запад. Последний вывод был сделан по двум основаниям. Контуры области поваленных взрывом деревьев представляют собой не круг, а скорей напоминают бабочку с раскрытыми крыльями. Ориентировка «бабочки» позволила уточнить траекторию движения Тунгус-

ского тела. Это подтвердили и результаты дополнительного опроса в 1960-е гг. более 150 очевидцев события.

Новые данные получены и по поиску внеземного вещества. Под руководством К.П. Флоренского во время всех экспедиций продолжался поиск магнетитовых и силикатных шариков космического происхождения. Их искали вокруг центральной котловины по возможности равномерно по концентрическим окружностям радиусом 20, 40, 60, 80 и более км от заимки Кулика.

ВЗРЫВ ПРОИЗОШЁЛ НЕ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, А НАД ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОТЛОВИНОЙ НА ВЫСОТЕ НЕСКОЛЬКИХ КИЛОМЕТРОВ.

Всего за 1961 и 1962 гг. пробы были получены в 140 точках. Не все пробы включали в себя магнетитовые шарики. Исследование состава шариков, выделенных из проб почвы, подтвердило их космическую природу. Содержание никеля в них достигало 10%.

Причём магнетитовых шариков в пробах было больше, чем силикатных. Эти данные ещё раз подтверждали, что 30 июня Земля на своём пути встретила не железный метеорит, а нечто иное.

Когда полученные данные обработали и отметили на карте, то получили ещё один интересный результат. На фоне пустых проб и проб с очень малым числом шариков выделялись гораздо более богатые космическим материалом пробы, образующие на карте полосу шириной от 50 до 60 км и длиной более 250 км. Своё начало полоса берет над Куликовской котловиной и уходит от неё в направлении на северо-запад.

Можно сделать вывод, что после взрыва и испарения практически всей массы Тунгусского тела некоторая часть вещества конденсировалась, сносилась ветром от эпицентра в названном направлении и постепенно оседала на грунт.

ЧТО ВЗОРВАЛОСЬ НАД ТУНГУССКОЙ ТАЙГОЙ 30 ИЮНЯ 1908 ГОДА?

Дольше века этот вопрос не даёт покоя учёным и всем любознательным людям. За это время было высказано множество гипотез, пытающихся объяснить одну из самых интригующих загадок. Часто новые гипотезы появляются по мере развития науки и техники.

Вот некоторые из предположений.

Это было движение и взрыв шаровой молнии необычайных размеров.

30 июня 1908 г. Земля столкнулась со сгустком космической пыли.

Взорвался и воспламенил всё вокруг выброс огромной массы природного газа, подожжённый молнией.

С Землёй столкнулась небольшая комета, ядро которой взорвалось, не долетев до земной поверхности.

Это был каменный метеорит, влетевший с космической скоростью и раздробившийся при резком торможении в земной атмосфере.

В земную атмосферу влетел сгусток металлического водорода, который, перемешавшись с кислородом воздуха, взорвался как гремучая смесь.

Космическое тело весьма полого и с большой скоростью вошло в атмосферу нашей планеты. Ударная волна уплотнённого воздуха произвела известные разрушения, а «космический гость», срикошетив, либо снова «выскочил» в космос, либо упал и затерялся вдали от места, где его уже столько лет ищут.

Произошёл аннигиляционный взрыв, т.к. с земным веществом столкнулся сгусток антивещества.

То был удар луча космического лазера.

В то утро Земля встретилась с небольшой чёрной дырой.

Это был взрыв электромагнитной природы: положительно заряженный железный метеорит, двигаясь с космической скоростью, индуцировал отрицательный заряд земной поверхности. При сближении до расстояния 15–20 км начался интенсивный электрический разряд, который и вызвал все разрушения.

Это лишь часть гипотез, пытавшихся объяснить причину того страшного взрыва. Их так много потому, что природа катастрофы до сих пор выяснена не до конца. Ни одна из гипотез не смогла полностью объяснить все явления и последствия, связанные с тунгусской катастрофой. А интерес к проблеме как в среде научной общественности, так и у широкой публики по-прежнему сохраняется.

Л.А. КУЛИК ВЫСКАЗЫВАЛ ПРЕДПОЛОЖЕНИЕ, ЧТО ТУНГУССКИЙ МЕТЕОРИТ БЫЛ ЧАСТЬЮ КОМЕТЫ ПОНСА–ВИННЕКЕ.

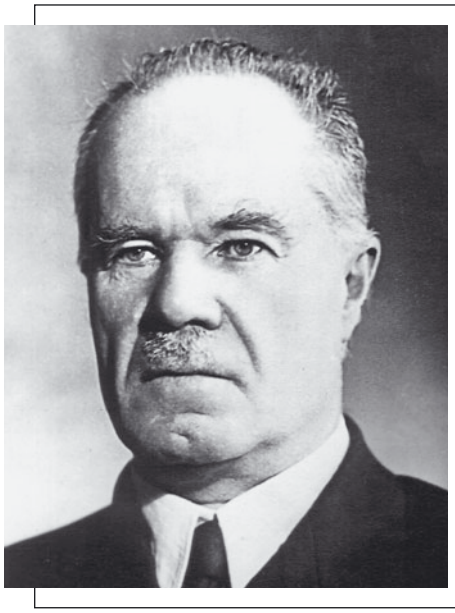
И всё же одно предположение принимает большая часть специалистов, занимающихся тунгусской проблемой.

Итак, некое тело рано утром 30 июня 1908 г. вторгается в атмосферу Земли, сверкая ярче Солнца. Оно мчится по небу и, пролетев за считаные мгновения несколько сот километров, не коснувшись земной поверхности, взрывается на высоте около 10 км. Пылевое облако, сопровождавшее космический объект, почему-то асимметрично вытянуто на запад.

Ещё Л.А. Кулик высказывал предположение, что Тунгусский метеорит был частью кометы Понса–Виннеке. Эта идея заинтересовала американского астронома Харлоу Шепли. В его вышедшей в 1930 г. книге «Полёты из хаоса. Обзор материальных систем от атомов до галактик» можно было прочесть и о предположении Кулика, и мнение самого автора: «Если бы Тунгусская масса наблюдалась бы за пределами земной ат-

мосферы, она, вероятно, рассматривалась бы как очень маленькая комета и математическая обработка её движения позволила бы получить орбиту, подобную орбите кометы Понса–Виннеке». Таким образом, можно считать, что фактическими соавторами кометной гипотезы природы тунгусской катастрофы были Л. А. Кулик и Х. Шепли.

Независимо от них в 1934 г. кометную гипотезу предложил английский метеоролог Френсис Уиппл. Английский учёный полагал, что только опустившийся вместе с метеоритом пылевой хвост мог породить наблюдавшиеся далеко от места взрыва светлые ночи. Значит, Тунгусский метеорит представлял собой маленькую комету.



Василий Григорьевич Фесенков

В начале 1960-х гг. объяснению природы тунгусского взрыва большое внимание уделял академик В. Г. Фесенков. Он не только поддержал кометную гипотезу, но и обосновал её. Механизм взрыва ядра кометы разработал профессор К. П. Станюкович. Позднее свою версию кометной гипотезы и взрыва выдвинул академик Г. И. Петров.

Автору в своё время при разных обстоятельствах довелось беседовать с этими учёными о проблеме Тунгусского метеорита. Познакомимся с сутью их взглядов на природу тунгусского феномена.

Так случилось, что 30 июня 1908 г. начинающий астроном Василий Фесенков должен был вести ночные наблюдения на обсерватории в Ташкенте. Но сделать ему это так и не удалось — ночь не наступила. Спустя почти полвека сотрудник Комитета по метеоритам И. Т. Зоткин по заданию председателя Комитета академика Василия Григорьевича Фесенкова едва ли не по всему свету собирал сведения о той замечательной ночи. Все получаемые данные наносили на карту мира. Оказалось, что к западу от Иркутского меридиана вплоть до Ирландии и на юг до линии Ташкент — Тбилиси — Бордо в ночь с 30 июня на 1 июля небо было необычайно светлым. В. Г. Фесенков пришёл к выводу, что 30 июня вторгшееся небесное тело притащило с собой целый шлейф тонкозернистого пылевого вещества, вытянувшегося в западном направлении. Этим небесным телом могла быть небольшая комета. Ядро кометы, согласно вычислениям Фесенкова, имело массу порядка миллиона тонн и поперечник до ста метров. То есть по сравнению с другими известными кометами была просто крошечной. При этом В. Г. Фесенков исходил из того, что ядро кометы «состояло из множества мелких частиц специфического строения и состава и, очевидно, не отличалось однородностью…» Подобные кометные ядра, писал В. Г. Фесенков, «не могут, как правило, преодолеть сопротивление земной атмосферы… Тунгусское тело не смогло достичь земной поверхности. Как показывают расчёты, его плотность была меньше плотности воды, в результате чего оно должно было испытывать очень большое торможение». В результате резкого торможения почти вся энергия быстро двигавшейся кометы превратилась в тепло, что привело в какой-то момент практически к мгновенному испарению, то есть взрыву вещества кометы. Взрыв вызвал, в частности, радиальный вывал вековой тайги. Под самим взорвавшимся телом деревья либо остались стоять, поскольку удар пришёлся сверху, либо всё-таки были

повалены в полном беспорядке. Вот почему и образовалась в эпицентре взрыва так называемая зона безразличия с редким «телеграфным лесом».

В рамках кометной гипотезы становится понятным, почему светлые ночи наблюдались к западу от района катастрофы, но не были отмечены к востоку от него. Солнце утром находилось на востоке, а пылевой хвост кометы под действием солнечных лучей и частиц, как мы помним, вытягивается в противоположном от него направлении: в данном случае к западу. Кометная пыль, рассеивая и отражая идущие из-за горизонта солнечные лучи, делала ночи после катастрофы таким светлыми.

Физические процессы, которые могли привести к взрыву кометного ядра в атмосфере, описали К.П. Станюкович и его аспирант В.П. Шалимов.

Мы уже знаем, что, тормозясь в атмосфере, при трении о воздух космическое тело любого состава с поверхности сильно разогревается. Если падает каменный или железный метеорит, то за короткое время торможения тепло с его поверхности не успевает проникнуть внутрь. У ледяного тела теплопроводность ещё меньше. И казалось бы, в этом случае тем более тепло не может передаваться внутрь ядра кометы. Но лёд, в отличие от каменных или железных масс, прозрачен для излучения. Именно передача тепла излучением может за время движения ледяного ядра в атмосфере разогреть всё его тело до некоторой критической температуры, при которой лёд практически одномоментно закипит и испарится. Этот фазовый переход учёные назвали тепловым взрывом.

В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕЗКОГО ТОРМОЖЕНИЯ ПОЧТИ ВСЯ ЭНЕРГИЯ БЫСТРО ДВИГАВШЕЙСЯ КОМЕТЫ ПРЕВРАТИЛАСЬ В ТЕПЛО.

Другой механизм взрыва в 1970-е гг. разрабатывал первый директор Института космических исследований академик Георгий Иванович Петров. Учёный, видный специалист в области механики и газовой динамики, иначе описал характер происходивших процессов и явлений. Учёный исходил из предположения, что ядро кометы, вошедшее в атмосферу с космической скоростью, представляло собой очень рыхлую, слабо связанную массу замёрзших газов и воды, напоминавшую огромный снежный ком. Эта масса, хоть и была «загрязнена» железистыми и силикатными частицами, имела аномально низкую плотность — меньше 0,01 г/см^2. Как показывали расчёты, только при этом допущении мог осуществиться «сценарий», предложенный академиком Петровым. Созданная быстро движущимся телом уплотнённая воздушная волна долгое время, как в мешке, удерживала «ком» от рассеивания. Так и продолжала эта масса свое движение до высоты 5–10 км, где «снежный ком» резко затормозился и произошёл отрыв от него ударной волны. «Убежавшая» вперёд ударная волна ударила о земную поверхность. При этом она не только вызвала огромные разрушения, но распалась и сама, образно говоря, «выпустив джинна из бутылки», перестала удерживать космическое тело. Рыхлое

ядро кометы, к тому времени уже разделённое сопротивлением воздуха на части, было настолько разогрето снаружи и изнутри силой трения, что за короткие мгновения испарилось, неимоверно увеличившись в объёме. Это и был тунгусский взрыв.

Всё расчёты были верны и с математической стороны, и со стороны механики. Только астрономическая сторона проблемы не была взята в расчёт. Космических объектов столь низкой плотности внутри орбиты Юпитера существовать не может в принципе. Плотность только что выпавшего снега и то в несколько раз выше — около 0,07 г/см^3. Даже если тело с такой плотностью создать искусственным путём, то ещё в межпланетном пространстве под действием солнечного излучения, приливных сил Солнца и больших планет оно будет разрушено и прекратит свое существование. Тем более столь рыхлый космический объект, не выдержав сопротивления атмосферы, рассеется и испарится на высотах около 100 км, где «сгорают» метеоры.

Тем не менее концепция академика Петрова была поддержана некоторыми авторами за рубежом.

Решению загадки Тунгусского метеорита может помочь поиск и исследование его вещества. Этот поиск ведётся начиная с первых экспедиций Л. А. Кулика и до настоящего времени. Только теперь в основном ищут не фрагменты метеорита, а рассеянные продукты того страшного взрыва. Здесь применяют несколько различных методов.

Участникам экспедиции КСЭ из Томского университета удалось обнаружить, так сказать, природное хранилище вещества 1908 г. Это были отложения верховых сфагновых болот. Оказалось, что ежегодно откладывается новый слой отмирающих жёлтых сфагновых мхов. Исследователи смогли определить глубину залегания мохового слоя 1908 г. С 1960-х гг. по этому методу были вырезаны и изучены многие сотни колонок торфа на площади свыше 10 тыс. км^2. Их послойное изучение дало ценнейшие результаты.

Приток Подкаменной Тунгуски

Изучение аэрозолей, осаждённых из воздуха в разные годы и в разных местах, показало, что именно в районе катастрофы в слое торфа 1908 г. на глубине 25–35 см число застывших капель силикатного и металлического расплава в сотни и тысячи раз больше, чем в слоях другого возраста. Размер частиц космического вещества от 7 до 100 мкм. Была определена общая масса вещества Тунгусского тела, рассеянного в виде таких сферул. Она составляет около 3,5 т. (Основная масса Тунгусского тела, превратившись в водяной пар и газы, растворилась в воздухе.)

Помимо торфяников было найдено другое природное хранилище внеземного вещества — смола деревьев, переживших тунгусскую катастрофу. Дело в том, что ежегодно нарастают новые смолистые слои, на которые из воздуха осаждаются различные включения. По годичным кольцам можно выделить слои смолы нужного возраста и ис-

следовать их. Это позволило в слое 1908 г. найти аномально высокое число силикатных и магнетитовых шариков размером около 20 мкм.

Успешно ведут работы по извлечению из торфяников и анализу вещества Тунгусского космического тела под руководством профессора Е.М. Колесникова на Геологическом факультете МГУ. Исследование проходит в сотрудничестве с сибиряками и с немецкими учёными, которые используют современные методы и инструменты. Уже на первом этапе удалось обнаружить в «околокатастрофных» слоях повышенное содержание иридия, характерное, как мы помним, для внеземного вещества. Труднее было установить, что вещество, осевшее в слоях торфяника после взрыва 1908 г., принадлежало телу именно кометной природы. Напомним, что основная масса ядра кометы состоит из замёрзших летучих соединений водорода, углерода, азота и кислорода. Но именно эти же химические элементы широко распространены в земных почвах и растениях. Е.М. Колесников предложил выделять кометное вещество по присутствию соответствующих изотопов водорода и углерода. Этот метод оказался своего рода нитью Ариадны, который позволил найти осевшее кометное вещество в нескольких местах эпицентра взрыва в «околокатастрофных» слоях торфяных отложений. Достоверность метода подтверждает практически полное совпадение степени концентрации исследуемого изотопа углерода и космического иридия в зависимости от глубины залегания в колонке грунта из Северного торфяника. В «околокатастрофных» слоях учёные группы Е.М. Колесникова

ОСНОВНАЯ МАССА ЯДРА КОМЕТЫ СОСТОИТ ИЗ ЗАМЁРЗШИХ ЛЕТУЧИХ СОЕДИНЕНИЙ ВОДОРОДА, УГЛЕРОДА, АЗОТА И КИСЛОРОДА.

отметили резкое увеличение концентрации и некоторых других веществ. Например, содержание легколетучих щелочных металлов лития и натрия увеличено почти в 800 раз по сравнению со слоями, лежащими ниже и выше. Концентрация натрия достигает 11%, что хорошо согласуется с содержанием этого металла в найденных там же крупных силикатных шариках. Отметим, что натрий обнаружен в спектрах метеоров, которые в основном произошли при разрушении комет. В период действия многих метеорных потоков на высотах, где они тормозятся и сгорают, давно отмечено повышение содержания натрия. В то же время в предполагаемом кометном веществе снижено содержание железа и других элементов, характерное для метеоритов. Микроскопические шарики в газовой фазе, как считает Е.М. Колесников, больше всего похожи на образцы лунного грунта, взятые в области лунных кратеров Декарт и Шорти. Примечательно, что, по мнению астрономов-селенологов, оба кратера своим происхождением связаны с ударами комет. Всё это лишний раз свидетельствует в пользу кометной природы Тунгусского тела.

Подчеркнём, что ещё в 1969 г. известный исследователь проблемы И.Т. Зоткин обратил внимание, что координаты точки на небесной сфере, откуда появился Тунгус-

ский метеорит, близки к координатам радианта метеорного потока Таурид, который своим происхождением связан с кометой Энке. В настоящее время именно Тауриды изучены наиболее подробно. Исследования этого комплекса показали, что наряду с метеорными частицами различной массы он включает в себя метеороиды массой 10^5 г и астероиды (возможно, угасшие кометы) с массами от 10^9 до 10^{17} г. Напомним, что масса Тунгусского тела оценивается в 10^{11} г. Более того, по времени дата тунгусской катастрофы и день максимума активности этого метеорного потока отличаются друг от друга всего на сутки. Следовательно, можно было предположить, что Тунгусское тело — часть ядра кометы Энке. В дальнейшем чешский астроном Л. Кресак математически обосновал гипотезу о связи Тунгусского метеорита с кометой Энке. Вычисленная возможная в таком случае орбита Тунгусского метеорита показывает, что он, пройдя перигелий, стал догонять Землю со стороны Солнца. Поэтому в его лучах приближающуюся небольшую комету, даже если она имела хвост, нельзя было увидеть в течение полутора месяцев до встречи. В. А. Бронштэн, проанализировав все имеющиеся данные и полученные результаты, пришёл к выводу, что Тунгусское тело приближалось по орбите, характерной для короткопериодических комет, и имело в это время скорость около 30 км/с.

Известный сейсмолог профессор И. П. Пасечник повторно проанализировал записи барограмм и сейсмограмм, зарегистрировавших силу воздушной волны и землетрясения, порождённых тунгусским взрывом. Затем учёный сопоставил эти записи с последствиями известных ядерных взрывов. Это позволило уточнить энергию, выделившуюся во время катастрофы 1908 г. Она была близка к 40 мегатоннам, то есть более чем в 2 тысячи раз (!) превышала силу взрыва американской атомной бомбы, уничтожившей японский город Хиросиму в августе 1945 г. Аналогичные результаты по энергетике тунгусской катастрофы получены в Израиле сейсмологом А. Бен-Менахемом. Нетрудно установить: случись эта встреча Земли с небесным объектом в тот же день, но на 4 часа позднее, космическая катастрофа обрушилась бы на столичный Санкт-Петербург. Страшно подумать, к каким последствиям это могло привести.

ТЕКТИТЫ – ОПЛАВЛЕННЫЕ ТЁМНО-СЕРОГО И ТЁМНО-ЗЕЛЁНОГО ЦВЕТА ПОЛУПРОЗРАЧНЫЕ СТЕКЛОВИДНЫЕ ОКРУГЛОГО ВИДА «КАМЕШКИ».

Наряду с выявлением рассеянного космического вещества продолжается поиск тектитов. Тектиты («тектос» по-гречески — оплавленный) — оплавленные тёмно-серого и тёмно-зелёного цвета полупрозрачные стекловидные округлого вида «камешки». Их природа до сих пор остается загадкой. Тектиты находят в некоторых местах земного шара. Возможно, они продукт переработки импактным взрывом вещества земных пород и космического «ударника». В нескольких местах Земли обнаружены эллипсы рассеяния

«тектитных дождей», вероятно, выпавших из космоса. Не зря же их в народе называют лунными или солнечными шарами, слезинками неба и т.п.

До сих пор остаются необъяснёнными некоторые последствия тунгусской катастрофы, выявленные ещё первыми послевоенными экспедициями. Например, после взрыва отмечен ускоренный рост деревьев. Это хорошо заметно по толщине годовых колец на спилах деревьев, переживших бедствие. Предполагали, что это связано с удобрением почвы продуктами гниения поваленных деревьев и золой от возникших тогда пожаров. Объясняли это явление и тем, что оставшиеся деревья теперь росли не в таежной тесноте, а свободно, вдали друг от друга. У них теперь не было необходимости тянуться к свету вверх, и они стали расти вширь. Но только этими причинами объяснить эффект ускоренного роста деревьев нельзя, так как он продолжается уже больше 60 лет, причём и за пределами сплошного вывала. Удалось выявить ускоренный рост и у потомства деревьев, переживших катастрофу. Он был установлен не только в районе эпицентра взрыва, но и по траектории пролёта Тунгусского болида. Сторонники идеи А. Казанцева о катастрофе космического корабля с ядерным двигателем ускоренный рост деревьев и некоторые мутационные изменения растений объясняли действием радиации. Исследователи КСЭ предположили, что причиной ускоренного роста является обогащение среды рассеянными продуктами взрыва Тунгусского тела. Для проверки этой гипотезы исследователи внесли на хлебные поля двух колхозов вытяжки почвы, включающие редкие элементы — лантан, иттрий и иттербий, обнаруженные в районе катастрофы. На полях, обогащённых «космическими удобрениями», урожай зерновых оказался заметно выше.

Мутационные изменения заключаются в том, что у сосны в зоне лучистого ожога вблизи эпицентра взрыва часто встречаются пучки не с обычными двумя, а с тремя хвоинками. Природа этих изменений не ясна. Установлено, правда, что они не связаны с уровнем радиации. В областях, где природный фон радиации повышен, этот эффект не замечен. Ещё оказалось, что есть определённые мутационные изменения у муравьёв. Но природа их также остается невыясненной.

На спиле 180-летней лиственницы по толщине колец хорошо заметен ускоренный прирост древесины после катастрофы 1908 г.

Учёные и любители науки из разных стран продолжают исследования в надежде узнать новое о природе тунгусской катастрофы. Ведутся теоретические исследования, ежегодно десятки энтузиастов устремляются к месту события в Сибирскую тайгу, написаны тысячи статей и сотни книг, проходят международные конференции, специально посвящённые этой проблеме.

Сегодня многие учёные убеждены, что искать Тунгусский метеорит бессмысленно, т.к. «небесного камня» в привычном смысле этого понятия просто не было. Скорее всего, в роко-

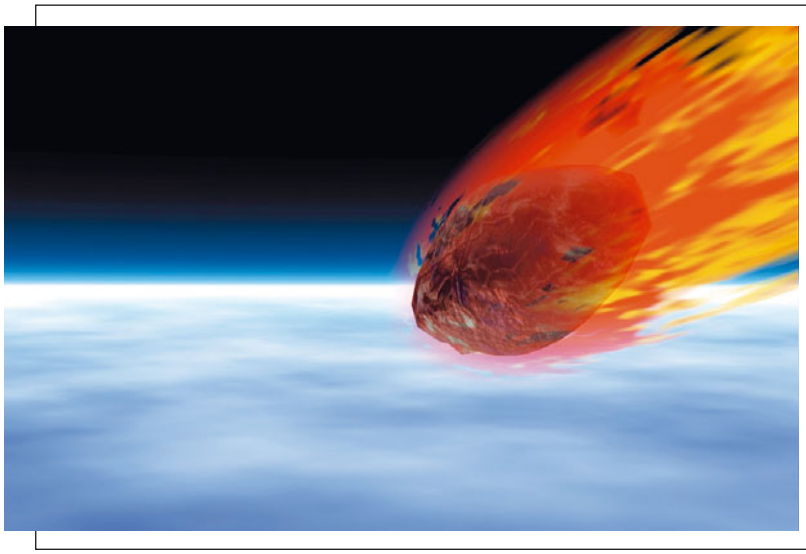
вое утро 30 июня 1908 г. Земля на своём пути встретила не метеорит, а крошечную комету, ядро которой взорвалось и испарилось над тунгусской тайгой.

Летом 2008 г. в Москве проходила международная научная конференция, посвящённая столетию тунгусского события. В своих докладах многие исследователи привели веские свидетельства кометной природы тунгусского взрыва.

БРАЗИЛЬСКИЙ МЕТЕОРИТ — ДВОЙНИК ТУНГУССКОГО?

Если проблема Тунгусского метеорита широко известна в мире, то о другом аналогичном и не менее загадочном событии, случившемся гораздо позднее, мало кто знает. История этого одного из крупнейших метеоритов XX века весьма примечательна. И хоть взорвался он далеко от России — в Южной Америке, изучение его некоторым образом связано с именем Л. А. Кулика.

Это случилось 13 августа 1930 г. в Бразилии, в тропических лесах Амазонии, в верховьях реки Куруса. Впервые о Бразильском метеорите на страницах ватиканской газеты «Оссерваторе Романа» 1 марта 1931 г. рассказал итальянский миссионер отец Фиделло де Авиано. Он сообщил о результатах опроса очевидцев этого замечательного события: «Утро 13 августа 1930 г. было ясное, сквозь густую древесную листву пробивались лучи недавно взошедшего солнца. Ничто не предвещало необычного. В глубине леса приступили к своей привычной работе сборщики каучука, в реку забросили сети рыбаки, женщины на её берегах стирали бельё. Внезапно около восьми часов утра солнце сделалось кроваво-красным и померкло, наступила пугающая тьма. С неба полетели красноватая пыль и хлопья пепла. Сверху донёсся звук, напоминавший свист, какой бывает при пролёте артиллерийских снарядов. Звук усиливался, вызывая ужас. Те, кто осмелился оторвать взгляд от земли и взглянуть наверх, увидели летящие с небес огромные пылающие шары, которые напомнили огни молний во время страшной тропической грозы. Огненные шары упали в глухом лесу; раздались три удара, подобные громовым раскатам, под ногами затряслась земля. Взрывы слышали в близлежащих населённых пунктах Ремата де Мале и Эсперанса. Люди, не видевшие пролёта огненных шаров, подумали, что в форте Табатинга начались испытания новых пушек и бомб. А некоторые даже решили, что Бразилия вступила в войну с Перу». Случившееся так потрясло сознание очевидцев, что многие из них восприняли катастрофу как конец света.



Возможно, так выглядел, подлетая к Земле, Бразильский метеорит

В этом описании многое напоминает обстоятельства тунгусской катастрофы. Неудивительно, что всего через пять дней после «Оссерваторе Романа» на событие откликнулась английская газета «Дейли Геральд». Именно эту заметку прочитал Л.А. Кулик и опубликовал в советском журнале «Природа и люди» свою большую статью «Бразильский двойник Тунгусского метеорита». Статья, вышедшая в России, осталась без внимания, однако спустя более полувека томские учёные Н.В. Васильев и Г.В. Андреев — известные исследователи тунгусского феномена — на основе статьи Л.А. Кулика подготовили публикацию

СЛУЧИВШЕЕСЯ ТАК ПОТРЯСЛО СОЗНАНИЕ ОЧЕВИДЦЕВ, ЧТО МНОГИЕ ИЗ НИХ ВОСПРИНЯЛИ КАТАСТРОФУ КАК КОНЕЦ СВЕТА.

о Бразильском метеорите в журнале Международного метеоритного общества. Эта статья российских авторов, опубликованная в США в специальном журнале, явилась своего рода открытием для западных исследователей. Начиная с 1992 г., в западной печати появилось несколько публикаций о Бразильском метеорите. Автором многих из них стал член Союза любителей астрономии Италии Роберто Горелли. Он обратился за помощью к католическим миссионерам, живущим в Сан-Паулу-ди-Оливенса — столице штата Амазонас, где протекает река Куруса. На основе полученной от них ценной информации римский исследователь вычислил возможную массу Бразильского метеорита. По его данным, она составляла от 1000 до 10000 т, а энергия взрыва — около 100 кт тротилового эквивалента. Это в 100 раз меньше, чем у тунгусского взрыва. Горелли был убеждён, что Бразильский метеорит, как и его тунгусский «собрат», взорвался, не долетев нескольких километров до земной поверхности.

Параллельно изучением бразильской катастрофы занялся сотрудник Ливерпульского университета специалист в области метеорной астрономии Марк Бэйли. Он не только связался с Горелли, но привлёк к активному сотрудничеству Рамиро де ла Реза — исследователя из Национальной бразильской обсерватории в Рио-де-Жанейро. Прежде всего решили найти следы землетрясения, порождённого взрывом 13 августа 1930 г. На сейсмограммах, записанных в Рио-де-Жанейро, землетрясение не было зарегистрировано. Тогда Бейли обратился к боливийским астрономам в город Ла-Пас. Этот город в два с лишним раза ближе к месту катастрофы, чем бразильский Рио. Боливийские учёные разыскали нужные сейсмограммы. Оказалось, что на одной из них, записанной утром 13 августа 1930 г. на сейсмической станции Ла-Пас, удалённой от реки Курусы на 1300 км, землетрясение зарегистрировано. О своей находке боливийские учёные А. Вега и М. де ла Торре доложили летом 1996 г. в итальянской Болонье на конференции по Тунгусскому метеориту. Анализ сейсмограмм показал, что взрыв породил поверхностные волны в земной коре, как это было и при тунгусской катастрофе. Записи сейсмографа позволили более точно оценить энергию взрыва. Она оказалась гораздо выше, чем в расчетах Горелли,

и составляла 5 Мт тротилового эквивалента. Это не в 100, а всего в 2 раза меньше энергии взрыва Тунгусского метеорита.

Не менее ценные данные удалось получить бразильскому исследователю Рамиро де ла Реза. Он получил снимки района катастрофы, выполненные с борта самолёта и искусственного спутника. Анализ аэрофотографий, космических снимков и радиолокационных изображений помог обнаружить на месте катастрофы на фоне тропического лесного массива три впадины. Самая большая из них имеет форму кольца диаметром около 1 км, что сравнимо с величиной Аризонского кратера. Авторы открытия, сообщившие о нём на той же конференции в Болонье, убеждены, что кратер порождён взрывом метеорита. Выявленная кольцевая структура находится в 25 км от реки Курусы. Две меньшие впадины находятся южнее кольца. Расположение всех трёх понижений позволяет предположить, что Бразильский метеорит летел с севера на юг.

В последние 10–15 лет на месте тунгусской катастрофы наряду с отечественными исследователями работают и иностранные энтузиасты. Было бы целесообразно теперь объединить усилия российских и зарубежных специалистов для разгадки природы Бразильского метеорита. Использование богатого опыта и методов, наработанных исследователями тунгусского события, несомненно, будет полезно для изучения бразильского космического взрыва.

В одной из первых публикаций о Бразильском метеорите корреспондент английской газеты «Дейли Геральд», обратив внимание на сходство события с тунгусской катастрофой, подчеркнул: «Если бы любому из этих двух упавших метеоритов случилось ударить в густонаселённый город, они должны были бы причинить страшный вред жизни людей и нанести огромные убытки». С этим нельзя не согласиться.

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ФЕНОМЕН

15 февраля 2013 г. над Челябинском в 9 ч 22 мин. утра по местному времени вспыхнуло ярчайшее небесное тело. Огненный шар с узким светящимся выступом 32,5 с перемещался по небосводу. При этом за несколько секунд его видимая форма изменилась, выступ превратился в длинный светлый клубящийся шлейф, который быстро разделился на две параллельные полосы. В последние мгновения яркость болида стала ослепительной; затем свечение прекратилось, в небе прогремело несколько взрывов. Взрывная

След метеорита в небе над Челябинском

волна обрушилась на город Челябинск и его окрестности. Взрывы в воздухе и ударная волна вызвали локальное землетрясение силой 2,7 балла по шкале Рихтера.

В значительной части зданий были выбиты оконные стёкла, многих жителей поранили разлетавшиеся осколки. За медицинской помощью обратились более 1200 человек. Общее количество пострадавших, по разным оценкам, достигло 1600 человек. К счастью, обошлось без смертельных травм. Через месяц с небольшим после метеоритной атаки в больницах не осталось ни одного пострадавшего. Примерно в те же дни в Челябинской области завершилось остекление жилых домов и прочих сооружений, повреждённых взрывной волной (для этого понадобилось свыше 200 000 м^2 стёкол). Ущерб от визита «небесного гостя» местные власти оценили в миллиард рублей.

Конденсационный след пролетевшего метеорита в пригороде Челябинска

Наибольшие разрушения взрывная волна вызвала на Челябинском цинковом заводе (ЧЦЗ). Её удар обрушил на проезжую часть дороги значительную часть стены склада концентратов. Кроме того, обрушился участок крыши площадью около 600 кв. м. В административных зданиях завода были выбиты почти все стёкла. Эти события почти не повлияли на процесс производства, однако, если бы производство действительно снизилось, это могло бы вызвать серьёзную реакцию на российских и зарубежных сырьевых биржах. Ведь ЧЦЗ единственный в России производит только высококачественный цинк марки Special High Grade с чистотой не менее 99,995% и сплавы на его основе. Марка челябинского завода зарегистрирована на Лондонской бирже металлов, а его производство достигает 200 000 т цинка в год. Это около 2% мирового и более 60% российского производства цинка. Завод выпускает, кроме того, кадмий, индий, серную кислоту, сульфат цинка. Челябинское событие явно демонстрирует нам, что «незваные гости из космоса» не менее опасны для экономики, чем для жизни и здоровья отдельных людей.

Однако в том, что метеорной атаке подвергся густонаселённый регион, есть не только «минусы». В связи с падением Челябинского метеорита в столь населённых местах в руках исследователей и СМИ оказалось множество свидетельств очевидцев. Большинство из них отметили чрезвычайную яркость видимого с земли огненного тела, его шаровидную с выступом сзади форму, быстрое образование двойного яркого облачного «хвоста», ясно видимого на светлом фоне утреннего неба, последовательные яркие вспышки и грохот взрывов при постепенном разрушении тела в атмосфере. Некоторые наблюдатели отмечали специфические запахи серы и металлической окалины. Люди ощутили на себе удар взрывной волны и тепло нагретого воздуха.

Есть свидетельства о реакции животных: кошки и собаки сильно беспокоились, а местные рыбаки отметили, что после падения пропал клёв рыбы.

В первые дни после события в Интернете появились фантастические сообщения. Утверждали, что метеороид был подбит ракетой ПВО, причём по одним сообщениям ракета была из Нижнего Тагила, по другим — из Миасса, по третьим — она была пущена с военного самолёта; кто-то же и вовсе утверждал, что видел сбившую метеорное тело ракету. Однако в пресс-службе ПВО официально опровергли эту информацию. Пока, насколько нам известно, ПВО не в состоянии сбить внезапно появившееся тело на таких больших скоростях и таких относительно малых размеров. Некоторые блогеры и пользователи высказывались в пользу гипотезы о корабле пришельцев. Однако вскоре стало ясно, что речь идет об обыкновенном метеорите из класса хондритов.

Несмотря на испуг многих очевидцев, в Челябинске и других наиболее пострадавших населённых пунктах — городах Еманжелинск, Копейск, Коркино, Южноуральск, районном центре Еткуль — не было общей паники. В поисках и доставке в медицинские учреждения пострадавших, опросах и психологической помощи приняли участие военные, сотрудники МВД и МЧС, психологи. Волонтёры помогали учёным разыскивать фрагменты метеорита.

НАИБОЛЬШИЕ РАЗРУШЕНИЯ ВЗРЫВНАЯ ВОЛНА ВЫЗВАЛА НА ЧЕЛЯБИНСКОМ ЦИНКОВОМ ЗАВОДЕ.

Падение Челябинского метеорита стало беспрецедентным событием в истории наук о Земле и космосе. Впервые в руки учёных попало такое огромное количество документальных материалов: свидетельства тысяч очевидцев, сотни фотоснимков, фотографии с искусственных спутников Земли. Очень важными для определения траектории болида оказались видеоролики, сделанные любительскими камерами и автомобильными видеорегистраторами (насколько нам известно, это первый случай использования видеорегистраторов в научных целях). Воздействия метеороида на природу зафиксированы многочисленными научными приборами. Впервые столь быстро удалось найти и исследовать осколки метеорита.

Получены данные аппаратуры глобальной системы слежения за ядерными испытаниями. Эта система принадлежит Организации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Станции слежения, размещённые в разных местах Земли и регистрирующие инфразвуки от взрывов, зафиксировали мощнейший за историю существования системы взрывной удар. Даже наиболее удалённая станция, которая расположена в Антарктике (15 000 км от места взрыва), зафиксировала мощный инфразвуковой сигнал.

Обработка и анализ обширных данных о Челябинском феномене продолжается. Их ведут учёные и специалисты в России и в других странах мира. В районе падения ме-

Бразильский метеорит

13 августа 1930 г.

Бразилия (Тропические леса Амазонии, верховья реки Куруса)

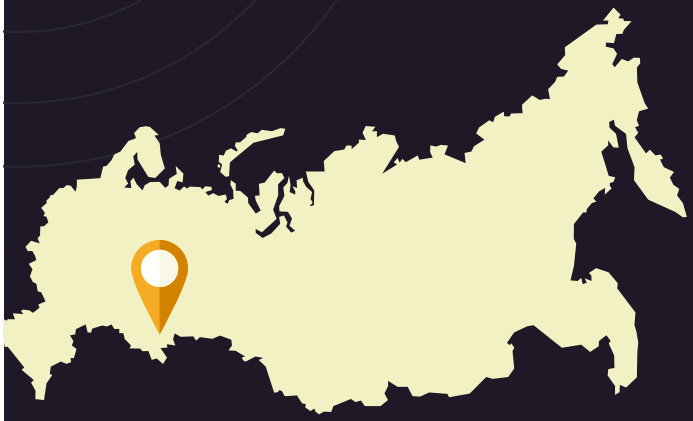
Возможная масса Бразильского метеорита составляла от **1000 до 10 000 т.**

Энергия взрыва всего **в 2 раза меньше** энергии взрыва Тунгусского метеорита.

1/2

Она составляла **5 Мт** тротилового эквивалента.

Челябинский метеорит



15 февраля 2013 г.

Челябинск

Огненный шар с узким светящимся выступом **32,5 с** перемещался по небосводу. При этом за несколько секунд его видимая форма изменилась, выступ превратился в длинный светлый клубящийся шлейф, который быстро разделился на две параллельные полосы.

2,7

Взрывы в воздухе и ударная волна вызвали локальное землетрясение силой 2,7 балла по шкале Рихтера.

1200

За медицинской помощью обратились более 1200 человек.

1600

Общее количество пострадавших, по разным оценкам, достигло 1600 человек.

200 000

На остекление жилых домов и прочих сооружений, повреждённых взрывной волной (для этого понадобилось свыше 200 000 м^2 стёкол).

600 м^2

Кроме того, обрушился участок крыши площадью около 600 м^2.

теорита идет поиск новых фрагментов. Однако ко времени создания этой книги, уже накоплена ценнейшая информация.

Прежде всего удалось обнаружить сотни фрагментов Челябинского метеорита массой от долей грамма до 570 кг. Многие найденные образцы всесторонне исследованы в институтах РАН, определён их химический и минералогический состав, структура, физические и механические свойства. Попавшие в руки учёных фрагменты относятся к наиболее распространённому типу каменных метеоритов — хондритам. В химическом составе преобладают минералы магматической природы оливин и ортопироксен. Обнаружены также сульфиды никеля и железа и эти же металлы в свободном состоянии. Такой состав позволил вести поиск новых фрагментов Челябинского тела с помощью магнитометров.

Фрагменты Челябинского метеорита

Итак, романтические и скандальные версии вроде атаки инопланетян или достижений ошибок ПВО (в Сети было и такое) пришлось отвергнуть. Челябинское тело — всего лишь метеорит из класса хондритов.

Что же произошло утром 15 февраля на самом деле?

Небесное тело вошло в атмосферу под углом 160° к горизонту над озером Большие Донки на юге Курганской области со скоростью 19–20 км/с. Его масса в этот момент была более 10 000 т, размер составлял 17–20 м.

Спустя 9 с на высоте 41 км над селом Белоусово около озера Большой Шантрапай Еткульского района Челябинской области оно начало разрушаться — на небосводе возник болид.

Он был виден на огромной территории — в пяти регионах России: Тюменской, Свердловской, Челябинской, Курганской областях, в Башкирии, а также в северной части Казахстана. То, что болид можно было увидеть на таком большом расстоянии, причём на светлом фоне неба, говорит о том, что свечение возникло в начале траектории на высоте около 80–90 км. (Вспомним: на этих высотах вспыхивают и быстрые метеоры.) Конечные взрывы и самая яркая вспышка болида произошли в 22–23 км от земной поверхности примерно в 40 км к юго-юго-востоку от центра Челябинска. Траекторию движения метеороида в атмосфере удалось определить с высокой степенью достоверности. Как мы уже отмечали, при этом важным источником информации стали данные множества видеорегистраторов автомобилей, случайно оказавшихся в районе события. Общая протяжённость проекции траектории падения на поверхность Земли превышает 300 км.

При движении в воздухе метеороид не только терял свою энергию, но и катастрофически «худел». Земной поверхности достигла лишь десятая часть первоначальной массы. Известный канадский специалист Маргарет Кемпбелл-Браун на основе результатов, полученных уже упомянутой системой инфразвуковых датчиков, созданной для от-

слеживания ядерных испытаний, оценила общую энергию, выделенную Челябинским телом при движении в атмосфере и во время взрывов. Эта энергия составила примерно 500 килотонн в тротиловом эквиваленте, что в 30 раз больше мощности бомбы, взорванной над Хиросимой! Оценки NASA близки: от 300 до 500 килотонн.

Исследования позволили учёным в целом реконструировать предысторию Челябинского метеороида. Он когда-то был частью крупного астероида, который принадлежал к одному из классов малых космических тел, сближающихся с Землёй. Орбиты этих тел — так называемых Аполлонов — не пересекаются с орбитой Земли. Несколько миллионов лет тому назад «материнский астероид» столкнулся с другим космическим телом, что привело к изменению его структуры и минералогического состава. Это столкновение сделало невозможной реконструкцию его более ранней истории, когда он, как и другие астероиды, был «открытой книгой» ранней эволюции Солнечной системы. Изменилась и орбита образовавшихся осколков. Часть ранее безопасного «космического соседа» стала астероидом, опасно сближающимся с Землёй.

Челябинское событие наглядно показало, что угроза из космоса, во-первых, вполне реальна и может непосредственно коснуться каждого из нас. А во-вторых, для всех стало очевидно, что при нынешнем уровне общественного внимания к проблеме эта угроза недостаточно предсказуема.

Последствия падения Челябинского тела могли быть куда более катастрофичными, если бы взрыв метеорита произошёл вблизи земной поверхности над одним из потенциально опасных объектов, которыми буквально «нашпигован» Южный Урал. Это предприятия химической и нефтеперерабатывающей промышленности, ядерные реакторы, склады особого назначения. К счастью, масштабной катастрофы не произошло.

Приобретённый всеми участниками челябинского события опыт вполне может пригодиться при создании модели реагирования в более серьёзных условиях, связанных с падением на землю космических тел.

ПОСЛЕДСТВИЯ ПАДЕНИЯ ЧЕЛЯБИНСКОГО ТЕЛА МОГЛИ БЫТЬ КУДА БОЛЕЕ КАТАСТРОФИЧНЫМИ.

Пока человечеству везёт… Однако 1600 пострадавших, 1200 людей, которым понадобилась медицинская помощь, убыток около миллиарда рублей показывают, что решение проблем защиты Земли и раннего обнаружения потенциально опасных космических тел больше нельзя откладывать. Ведь с ростом заселённости планеты, плотности населения во многих регионах, мощности производств, с возрастанием зависимости нашей жизни от устойчивой работы инфраструктуры и систем коммуникаций возможный ущерб от событий вроде Челябинского будет только увеличиваться.

ГЛАВА V
КОМЕТНО-АСТЕРОИДНАЯ ОПАСНОСТЬ

Об угрозе столкновения Земли с другим небесным телом размышлял ещё в XVIII в. английский астроном Эдмонд Галлей. Об этом писали фантасты, снимали кинофильмы. Но только в последние 20–25 лет проблему всерьёз стали рассматривать учёные. Космическую опасность теперь осознали и широкие круги населения. Это связано прежде всего с новыми возможностями изучения Земли и других небесных тел с помощью космических методов, что позволило обнаружить на многих из них огромные взрывные кратеры. Не меньшее значение имело и открытие многих небесных тел, опасно сближающихся с нашей планетой. Это убедило учёных в том, что рано или поздно может произойти катастрофическое столкновение нашей планеты с другим небесным телом.

В полной мере опасность глобальных космических катастроф впервые осознали в связи с математическим моделированием ядерного конфликта. Американский астроном Карл Саган и советский академик Никита Моисеев в 1983 г. своими расчётами показали: в результате обмена ядерными ударами в атмосферу будет выброшено такое количество пыли и сажи, что на планете наступит длительная «ядерная зима». К аналогичным последствиям должен привести и взрыв от падения на Землю с космической скоростью достаточно крупного небесного тела.

АСТЕРОИДЫ, СБЛИЖАЮЩИЕСЯ С ЗЕМЛЁЙ

Первую малую планету вне пояса астероидов открыл 13 августа 1898 г. в обсерватории «Урания» немецкий астроном К.Г. Витт; ее назвали Эрос. Лишь в афелии Эрос касается края пояса астероидов, а большая часть его орбиты уходит глубоко в нутрь орбиты Марса. В перигелии Эрос приближается к орбите Земли на расстояние 22 млн км. Его уточнённые с помощью космического зонда размеры — 40x16 км. Спустя много лет, в 1932 г., был открыт еще один астероид с похожей орбитой. Он получил имя Амур. Этот астероид размером менее километра подходит к земной орбите ещё ближе — на 15 млн км. Спустя несколько месяцев после открытия Амура был обнаружен Аполлон, который проникает внутрь орбит Земли и Венеры. Расстояние между Аполлоном и нашей планетой может составлять всего 3 млн км. Определённое опасение вызывало и сближение с нашей планетой в 1936 г. малой планеты Адонис, которая прошла на расстоянии около 2 млн км. А уже в следующем году другой космический пришелец — 1,5-км астероид Гермес — приблизился к нам на 750 тыс. км, что равно удвоенному расстоянию до Луны.

Другая известная малая планета, открытая в 1949 г., была названа Икаром. Подобно герою греческой легенды о Дедале и Икаре, астероид устремляется к Солнцу. В перигелии Икар с огромной скоростью проносится мимо Солнца на расстоянии в два раза меньшем радиуса орбиты Меркурия, раскаляясь при этом на поверхности до 600 °С!

Сейчас опасно сближающимися космическими объектами считают те, которые подходят к орбите Земли на расстояние меньше 0,05 а.е. (7,5 млн км).

Исследование астероидов, сближающихся с Землёй (АСЗ), имеет особое значение. Их структуру, механические свойства и состав надо знать, чтобы в случае необходимости представлять возможные последствия их падения на Землю, а также для принятия адекватных мер защиты.

Абсолютное большинство АСЗ имеет сравнительно небольшие размеры — от сотен метров до нескольких километров. Поэтому изучать свойства этих «летающих гор» можно либо во время их сближения с Землёй, либо с помощью космических зондов. В первом случае большого эффекта удаётся добиться с помощью радиолокации.

Исследования показали, что АСЗ под действием гравитационных возмущений со стороны планет относительно быстро изменяют свои орбиты.

В последние десятилетия по мере совершенствования техники наблюдений учёным удаётся обнаруживать вблизи Земли опасные астероиды очень малых размеров. Например, 19 мая 1996 г. на удалении всего 450 тыс. км (вблизи лунной орбиты) пронесся астероид поперечником около 500 м. В сентябре 2002 г. мимо Земли промчался объект на расстоянии в несколько раз меньшем радиуса лунной орбиты. Причём он был замечен уже после опасного сближения с нашей планетой. Поперечник пролетевшего космического тела был примерно с футбольное поле, что сопоставимо с размером Тунгусского метеорита.

Как известно, некоторые из тел, сближающихся с Землёй, сталкиваются с планетами, другие падают на Солнце или в результате гравитационного взаимодействия с ним даже выбрасываются за пределы Солнечной системы. Казалось бы, количество АСЗ должно уменьшаться.

ОКОЛО 2% АСТЕРОИДОВ НЕ ПРИНАДЛЕЖИТ К ПОЯСУ МАЛЫХ ПЛАНЕТ И ДВИЖЕТСЯ ПО БОЛЕЕ ВЫТЯНУТЫМ ОРБИТАМ.

Откуда берутся АСЗ и каким образом пополняются их запасы в наших космических окрестностях? Долгое время основным источником опасных астероидов считали их главный пояс. Это подтверждает сходство природы многих исследованных вблизи Земли астероидов и малых планет основного кольца. Там астероиды время от времени сталкиваются, дробятся и рассеиваются по Солнечной системе. Во внутренние зоны Солнечной системы астероиды могут попасть и под влиянием возмущающего действия планет — прежде всего Юпитера. Среди АСЗ многие выброшены им из резонансных зон пояса астероидов. По современным представлениям, около 2% астероидов не принадлежит к поясу малых планет и движется по более вытянутым орбитам. Первоначально орбиты вытесненных астероидов будут иметь очень вытянутые орбиты (с эксцентриситетами

0,4–0,6 и полуосями, равными 2–3 а.е.). В дальнейшем при тесных сближениях с Марсом или с Землёй они могут значительно уменьшить эксцентриситет и полуось орбиты, став опасными для нас.

Среди объектов, сближающихся с Землёй, — кометы прежде всего короткопериодические. Наиболее долгоживущие из них, потеряв при многократных сближениях с Солнцем большую часть газовой составляющей, становятся похожими на астероиды. Разумеется, могут приблизиться к нам и «живые» кометы, относительно недавно пришедшие во внутренние области Солнечной системы из облака Оорта. Другими источниками потенциально опасных объектов астрономы считают области между планетами-гигантами и транснептуновый пояс Койпера.

Так представил художник пояс астероидов вблизи Юпитера

Математические расчёты подтверждают, что орбиты долгопериодических комет могут измениться при их тесном сближении с планетами-гигантами, в особенности с Юпитером. Кометную активность (образование головы и хвоста) порой проявляют известные астероиды, к примеру Фаэтон. (Так назвали астероид № 3200.)

Итак, некоторая, небольшая часть астероидов оказывается вблизи орбиты Земли или пересекает её. Рано или поздно некоторые из них могут столкнуться с Землёй.

В зависимости от параметров орбит астероиды относят к трём типам.

1. Астероиды типа Амура не заходят внутрь орбиты Земли. Они подходят к земной орбите с её внешней стороны, поскольку их перигелии — ближайшие к Солнцу точки орбит — лежат вне земной орбиты. К этой группе относится, в частности, астероид Гидальго. Не пересекаясь с земной орбитой, астероиды типа Амура в ближайшем будущем опасности не представляют. Они составляют около четверти открытых АСЗ.

2. Малые планеты типа Аполлона пересекают орбиту Земли. (Их афелий лежит вне земной орбиты, а перигелий — внутри её.) Такие астероиды составляют больше половины известных АСЗ. Они и представляют для нас самую большую опасность.

3. Наибольшая часть орбиты астероидов типа Атона помещается внутри земной орбиты. И только вблизи своего афелия астероиды этого типа пересекают орбиту нашей планеты. Считали, что их доля от всех АСЗ менее 10%. Но, быть может, эти данные не отражают истинную картину. Ведь объекты, приближающиеся со стороны Солнца, трудно обнаружимы. Это делает астероиды типа Атона очень опасными.

Как видим, по случайному совпадению название всех трёх групп АСЗ начинаются с буквы «А». Поэтому их часто называют ААА-астероиды. Ежегодно открываются новые потенциально опасные астероиды. Причём с уменьшением размеров число астероидов более чем квадратично возрастает (в степени 2,4).

Такое увеличение числа объектов с уменьшением их размеров, характерное для астероидов, комет и метеоритов, свидетельствует, что они, скорее всего, образуются в результате дробления более крупных тел. Это же подтверждает и тот факт, что среди АСЗ нет объектов крупнее 40 км.

ЧТО ОПАСНЕЙ: КОМЕТЫ ИЛИ АСТЕРОИДЫ?

На этот вопрос нет простого ответа. По мнению некоторых специалистов, около половины астероидов, сближающихся с нашей планетой, на самом деле могут быть короткопериодическими кометами, потерявшими значительную часть своей газовой составляющей. Их называют угасшими. Это надо иметь в виду, говоря о соотношении числа комет и астероидов, приближающихся к земной орбите. Поскольку каждый год открываются всё новые потенциально опасные астероиды, ясно, что их гораздо больше, чем нам уже известно. Сравним их число с количеством потенциально опасных комет.

Кометы, в зависимости от времени их обращения вокруг Солнца, бывают долго- и короткопериодическими. Специалисты, занимающиеся проблемой кометно-астероидной опасности, короткопериодическими условились считать кометы, период обращения которых меньше 20 лет. Согласно наблюдениям и теоретическим расчётам, количество наиболее крупных (с поперечником ядра больше 1 км) короткопериодических комет — около 30. Таких комет в два раза меньшего размера — около 150. Комет, сравнимых по величине с Тунгусским телом (ядра более 0,1 км), — от 2000 до 4000.

Таким образом, число сближающихся с Землёй короткопериодических комет в 100 раз меньше, чем астероидов сопоставимых размеров. Но с Землёй могут столкнуться и классические долгопериодические кометы, которых вблизи Земли может быть раз

ЧИСЛО СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЁЙ КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТ В 100 РАЗ МЕНЬШЕ, ЧЕМ АСТЕРОИДОВ СОПОСТАВИМЫХ РАЗМЕРОВ.

в пять больше, чем короткопериодических. Специалисты считают, что количество параболических и почти параболических комет, пересекающих орбиту Земли, свыше 200. Общее число потенциально опасных комет (тех, что пересекают земную орбиту) составляет 10% от количества астероидов, сближающихся с Землёй.

Однако есть обстоятельства, которые увеличивают степень кометной опасности. Кометы движутся по очень вытянутым орбитам, и потому скорость их встречи с Землёй вблизи перигелия может быть значительно выше, чем у астероидов. На встречных курсах

она может достигать 72 км/с, что увеличивает их потенциальную разрушительную энергию. Высокоскоростное кометное ядро сравнительно небольшой массы представит не меньшую опасность, чем более массивный, но «медленный» астероид. Вследствие этого вклад комет в кометно-астероидную опасность возрастает до 25%, а как полагают некоторые специалисты, и до половины. Кроме того, появление долгопериодических комет гораздо сложнее предсказать — они приходят неожиданно с самых разных направлений.

Сравнивая кометную и астероидную опасность, примем во внимание, что средняя плотность астероидов в 3–4 раза выше плотности «кометных снежков». Значит, при прочих равных условиях у астероидов больше шансов прорваться сквозь атмосферу к земной поверхности.

При благоприятных обстоятельствах современные средства наблюдений вряд ли позволят открыть опасную долгопериодическую комету более чем за несколько месяцев или за год до времени столкновения. Впрочем, и после открытия кометы её траекторию нельзя прогнозировать с высокой точностью. Орбита может претерпевать изменения под действием струй вещества, выбрасываемых кометным ядром. Возникающую реактивную силу называют негравитационной силой, а порождаемые эффекты в движении ядра называют негравитационными. Если не учитывать эти эффекты, то, определяя момент прохождения некоторых комет через перигелий, можно ошибиться на десятки суток. Это ещё больше увеличивает степень кометной опасности.

Комета над Роттердамом, рисунок 1680 г.

Если наиболее крупные из долгопериодических комет можно будет заранее увидеть на ночном небосводе, то «угасшие» кометы представляют опасность своим совершенно неожиданным появлением вблизи Земли. Полным сюрпризом может стать и встреча с крошечной кометой, подобной Тунгусскому метеориту. Новые кометы, ядра которых меньше 500 метров, даже сближаясь с Солнцем, остаются невидимыми с Земли из-за относительно малой величины их газово-пылевой оболочки.

То, что кометы представляют значительную угрозу для нашей цивилизации, подтверждают выводы известного исследователя Луны и планет В.В. Шевченко. Он пришёл к убеждению, что значительная часть кратеров, их цепочек, а также некоторые другие структуры на Луне и Меркурии — последствия столкновений их с кометами. Многие наблюдаемые образования можно объяснить падением распавшихся ядер комет или «скользящими» контактами газово-пылевой комы комет с лунной поверхностью.

И всё же сейчас в окрестностях земной орбиты астероидов бывает по крайней мере в десятки раз больше, чем комет, и вероятность встречи с ними более высока. До сегодняшнего дня ближе всего — на расстояние два с четвертью миллиона километров — в 1770 г. к нам приблизилась комета Лекселя.

Кометы VS Астероиды

ЭРОС

Первую малую планету вне пояса астероидов открыл **13 августа 1898 г.** в обсерватории «Урания» немецкий астроном К.Г. Витт; ее назвали **Эрос**.

22

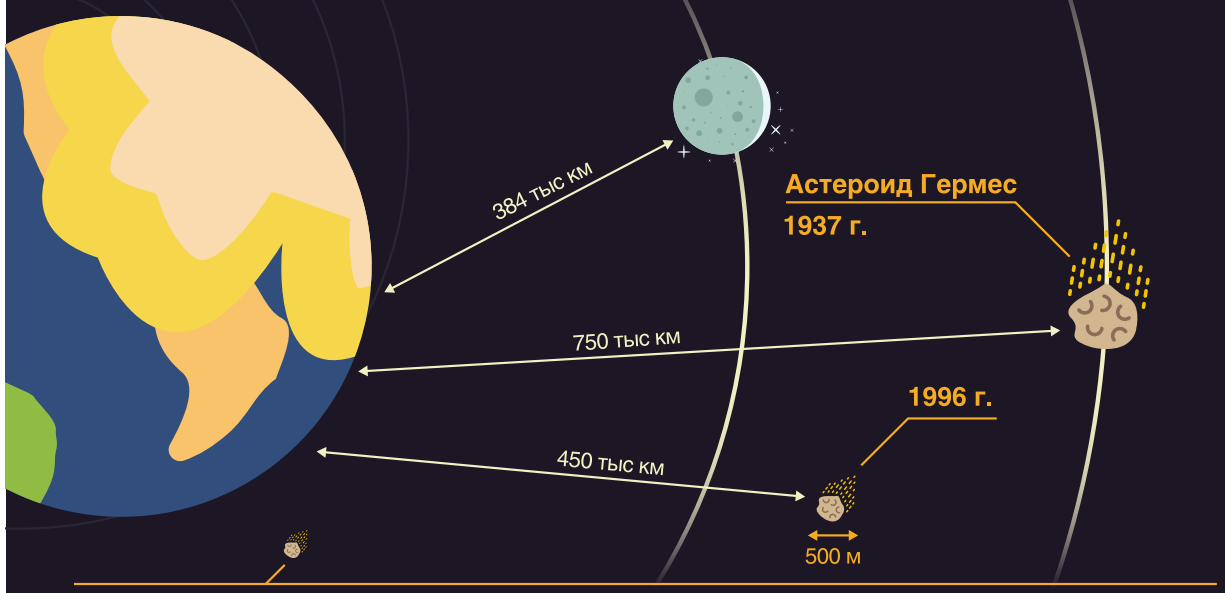
В перигелии Эрос приближается к орбите Земли на расстояние **22 млн км**.

АДОНИС

Определённое опасение вызывало и сближение с нашей планетой в **1936 г.** малой планеты Адонис.

2

Адонис прошел рядом с Землей на расстоянии около 2 млн км.



В сентябре 2002 г. мимо Земли промчался объект на расстоянии в несколько раз меньшем радиуса лунной орбиты. Поперечник пролетевшего космического тела был примерно с футбольное поле.

Кометы

Период обращения меньше 20 лет.

Такие кометы условились считать короткопериодическими.

Вклад комет в кометно-астероидную опасность возрастает до 25%, а как полагают некоторые специалисты, и до половины.

Таких комет с поперечником ядра **больше 1 км — около 30.**

Таких комет с поперечником ядра **≈500 м — около 150.**

Комет, сравнимых по величине с Тунгусским телом (**ядра более 0,1 км**), — **от 2000 до 4000.**

Кометы

Астероиды

С 1995 г. группа сотрудников Института астрономии РАН (ИНАСАН) осуществляет научно-исследовательскую программу поиска крупных тел в метеорных и болидных потоках. Учёные уже давно установили, что метеорные потоки своим происхождением обязаны кометам. Исходя из этого, исследователи ИНАСАН предположили, что метеорные потоки, растянувшиеся вдоль орбиты материнской кометы, должны включать в себя наряду с микрочастицами метеороиды кометной природы. Эта гипотеза полностью подтвердилась. Учёным удалось открыть более 20 потенциально опасных тел поперечником в десятки метров. Больше всего (7) их оказалось в известном августовском потоке Персеид. Если вторжение снежно-ледяного метеороида метрового размера вряд ли представит серьезную угрозу, то встреча Земли с кометным телом поперечником несколько десятков метров может породить катастрофу, подобную тунгусской. Еще в 1971 г. московский астроном И.Т. Зоткин высказал пророческую мысль о том, что «тунгусские метеориты падают каждый год». Он имел в виду яркие объекты, фотографируемые американскими станциями наблюдения ярких болидов. В.А. Бронштэн сравнил параметры нескольких десятков зарегистрированных болидов с данными о Тунгусском метеорите. Учёный пришёл к выводу, что это тела одной природы, отличающиеся только размерами. Учёные ИНАСАН в 1996 г. увидели «космического пришельца» поперечником около 200 м, который приблизился к нашей планете на полтора радиуса лунной орбиты. По космическим меркам это чрезвычайно опасное и тесное сближение.

ПО ДАННЫМ АМЕРИКАНСКИХ УЧЁНЫХ, В СРЕДНЕМ ЗА ГОД ЗЕМЛЯ ПЕРЕЖИВАЕТ 107 ТАКИХ СТОЛКНОВЕНИЙ.

В том же 1996 г. с помощью телевизионной установки американского спутника «Полар», снимающей в ультрафиолетовых лучах, удалось получить изображение движения вблизи Земли самих мини-комет. Американские спутники-разведчики ежегодно замечают до трёх десятков ярких болидов, движение которых завершается взрывом в верхних слоях атмосферы. К счастью, взрыв происходит так высоко, что его последствия на поверхности Земли практически не ощущаются. По данным американских учёных, в среднем за год Земля переживает 107 таких столкновений. Но это в среднем. В реальности число событий в разные годы варьируется, кроме того, мини-комет больше всего бывает в ноябре, а меньше всего — в январе.

В близком направлении ведут исследования сотрудники Харьковского технического университета радиоэлектроники. Они также рассматривают метеорный рой как пылевой след в межпланетном пространстве крупного родительского тела, сближающегося с Землёй. И это естественно: ведь все метеорные потоки наблюдают в земной атмосфере. Следовательно, тело, с которым метеорный рой связан генетически, в своём движении вокруг Солнца если не пересекается с земной орбитой, то уж точно тесно сближается

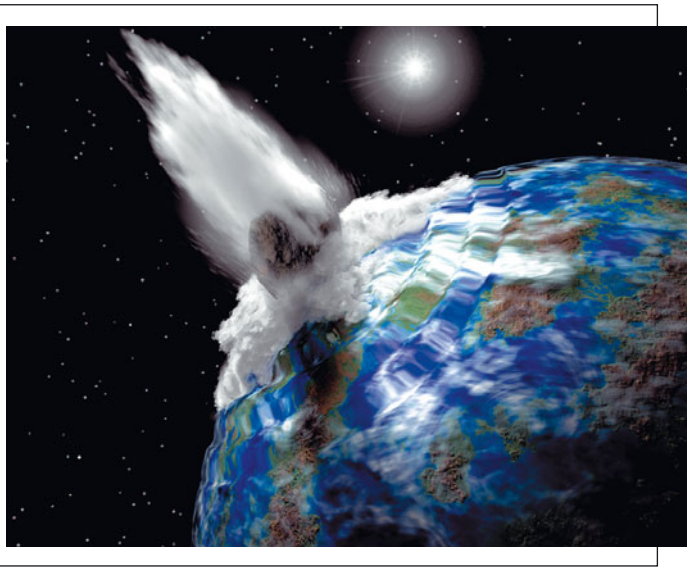
с ней. В последнем случае не исключено, что эволюция орбиты может привести к столкновению тела с Землёй. В Харькове накоплена самая полная в мире база орбит метеорных потоков. Она содержит данные о 5160 орбитах потоков метеоров. Анализ содержащихся в базе параметров позволяет косвенным методом определить элементы орбит потенциально опасных небесных тел, которые до сих пор не удаётся открыть с помощью наблюдений. Можно надеяться, что в дальнейшем, используя полученные данные, удастся увидеть кометы, породившие метеорные потоки.

Многие явления, природа которых оставалась непонятной, легко объясняются вторжением в атмосферу мини-комет. Они поставляют воду на высоты около 80 км.

КОСМИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ: ВЕРОЯТНОСТЬ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Как часто могут случаться столкновения с катастрофическими последствиями? Поскольку число астероидов и комет тем больше, чем меньше их масса, реже всего должны происходить катастрофы глобального масштаба. Понятно, что при столкновении небесного тела с Землёй первый удар принимает на себя атмосфера. Дальнейшее зависит от скорости встречи, от угла входа падающего тела в атмосферу, от его массы и состава.

Метеорит поперечником до 10 м, скорее всего, настолько затормозится в воздухе, что просто выпадет на земную поверхность, не вызвав значительных разрушений. Падение космических «пришельцев» диаметром около 50 м уже приведёт к катастрофическим последствиям масштаба знаменитого тунгусского события 1908 г. Это будет катастрофа локального характера.



Так могло выглядеть катастрофическое столкновение Земли (на ранних этапах её образования) с космическим телом поперечником в сотни километров

Каменистые тела поперечником около 150 м на высотах 5–10 км подвергнутся взрывному дроблению. Взрывная волна вызовет разрушение в радиусе до нескольких десятков километров. Тугоплавкие тела размером несколько сот метров пробьют воздух без заметного торможения и почти в целости врежутся в Землю. Практически вся их энергия движения обрушится на земную поверхность. Это приведёт к взрыву и выбросу массы вещества, в сто и более раз превышающей массу

упавшего тела. Если с Землёй встретится рыхлое ядро кометы тех же размеров, то взрыв может произойти над поверхностью Земли.

Воздушный взрыв космических тел может привести к бóльшим катастрофическим последствиям, чем их непосредственное столкновение с земной поверхностью. Расчёты показали, что высоты, на которых формируются условия для взрыва космических тел, сравнительно невелики и составляют для льда 10–30 км, для железа и базальта — 3–15 км. При падении тела поперечником 250 м выделится энергия, эквивалентная 1000 Мт, что приведёт к разрушениям на площади в миллион гектаров. Такие события могут происходить раз в 10 000 лет. Со стометровыми космическими объектами Земля сталкивается в два раза чаще — каждые 5000 лет.

Падение на Землю гигантского астероида в представлении художника

Каждый миллион лет Земля может 1–2 раза столкнуться с телом диаметром около 1 км, что породит бедствие регионального масштаба. Геологические данные позволяют сделать вывод, что каждые 15–20 млн лет Земля сталкивалась с космическими телами поперечником более 1,5 км. По современным представлениям, вероятность повторения подобных событий в будущем с такой периодичностью сохраняется.

Есть некоторая пороговая величина космического «ударника», больше которой на Земле с неизбежностью произойдёт глобальная экологическая катастрофа. Её возможный сценарий описан учёными. Анализ последствий ядерных испытаний показывает, что подобная катастрофа могла бы наступить при взрывах с энергией 105–106 Мт. Подобные же последствия может вызвать столкновение Земли с телом поперечником 1,5–2 км на скорости 20 км/с либо поперечником в 1 км при скорости 42 км/с. Столкновение нашей планеты с объектом большего размера может вызвать глобальную катастрофу. В этом случае от самого взрыва погибнут миллионы людей, обширные лесные районы будут охвачены пожарами, образуется огромная озоновая дыра, что вызовет повышение фона ионизирующего излучения и сопутствующие этому заболевания.

Такие значительные изменения природных условий на планете обязательно приведут к глобальному экологическому кризису, что критически повлияет на биосферу и драматически скажется на дальнейшей судьбе цивилизации.

Вероятность такой катастрофы статистически очень мала — она может случаться в среднем один раз за сто миллионов лет. Масштабы катастрофы могут зависеть и от места падения «ударника». Скажем, если достаточно крупное тело упадёт в океан, то возникшее цунами и наводнения приведут к разрушениям на огромных территориях. Трудно вообразить, но расчёты свидетельствуют: если на поверхность океана, имеющего глубину 4–5 км, обрушится астероид поперечником 10 км, то образуется вал высотой 4–5 км. Эта водяная гряда, «разбегаясь», сохранит подобную высоту в акватории радиусом до 25 км. При размере «ударника» в 2 км от места катастрофы помчится километровый вал.

Удаляясь от места удара, круговая волна будет терять высоту обратно пропорционально своему радиусу. Например, в случае падения астероида диаметром 2 км даже

на удалении от точки удара на 2000 км высота цунами составит 10 м. Помимо разрушительных последствий надо учитывать возникающие геофизические эффекты и физико-химические процессы в атмосфере Земли.

В Институте физики Земли учёные провели анализ и расчёты последствий падений астероидов. Они пришли к выводу, что в некоторых случаях удары астероидов приходились на геологически напряжённые области. В результате высвобождалась сейсмическая энергия, что вызывало взрыв на порядок более мощный. В этом случае геологические слои ведут себя подобно закалённому стеклу, которое, как известно, может взорваться от слабого, но резкого удара.

А представьте себе, что даже относительно небольшой космический объект врежется в атомную электростанцию! Это может привести ко второму Чернобылю. Не меньшую по масштабам катастрофу может вызвать попадание «ударника» в сооружения химического комбината или в хранилище отравляющих веществ.

Так что очень важно выяснить частоту «обстрела» Земли метеороидами, подобными Сихотэ-Алиньскому метеориту. Эту задачу в последние годы успешно решает система американских спутников, запущенных на геостационарную орбиту. Первоначально система создавалась, чтобы контролировать ядерные взрывы и запуски ракет. Но уже давно она приобрела новое назначение. В 1995–1998 гг. спутники ежегодно фиксируют около 30 ярких вспышек суперболидов.

Вот несколько примеров. 1 октября 1990 г. была зарегистрирована яркая вспышка над Тихим океаном с энергией $19 \cdot 10^6$ МДж, что в несколько раз больше энергии атомных

События, не имеющие последствий (белая зона)	0	Вероятность столкновения в ближайшие десятилетия равна нулю. К этой же категории событий относятся столкновения с объектами, которые не смогут достигнуть поверхности Земли, сгорев в её атмосфере
События, заслуживающие внимания (зелёная зона)	1	Вероятность столкновения крайне низка, порядка вероятности случайного столкновения Земли с объектом такого же размера (необходимо слежение, но скорее всего подобные тела в ближайшие десятилетия с Землёй не встретятся)
События, вызывающие беспокойство (жёлтая зона)	2	Близкий, но не являющийся чем-то необычным пролёт. Столкновение очень маловероятно
	3	Близко пролетающее тело, вероятность столкновения 1% или выше. Столкновение может вызвать только локальные разрушения
	4	Близкий пролёт с вероятностью столкновения 1% и более. Столкновение способно вызвать региональные разрушения
Явно угрожающие события (оранжевая зона)	5	Близкий пролёт, который может с существенной вероятностью вызвать столкновение, приводящее к региональной катастрофе
	6	Близкий пролёт, который может с существенной вероятностью вызвать столкновение, приводящее к катастрофе с вероятными глобальными последствиями
	7	Близкий пролёт, который может с существенной вероятностью вызвать столкновение, приводящее к катастрофе с неизбежными глобальными последствиями
Неизбежное столкновение (красная зона)	8	Столкновение, приводящее к локальным разрушениям. Такие столкновения с Землёй происходят от одного раза в 50 лет до одного раза в 1000 лет
	9	Столкновение, приводящее к региональным разрушениям. Такие столкновения с Землёй происходят от одного раза в 10 000 лет до одного раза в 100 000 лет
	10	Столкновение, приводящее к глобальной катастрофе с изменением климата. Такие события случаются один раз в 100 000 лет и реже

взрывов в Хиросиме и Нагасаки. Тщательный анализ спутниковых данных показал, что вспышка над Тихим океаном была вызвана не испытанием ядерного оружия, а разрушением в атмосфере Земли крупного космического тела. Вторжение самого крупного из замеченных со спутника метеорных тел наблюдалось 1 февраля 1994 г. над Маршалловыми островами. В тот день метеороид вошел в атмосферу со скоростью 24 км/с. Анализ данных показал, что суперболид за время полёта дважды испытал разрушение — на высотах 34 и 21 км. Масса «пришельца» была оценена в 400–500 т (примерно как у Сихотэ-Алиньского метеорита), а энергия — около $170 \cdot 10^6$ МДж. Но начальная скорость метеороида была почти в 2 раза больше, чем при падении метеорита в отрогах Сихотэ-Алиня. Поэтому он разрушился на большей высоте. Такие крупные метеориты, по-видимому, вторгаются в земную атмосферу раз в один-два года. Большинство из них не достигает поверхности Земли, поскольку железные метеорные тела среди них довольно редки. Их, напомним, всего около 5% от общего числа выпадающих метеоритов.

Голубой росчерк оставил на снимке, сделанном 5 марта 1998 г., сближающийся с Землёй астероид

В последнее время многие специалисты ищут разные подходы к оценке вероятности космических катастроф того или иного масштаба.

На основе изучения притока космического вещества, начиная с микронных размеров и заканчивая объектами поперечником до 100 км, а также исследуя пространственное расположение орбит 600 АСЗ, были сделаны важные выводы. Пространственная плотность околоземных астероидов меняется в течение года в зависимости от расположения Земли на её орбите. Оказалось, что в сентябре-октябре населенность околоземного пространства сближающимися объектами на 30–50% выше, чем в другие месяцы. Соответственно, именно в это время года выше вероятность столкновения Земли с опасными объектами. Это же время наиболее благоприятно для открытия неизвестных пока АСЗ. Причём при обследовании участков небесной сферы, противоположных Солнцу, вероятность обнаружения опасных объектов в 3–5 раз выше, чем в среднем по всем направлениям.

Интересно, что страховые компании США, ссылаясь на данные американских специалистов, в своей политике и практике исходят из того, что у отдельного человека риск пострадать от космической катастрофы не меньше, чем погибнуть в авиакатастрофе. Наши представления о сроках и вероятности космической угрозы корректируются по мере открытия и исследования новых опасных объектов.

За неделю до наступления нового тысячелетия на расстоянии, всего в два раза превышающем радиус лунной орбиты, мимо нас промчалось небесное тело размером около 50 м. Из-за малых размеров его удалось заметить лишь вблизи земного шара. Попади такой «камешек» в Землю — и мы стали бы свидетелями (если не участниками) локальной катастрофы. Хотя, по оценкам специалистов, подобное может случаться на земном шаре раз в 100–200 лет (по другим данным — раз в тысячу лет).

МОНИТОРИНГ СБЛИЖАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Понятно, насколько важно и необходимо своевременно открывать и исследовать потенциально опасные космические объекты.

Основными задачами системы наблюдения за опасными объектами являются:

— обнаружение и взятие на учёт всех астероидов, сближающихся с Землёй;

— открытие короткопериодических комет, сближающихся с Землёй, и определение их орбит;

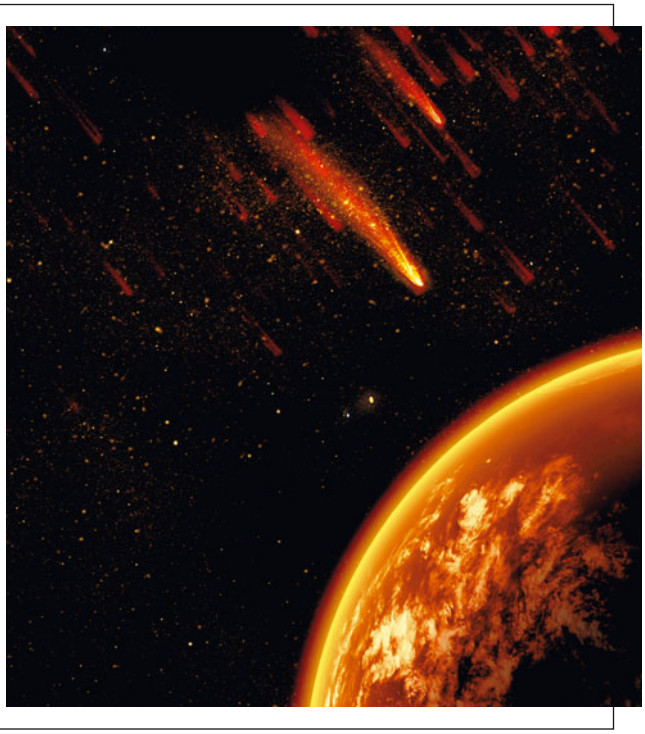
— заблаговременное открытие долгопериодических комет и определение их орбит;

— обнаружение объектов непосредственной угрозы и уточнение возможного района их падения;

— определение физических характеристик опасных космических объектов (ОКО), их формы, характера собственного вращения, химического и минералогического состава;

— выдача целеуказаний для наведения на ОКО космических аппаратов.

Специалисты полагают за десятилетие интенсивных наблюдений реально учесть все опасные объекты, связанные своим происхождением с поясом астероидов.



Кометы в опасной близости от нашей планеты

Ко времени написания этой книги (2014 г.) открыты и занесены в каталоги около 5500 астероидов, сближающихся с Землёй. Почти полностью учтены опасные сближающиеся объекты поперечником более 8–10 км.

По современным представлениям, число сближающихся с Землёй объектов с поперечником более 1 км может быть от 900 до 1230. Их открыто около 80%. Столкновение с Землёй таких астероидов может вызвать региональную или глобальную катастрофу. И хотя такие события возможны только раз за миллионы лет, этот «раз» может случиться и в ближайшие годы.

Вот почему важно как можно скорее создать Международную службу слежения за объектами, сближающимися с Землёй. В идеале такая служба должна за несколько орбитальных оборотов до возможной встречи обнаруживать опасные небесные тела. Тогда в запасе у землян будет как минимум несколько лет.

Представляющую опасность для землян долгопериодическую комету желательно обнаружить хотя бы за несколько месяцев до сближения.

Опасными объекты могут стать и в результате изменения их траектории от столкновения с другим небесным телом. Служба слежения должна быть готова и к таким неожиданным событиям.

Объекты, размеры которых измеряются метрами или десятками метров, могут быть обнаружены лишь на подлёте к Земле, когда расстояние до них составит порядка миллиона километров, а до встречи останется несколько десятков часов.

ПРЕДСТАВЛЯЮЩУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЗЕМЛЯН ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКУЮ КОМЕТУ ЖЕЛАТЕЛЬНО ОБНАРУЖИТЬ ХОТЯ БЫ ЗА НЕСКОЛЬКО МЕСЯЦЕВ ДО СБЛИЖЕНИЯ.

Задачи службы слежения не ограничиваются только обнаружением и определением траектории опасных объектов. Система мониторинга должна рассчитывать место и время встречи опасного объекта с Землёй, а также исследовать характеристики астероидов и комет: форму, структуру, спектральные и фотометрические характеристики, собственное вращение. Только на основе такой информации можно будет спрограммировать наиболее подходящие для данного конкретного случая способы и технические средства защиты. Не менее важная задача службы мониторинга — выдача целеуказаний средствам перехвата, определение точных координат аппаратов-перехватчиков для возможно необходимой коррекции их траекторий.

Надо подчеркнуть, что исследование природы потенциально опасных объектов имеет и теоретическое значение для понимания взаимодействия Земли с ближним и дальним космосом.

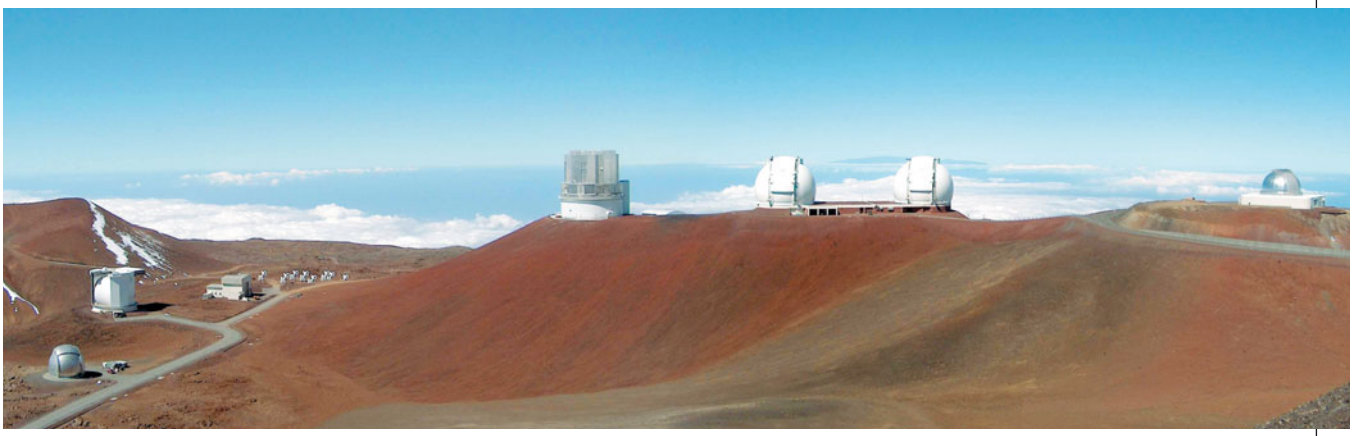
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ И СЛЕЖЕНИЯ

Если астероиды открывают, как правило, астрономы-профессионалы, то большая часть комет была обнаружена любителями астрономии. Тому есть два объяснения. Во-первых, приближающиеся к Солнцу кометы, окутываясь обширной газово-пылевой оболочкой, бывают настолько яркими объектами, что становятся доступными для наблюдения с помощью относительно скромных любительских средств. Во-вторых, только многочисленная армия любителей науки, «охотясь» за кометами, в состоянии практически ежесуточно обозревать всю небесную сферу. Правда, на более мощных телескопах про-

фессиональных обсерваторий кометы могут быть обнаружены на гораздо более далёком расстоянии, что очень важно для своевременного принятия мер защиты. Понятно, что опасность может представить столкновение именно с ядром кометы, а не с его обширной оболочкой или хвостом.

До конца прошлого века было учтено восемьсот астероидов, сближающихся с Землёй (АСЗ). Значительная часть из них была обнаружена с помощью фотосъемки на телескопах. Наблюдения с целью определения положения и орбиты небесных объектов называют астрометрическими. Результаты многолетних астрометрических наблюдений заносят в каталоги. Есть, например звёздные каталоги, каталоги малых планет, каталоги объектов, сближающиеся с Землёй. Для поиска и отслеживания малых планет астрофотография применялась более 100 лет. Для этого чаще всего использовались специальные телескопы — астрографы с кассетой для больших фотопластинок. В дополнении к главной оптической системе астрограф имеет ещё один соосный телескоп — гид. С помощью гида наблюдатель во время экспонирования удерживает наблюдаемый участок неба в поле зрения. Это позволяет в течение достаточного времени накапливать свет от слабых объектов и получать изображение значительного участка ночного неба. Создаваемая таким образом стеклянная библиотека дает возможность сравнивать снимки одного участка, полученные с интервалами несколько суток, месяцев и лет. Астероиды на них удаётся выявить, т.к. они «ползут», перемещаются на фоне далёких звёзд, практически не меняющих своего положения относительно друг друга. Чем астероид ближе к Земле, тем на больший угол он смещается в единицу времени. Для определения истинного движения астероида надо учитывать, что его видимое перемещение есть сумма движений по своим орбитам астероида и Земли. Видимое движение астероида за сутки может составлять от долей градуса до десятков градусов.

Измерения координат астероидов на фотопластинках проводят с помощью специальных высокоточных приборов. Эти положения определяют относительно нескольких окружающих звёзд, координаты которых хорошо известны. Такие звёзды называют опорными. Существует несколько астрометрических каталогов опорных звёзд. Наиболее обширен и точен каталог Guide Star Catalogue (GSC), созданный в Научном институте



Обсерватория на острове Мауна-Кеа на Гавайях

космического телескопа. В каталог занесено 20 млн (!) звёзд от 9 до 16 звёздной величины. Их положение приведено со средней точностью около 0,3 угловой секунды. Понятно, что GSC был издан не в виде книг, а представляет собой серию компактных компьютерных лазерных дисков, а также доступен по Интернету. Работа над каталогом продолжается. GSC широко используют и в кометной астрономии.

На территории стран СНГ наибольший опыт поиска и исследования астероидов накоплен в Крымской астрофизической обсерватории (КрАО). Путем фотографических наблюдений с помощью двойного 40-см телескопа-астрографа здесь было открыто около трети всех каталогизированных к концу прошлого века астероидов. Модельные математические эксперименты показали, как должны выглядеть объекты перед столкновением с Землёй. В последний период перед столкновением величина углового перемещения зависит от направления подхода астероида к Земле. Некоторые из них становятся «очень медленными», а в последние 10 дней почти стационарными объектами. И это вполне естественно. Ведь в это время астероид летит прямо на нас, быстро увеличивая свой блеск, но очень мало перемещаясь поперёк луча зрения. В таком случае для определения расстояния до объекта и параметров его траектории необходимо провести серию наблюдений на двух телескопах, достаточно удалённых друг от друга. Такие наблюдения называют базисными. Они позволяют использовать триангуляционный метод определения расстояния до объекта. Поможет здесь и радиолокация потенциально опасного объекта.

ПОСЛЕ 2000 г. АСТРОНОМЫ ПОЛНОСТЬЮ ПЕРЕШЛИ НА ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ.

При всех достоинствах фотографический метод имеет один существенный недостаток — слабую чувствительность фотоэмульсий, или, как говорят специалисты, их низкий квантовый выход (лишь небольшой процент падающих на фотоэмульсию квантов света проявляется после обработки). Даже у самых современных высокочувствительных фотоматериалов квантовый выход не превышает нескольких процентов. Поэтому фотографический метод не позволяет открывать сравнительно небольшие и потому неяркие опасные космические объекты, которых больше всего в окрестностях земной орбиты. Не обладает астрофотография и необходимой для целей космической защиты оперативностью получения результатов наблюдений.

На помощь учёным пришли новейшие средства микроэлектроники и компьютерные технологии. После 2000 г. астрономы полностью перешли на электронно-оптические методы наблюдений. В качестве чувствительных приёмников излучения в телескопах начали использовать твердотельные приборы с зарядовой связью (ПЗС). В наши дни ПЗС-матрицы используют в мобильных телефонах, в цифровых фото- и видеокамерах. Основой ПЗС-матрицы является плоский слой монокристалла полупроводника (как правило, кремния). На эту подложку наносят много металлических площадок, расположенных в правильном

геометрическом порядке в виде строк и столбцов. Каждая площадка вместе с подложкой образует ячейку, чувствительную к свету. Такая ячейка становится элементарным конденсатором, который может накапливать электроны, возникающие под действием падающего потока фотонов. Возникающие таким образом электрические сигналы передаются вдоль столбцов в следующие строки. С последней строки электрические заряды попадают на усилитель и аналого-цифровой преобразователь. Этим процессом управляет компьютер. Чтобы снизить помехи от самой матрицы, её охлаждают до –130 °С.

Современные ПЗС-матрицы изготовляют с числом светочувствительных элементов (пикселей) от 4096·4096 и более. Размеры каждого элемента от 3·3 до 30·30 мкм. Профессиональные ПЗС-камеры обеспечивают не только сверхвысокую чувствительность, но и высокоточное определение координат изображений в оцифрованном виде. Это даёт другое важнейшее преимущество метода — возможность получения и компьютерной обработки информации почти в реальном масштабе времени.

Каждая звезда проявляется на площади в несколько пикселей. Компьютер определяет блеск звезды и её координаты с точностью не ниже 0,1 размера пикселя. В результате получают массив прямоугольных координат и блеск объектов, попавших в поле, покрываемое матрицей. После этой обработки компьютер пересчитывает прямоугольные координаты в привычные для астрономов сферические экваториальные.

СОВРЕМЕННЫЕ ПЗС-МАТРИЦЫ ИЗГОТОВЛЯЮТ С ЧИСЛОМ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ПИКСЕЛЕЙ) ОТ 4096·4096 И БОЛЕЕ.

Если за одну ночь получено два-три кадра одной и той же площадки неба, то компьютер, в памяти которого есть каталоги опорных звёзд, данные об известных подвижных объектах естественного и искусственного происхождения, сможет выделить новые подвижные объекты, представляющие опасность для землян. На практике наблюдатели получают три измерения положения объекта с перерывом 20–30 мин. Этого бывает достаточно, чтобы определить скорость изменения координат исследуемого объекта и сопоставить полученные параметры с параметрами объектов, уже занесённых в базу данных. Следующая задача, решаемая компьютером, определение координат, а затем по нескольким наблюдениям — и построение предварительной орбиты объектов. Об открытых объектах, которые в будущем могут опасно сблизиться с Землёй, все данные отправляют в координационный центр, чтобы пополнить ими каталог опасных объектов.

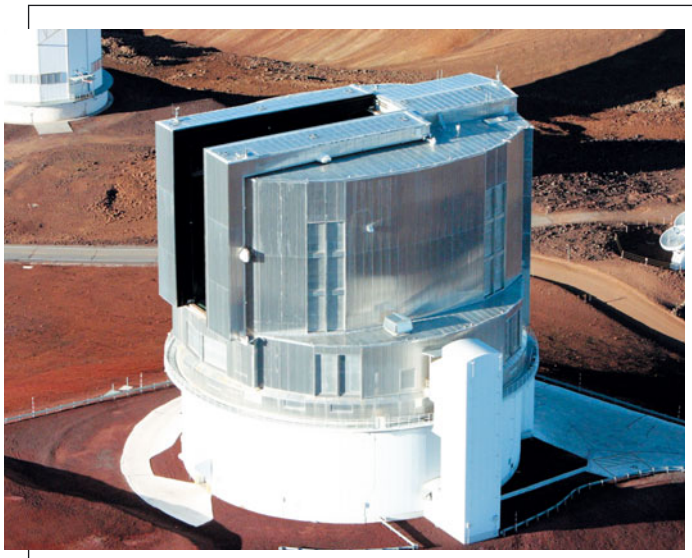
Из-за движения астероида на фоне звёзд его слабый световой поток как бы «размазывается» по направлению движения и не позволяет накапливать сигнал при длительном экспонировании. Учёные из Новосибирска, работающие в Вычислительном центре Сибирского отделения Академии наук, разработали алгоритм компьютерного преобразования массивов чисел от ПЗС-матриц в параметры орбитального движения. При этом

изображения тел, движущихся по эфемеридам заданного класса, представляются как бы неподвижными, что допускает длительное накопление сигнала.

Разработанный алгоритм позволяет избирательно считывать заряды с пикселей ПЗС только в те моменты, когда на них падает свет от движущегося малого объекта. Используя предложенный алгоритм, можно создать систему, которая позволит объединить в центральном компьютере промежуточные результаты наблюдений с нескольких телескопов наземного и космического базирования. Эта система избирательно обнаруживает не любые малые тела, которых, по оценкам, многие миллионы, а лишь те из них, которые сближаются с Землёй.

По результатам численного моделирования и анализа гелиоцентрического движения ОКО установлено, что за несколько лет до тесного и опасного сближения с Землёй происходят их менее тесные сближения с нашей планетой. В эти периоды предварительных сближений и желательно обнаружить потенциально опасный объект. Расчёты, в частности, показывают, что зона контроля космического пространства радиусом 15 млн км гарантирует обнаружение большинства АСЗ за 10 лет до столкновения. Опасные астероиды на предыдущих оборотах могут быть замечены и на гораздо меньшем расстоянии.

Опыт сотрудников ИНАСАН показывает, что с помощью сравнительно небольших телескопов (с диаметром зеркала от 60 см), оснащённых современными светоприёмниками с проницающей силой до 18-й звёздной величины, можно обнаруживать тела десятиметрового размера на расстоянии нескольких миллионов километров от Земли. В этом случае время до столкновения составит более суток. Этого будет достаточно, чтобы принять срочные меры защиты. Однако для своевременного обнаружения более крупных, но удалённых потенциально опасных объектов необходимо использовать проницающую силу самых крупных телескопов. Сейчас в мире их несколько десятков, причём, как правило, они располагаются в местах с наилучшими для наблюдений природными условиями. Одно из мест с прекрасным астроклиматом — Гавайские острова.



Башня телескопа «Субару» на острове Мауна-Кеа

Над вершиной Мауна-Кеа Большого острова Гавайского вулканического архипелага опрокинута чаша тёмного сухого безоблачного неба. Поэтому там на высоте более 4000 м возникло настоящее созвездие крупнейших астрономических инструментов. Достаточно назвать лишь некоторые из них: два телескопа «Кек» с 10-м зеркалами, телескоп «Джемини» («Близнецы») северный с зеркалом размером 8,1 м; инфракрасный телескоп NASA и инфракрасный телескоп Великобритании, японский телескоп «Субару».

«Субару» введён в строй в 1999 г. Диаметр его зеркала составляет 8,2 м. Телескоп установлен на высоте 4139 м над уровнем моря. Адаптивные устройства телескопа от-

слеживают, как при поворотах изменяется форма главного зеркала, и минимизируют возникающие искажения. Кроме того, специальные меры помогают избавиться от «размывания» изображения, вызываемого струением атмосферы. Компьютерная система управляет цилиндрическим куполом обсерватории, что заметно снижает тепловое перемешивание воздуха. Как и в других крупнейших обсерваториях, во время наблюдений сотрудники не заходят в подкупольное помещение, чтобы не создавать дополнительных вибраций и тепловых потоков. Специалисты находятся в комнате операторов. Управление телескопом «Субару» можно вести и по сети Интернет.

Благодаря прекрасному астроклимату и использованию высоких технологий уже на этапе наладки телескопа «Субару» достигнуто разрешение 0,2» (две десятых угловой секунды!). Замечательно, что инструмент позволяет вести наблюдение и в ультрафиолетовой, и в видимой, и в инфракрасной областях спектра.

На обсерватории Мауна-Кеа получают самые качественные астрономические снимки на Земле. Во многих проектах обеспечения космической безопасности предлагается в случае необходимости использовать всю мощь наземных обсерваторий.

Для надёжного патрульного обзора всего небосвода необходимо создать международную службу мониторинга на базе наземных и космических телескопов.

РЕАЛИЗУЕМЫЕ ПРОЕКТЫ И ПРОГРАММЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Существует множество масштабных и эффективных программ и проектов мониторинга опасных космических объектов. Часть из них успешно реализуется.

Реальные и систематические меры для обнаружения опасных объектов предпринимают в США.

В 1980 г. в лаборатории Луны и планет Университета Аризоны (США) профессор Том Герелс и доктор Роберт Мак-Миллан организовали научную группу, которую назвали «Spacewatch» («Космический дозор»). Одной из главных задач группы стал поиск астероидов и комет, опасно сближающихся с нашей планетой. Эта группа, работающая в обсерватории Стюарда Аризонского университета, первой освоила ПЗС-технологию наблюдения за малыми телами Солнечной системы. Для наблюдений используется старейший в обсерватории 90-см телескоп (1921 г.). Он находится на высоте более 2000 м. С 1983 г. на оснащённом ПЗС-приёмниками телескопе ведутся систематические наблюдения по программе «Космический дозор». Почти половину новых астероидов, сближающихся с Землёй, в конце XX в. открывали на этом инструменте. Уже к середине 1995 г. группа Герелса открыла 94 АСЗ. В дальнейшем удалось обнаружить в непосредственной близости от Земли глыбы размером всего в несколько метров!

На рубеже веков «Космический дозор» был усилен: 90-см телескоп оснащён современной электронной системой построения и обработки изображения и новой ПЗС-камерой. Но главное, весной 2001 г. введён в строй новый телескоп с зеркалом диаметром 1,8 м. Этот инструмент был сконструирован и оснащён с учётом многолетнего опыта использования 90-см телескопа.

Одним из ведущих мировых центров наблюдений комет и астероидов с применением ПЗС является Смитсонианская астрофизическая обсерватория (Кембридж, США). Астрометрические наблюдения проводятся под руководством Б.Г. Марсдена с помощью полутораметрового телескопа-рефлектора.

В последние годы ушедшего столетия в США была создана служба, включающая несколько специальных наземных телескопов, оснащённых оригинальной чувствительной приёмно-анализирующей аппаратурой. Служба призвана учесть все опасные объекты поперечником больше 1 км и предсказывать, хотя бы за десятилетие, возможность их столкновения с Землёй.

Телескоп «Сара» в обсерватории Китт-Пик в пустыне Сонора, США

На примере телескопа «Субару» можно судить, насколько эффективно использование адаптивной оптики. Система с адаптивной оптикой, управляемая компьютером, способна изменять формы входящих в неё оптических поверхностей при изменениях изображения объекта. Так достигается более высокое разрешение, позволяющее получить более полную информацию о наблюдаемых объектах.

С использованием передовых методов и высоких технологий реализуется проект Pan-STARRS. В соответствии с ним в январе 2007 г. на острове Мауи (Гавайи) начались практические испытания нового телескопа Pan-STARRS1 (PS1). Цифра «1» в названии инструмента не случайна. Телескоп представляет собой опытный образец, оснащённый одной зеркальной системой диаметром 1,8 м. Он установлен в одной из башен высокогорной обсерватории Халеакала (Haleakala) Института астрономии Гавайского университета. Уникальная светоприёмная ПЗС-камера обеспечивает возможность цифровой съёмки небывало больших участков ночного неба. Программа испытаний и научных исследований с такой камерой обзора рассчитана на 3,5 года. Испытания должны подтвердить эффективность новых технологий обзорных астрономических наблюдений. После этого планируется создать полный вариант телескопа — Pan-STARRS4. Он будет составлен из четырёх индивидуальных оптических систем, каждая с 1,8-м зеркалом. Все зеркала одновременно наблюдают одну область неба. Каждое зеркало будет иметь поле зрения 3 градуса и цифровую ПЗС-камеру с 1,4 млрд (!) пикселов. Зеркало каждого телескопа будет передавать в камеру данные объёмом 1,4 млрд мегабайт. Количество данных, произведённых Pan-STARRS, будет настолько большим, что вместо архивирования всех получаемых изображений придётся извлекать из них лишь существенные данные.

Первоочередная задача PS1 — интенсивный поиск и изучение орбит астероидов и комет в Солнечной системе, которые являются потенциальной угрозой Земле. В процессе опознания потенциальных астероидов-убийц телескоп Pan-STARRS1 своим об-

зором охватит за одну ночь площадь в 6000 кв. градусов. Это поможет выявить новые астероиды и кометы до 24 видимой звёздной величины.

В проектах мониторинга сближающихся с Землёй космических объектов сеть наземных телескопов будет дополнена телескопами, установленными на космических платформах. Предполагается использование таких телескопов в кооперации с наземными инструментами для организации базисных наблюдений. Точность определения траектории требует достаточно длинной базы — разнесение телескопов на большое расстояние друг от друга. С этой целью космические телескопы выведут на высокоэллиптические или геостационарные орбиты. Это позволит вести исследования слабых объектов круглосуточно без атмосферных помех и во всех областях спектра. Из космоса можно будет заметить ОКО, расположенные на небосводе по соседству с Солнцем. 19 декабря 2013 г. с космодрома Куру во Французской Гвиане стартовала российская ракета-носитель «Союз-СТ-Б» с разгонным блоком «Фрегат-МТ». На борту ракеты находилась Европейская космическая обсерватория Gaia — Global Astrometric Interferometer for Astrophysics, то есть Глобальный астрометрический астрофизический интерферометр. После выхода на околоземную орбиту от третьей ступени ракеты отделился разгонный блок со станцией Gaia. Два включения двигателя обеспечили доставку космического аппарата в точку либрации L2. Обсерватория находится на линии Солнце — Земля на расстоянии 1,5 млн км от нашей планеты в стороне, противоположной дневному светилу.

Обсерватория Пик-дю-Миди в Пиренеях, Франция

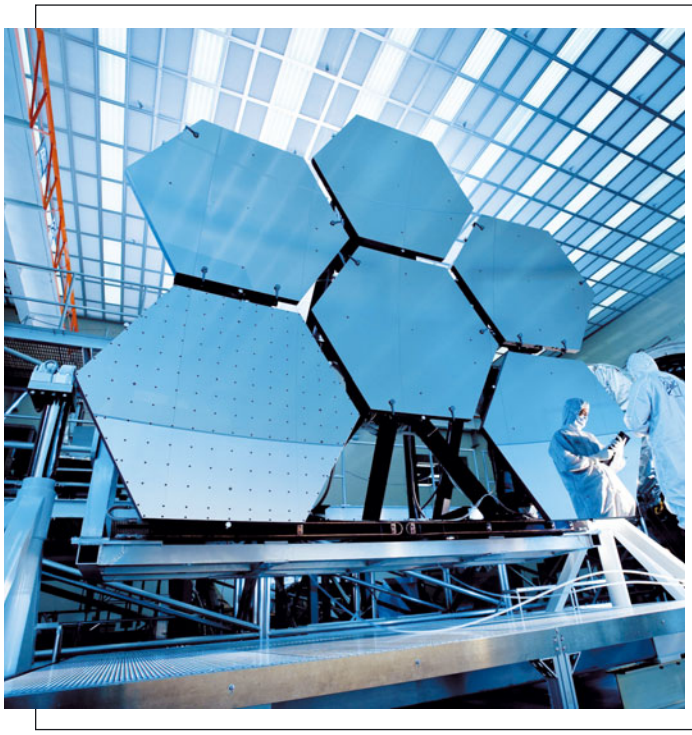
Масса космической обсерватории более 2 т, размеры 4,6×2,3 м. На борту обсерватории установлены два телескопа, которые отражают собранный ими свет на сверхчувствительный приёмник излучения, который состоит из 106 ПЗС-матриц, Общие размеры ПЗС камеры 100×50 сантиметров, разрешение ПЗС-камеры может достигать миллиарда пикселей. Это устройство справедливо называют самой большой цифровой камерой в мире. Чувствительность камеры настолько высока, что она могла бы заметить прядь человеческих волос на расстоянии 700 км. Помимо телескопов на борту Gaia есть фотометр для измерения яркости космических объектов и спектрометр, позволяющий определить химический состав и температуру звёзд.

Цель проекта — создание достоверной и подробной карты нашей Галактики Млечный Путь с указанием координат, направления движения и цвета примерно миллиарда звёзд. Впечатляет точность, с которой определяется положение объектов на небесной сфере. «Гайя» позволяет измерять угол на небе между направлениями на две звезды, с точно-

стью 25 микросекунд дуги. Это соответствует углу, под которым видна наша двухрублёвая монета, лежащая на поверхности Луны.

Важная задача — обнаружение комет и астероидов Солнечной системы. Учёные полагают, что телескоп сможет открыть около 10 тыс. экзопланет. Поскольку каждую звезду в будущем каталоге «Гайи» пронаблюдают не менее 70 раз, то будет возможность зафиксировать и проанализировать изменение со временем яркости звёзд и характера их спектра. Несомненно ценной была бы новая информация о тёмной материи. Планируемое время активной жизни обсерватории «Гайя» — пять-шесть лет, обработка полученных данных, подготовка и составление нового каталога объектов могут потребовать еще около двух лет.

Проектирование, экспериментально-исследовательская работа, изготовление и испытание аппаратуры заняли 20 лет и вместе с запуском обсерватории в космос стоили около миллиарда долларов.



Сборка зеркала телескопа «Джеймс Уэбб»

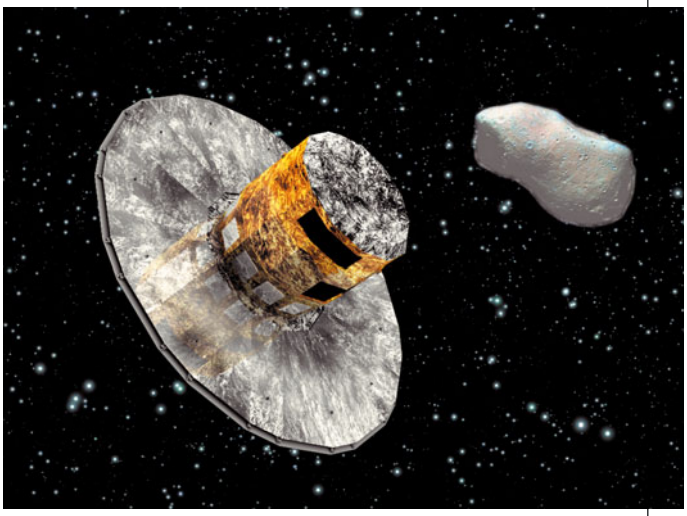
В США реализуется другой перспективный проект. Космической обсерваторией нового поколения станет телескоп «Джеймс Уэбб» (JWST), который планируется вывести в космос в 2018 г. Инфракрасный телескоп, названный в честь заслуженного руководителя NASA, сможет работать и в видимом диапазоне. Новое космическое «око» землян — главное зеркало телескопа — имеет диаметр 6,5 м. Это делает JWST гораздо более чувствительным и широкополосным инструментом по сравнению с орбитальным телескопом «Хаббл». С помощью нового телескопа можно будет увидеть события, близкие к началу времени Вселенной, познакомиться с процессом формирования самых первых галактик, а также заглянуть внутрь пылевых облаков, где сегодня формируются звёзды и планетные системы. Телескоп «Джеймс Уэбб» будет выведен в точку либрации L2, откуда его эффективно можно будет использовать и в интересах космической защиты Земли.

Поскольку астероиды, сближающиеся с Землёй, обычно обнаруживают на расстоянии нескольких сотен тысяч или в лучшем случае миллионов километров, их можно оперативно исследовать с помощью радиолокации. Если оптические средства способны играть роль первого эшелона обнаружения опасных объектов, то радиолокаторы могут стать последним «аварийным» рубежом.

Понятно, что такие наблюдения (в отличие от оптических) можно проводить в любую погоду и в любое время суток. Для того чтобы обеспечить круглосуточное наведение на космические объекты, приходится располагать радиолокаторы в разных частях вращающегося земного шара. Это необходимо и для связи с космическими зондами, летящими

в дальний космос, и тем более важно для обеспечения космической безопасности Земли. Система дальней космической радиосвязи США включает инструменты в Калифорнии, Испании и Австралии. Они расположены с угловым интервалом по долготе в 120°. Это обеспечивает непрерывное радионаблюдение за космическими объектами.

К настоящему времени крупные радары и радиотелескопы работают на территории России и Украины, Германии и Великобритании.



На рисунке показана станция «Гайя» и исследуемый ею астероид

С 1990-х гг. свойства АСЗ изучают с использованием самых мощных радиолокационных установок в Аресибо и Голдстоуне. Среди исследованных таким образом астероидов — Таутатис.

Астероид Таутатис учёные США и России изучали во время его сближения с Землёй в период 1992–1996 гг. За это время было выполнено около 40 тыс. измерений. Удалось выяснить, что объект имеет неправильную форму: ширину 2,4 км, длину 4,6 км и движется, «кувыркаясь» в пространстве.

Полученные радиолокационные изображения Таутатиса показали, что на самом деле это два почти прижатых друг к другу астероида, удерживаемых силой взаимного притяжения. Изображения представляют собой компьютерную трёхмерную математическую модель поверхности и вращения Туататиса, созданную на основе выполненных радиотелескопами измерений. Использованная технология делает принципиально возможным получение изображений тысяч астероидов, сближающихся с нашей планетой. Таутатис исследовали и другими астрофизическими методами.

В последние годы объединённый коллектив российских и украинских учёных разработал программу исследования тел Солнечной системы оригинальным методом с использованием нескольких крупных инструментов. Суть метода состоит в том, что исследуемый объект «подсвечивается» мощным Евпаторийским планетным радиолокатором РТ-70. В результате этого облучаемое небесное тело отражает пришедшие радиоволны и становится видимым в радиолучах. Отражённые сигналы в режиме радиоинтерференции принимают несколько удалённых друг от друга радиотелескопов. Вначале приём отражённых радиосигналов производили на крупнейших российских радиотелескопах с диаметром главного зеркала 64 м, которые расположены недалеко от Москвы в Медвежьих Озерах и Калязине на расстоянии около 150 км друг от друга. Интерференция сигналов, приходящих на эти антенны, даёт почти такой же результат, как если бы применялась гигантская антенна диаметром около 150 км. При мощности

излучения сигнала с РТ-70 в 150–200 кВт российский антенный комплекс обеспечивает уверенное обнаружение объектов километрового размера на расстоянии до 15 млн км (0,1 а. е.). Для этого понадобится накапливать эхосигнал около одного часа. Если мы хотим обнаружить объект меньшей величины, то время накопления отражённых радиоволн придётся значительно увеличить.

ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ И МОЩНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ УСТАНОВКИ.

Таким образом, удаётся с большой точностью определять положение на небесной сфере исследуемых космических тел относительно опорных квазаров — очень далёких почти точечных объектов с известными координатами. Достигаемые результаты с полным правом можно назвать прецизионными. Ведь траекторию центра масс астероидов удаётся определить с точностью до одной тысячной доли угловой секунды! Этого вполне достаточно, чтобы понять, угрожает ли нам столкновение с исследованным астероидом.

Для обнаружения и дистанционного исследования опасных объектов можно использовать и мощные лазерные установки. У нас в стране разработаны проекты применения в этих целях инфракрасных CO_2-лазеров космического базирования с использованием солнечной накачки энергии. Применение такой космической системы может обеспечить обнаружение и изучение параметров объектов размером более 50 м на расстоянии от 30 тыс. до 10 млн км. Эти системы можно будет использовать также для наведения на опасный объект аппарата-перехватчика и необходимой коррекции его курса.

По форме АСЗ исключительно разнообразны. Некоторые из них шарообразны, другие сплюснуты и вытянуты, среди них есть гантелевидные и даже закручивающиеся подобно штопору. Радарные исследования показали, что значительный процент сближающихся астероидов раздвоены или контактно-двойные.

РУКОТВОРНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ

Во второй половине XX в. экологический кризис приобрёл космическую составляющую. Человек, начав осваивать космос как четвёртую среду обитания, распространяет загрязнение окружающей среды за пределы земного шара.

Активная «жизнь» почти всех искусственных спутников Земли продолжается от нескольких месяцев до нескольких лет. В начале космической эры к «отжившим» спутникам интерес пропадал, и никто не следил, по каким орбитам они продолжают свой полет. Количество пассивных космических объектов быстро возрастало в связи с ростом числа космических запусков, которое вскоре перевалило за сотню в год. Начиная с на-

шего первого спутника, запущенного 4 октября 1957 г., в космос отправили более 20 тыс. аппаратов общей массой свыше 3 тыс. т; абсолютное большинство — в околоземное пространство.

Опасность «космической свалки» была осознана только спустя три десятилетия после начала космической эры, когда стала реальной угроза столкновения пилотируемых космических аппаратов и дорогостоящих спутников с «мёртвыми» предметами космической деятельности. Тогда и появился термин «космический мусор».

Число отслеживаемых объектов в космических окрестностях Земли значительно превышает количество космических стартов, и это несмотря на то, что многие спутники уже сошли с орбиты и разрушились. Удивляться этому не приходится. Во-первых, некоторые ракеты выводили сразу два и даже несколько спутников. Во-вторых, кроме космических аппаратов учитываются все обнаруженные искусственные объекты. Количество космического мусора ежегодно возрастает не только за счёт новых запусков, но и в результате дробления при столкновениях отработавших аппаратов.

БОЛЕЕ 40% КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА, ДВИЖУЩЕГОСЯ НА НИЗКИХ ОРБИТАХ, ЯВЛЯЕТСЯ ОСКОЛКАМИ ОТ ВЗРЫВОВ ВЕРХНИХ СТУПЕНЕЙ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ.

По данным исследований Института астрономии Российской академии наук и Национального аэрокосмического агентства США (NASA), более 40% космического мусора, движущегося на низких орбитах, является осколками от взрывов верхних ступеней космических ракет и выработавших свой ресурс спутников. Уже к началу 1990-х гг. было зафиксировано 112 взрывов — и запланированных, и случайных. Вплоть до 1990-х гг. происходили взрывы верхних ступеней ракет «Дельта», «Титан», «Космос», «Протон», «Зенит», «Рокот», «Пегас» из-за перегрева остававшегося в них неиспользованного топлива. Например, подобные случаи на семи вторых ступенях ракет «Дельта» породили 1300 новых занесённых в каталоги космических объектов.

В интересах противоракетной и противокосмической обороны в СССР и США были созданы военные службы контроля за космическим мусором. Системы контроля околоземного пространства используют радары дальнего обнаружения, а также совершенные оптические и электронно-оптические установки. Они могут «разглядеть» на высотах до 2000 км фрагменты космического мусора размером 10–30 см. На геостационарной орбите (высота около 36 000 км) она может обнаружить объекты размером не менее одного метра. Космическую «мелочь» удается наблюдать с помощью радиолокаторов.

В нашей стране работы по наблюдению космического мусора организует и координирует группа учёных из Института прикладной математики им. М.В. Келдыша (ИПМ).

В ИПМ присваивают вновь открытым объектам временные номера и заносят данные в каталог.

В 2008 г. специалисты непрерывно отслеживали в околоземном пространстве примерно 12 тыс. объектов размером более 10 см. Чем меньше размер космического мусора, тем больше его количество. С помощью статистических расчётов учёные приблизительно оценили количество космической «мелочи»: объектов размером от 1 до 10 см — от 70 до 150 тыс., а частиц меньше сантиметра, вероятно, около трех с половиной миллионов единиц. Напомним, что общая масса всей этой мелочи — порядка 3000 т.

Топливный бак двигателя второй ступени ракеты-носителя «Дельта-2» весом 250 кг упал 22 января 1997 г. в США вблизи Джорджтауна

Наиболее «засорены» высоты от 600 до 800 км. На таких орбитах объекты могут «жить» в среднем около 300 лет. Объекты космического мусора движутся на разных высотах, по различным орбитам, в разных направлениях, причем при лобовой встрече фрагментов космического мусора с действующими космическими аппаратами скорость их столкновения может достигать 15 км/с (почти 60 тыс. км/ч!) и потому представляет опасность для деятельности людей в космосе. Особенно велика угроза столкновений с космическим мусором размерами менее 10 см, элементы которого не всегда удается отслеживать. Столкновение управляемого аппарата даже с сантиметровым осколком может привести к катастрофе в космосе. Особенно опасно подобное столкновение, если на спутнике будет разрушен ядерный реактор.

НАИБОЛЕЕ «ЗАСОРЕНЫ» ВЫСОТЫ ОТ 600 ДО 800 КМ.

Первое столкновение на орбите произошло в 1991 г. Тогда спутник «Космос-1934» столкнулся с обломком спутника «Космос-926». Оба объекта в момент встречи двигались на высоте 980 км. Реальность техногенных космических катастроф была подтверждена гибелью французского спутника CERISE, который 24 июля 1996 г. на высоте примерно 660 км столкнулся с фрагментом третьей ступени французской ракеты «Ариан», выведенной на орбиту в 1986 г. Спутник успел поработать ровно год. Работающая на низкой орбите Международная космическая станция (МКС) уже несколько раз подвергалась угрозе столкновения с достаточно крупными осколками искусственного происхождения. Только благодаря мастерству специалистов — баллистиков Центра управления полётами — удавалось вовремя изменять параметры орбиты МКС и предотвращать, таким образом, возможные катастрофы.

Другая область засорения — зона геостационарных орбит, которая плотно «заселена» тысячью спутников-стационаров. Это население ежегодно возрастает на два-три десятка новых станций и множество обломков спутников, разрушившихся по разным причинам. Геостационарные спутники могут подвергаться бомбардировке естественными метеорными телами.

Искусственный спутник на орбите Земли

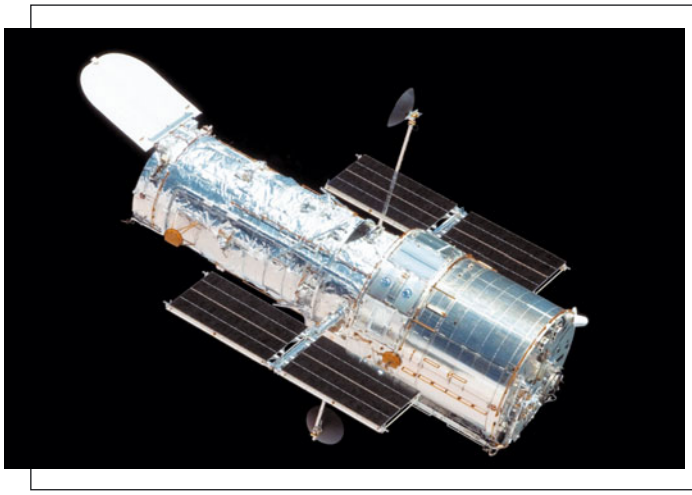
Как среди звёзд отличить искусственные космические объекты, находящиеся на геостационарной орбите? При телескопических наблюдениях астрономы обычно включают часовой механизм, который компенсирует суточное вращение Земли и заставляет телескоп неотрывно «смотреть» на выбранную звезду. При мониторинге космических объектов и их фрагментов на геостационарной орбите, неподвижных относительно Земли, часовой механизм отключается. Поэтому на ПЗС-кадрах геостационарные спутники регистрируются в виде точек, а звёзды выглядят чёрточками.

Время существования пассивных космических аппаратов на самых низких орбитах — несколько десятков лет. Под действием сопротивления воздуха и земного притяжения все спутники на низких орбитах в своё время входят в плотные слои воздуха и ярко вспыхивают подобно болидам. Наиболее массивные из них падают на поверхность Земли. Куски космического мусора размером более метра в среднем падают на её поверхность не реже одного раза в неделю, фрагменты меньшего размера — ежедневно. К сожалению, точно предупредить о времени и месте их падения специалисты пока не могут.

В 1964 г. В ХОДЕ НЕУДАЧНОГО ЗАПУСКА НАВИГАЦИОННОГО СПУТНИКА США С ЯДЕРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ РАДИОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАССЕЯЛИСЬ НАД ИНДИЙСКИМ ОКЕАНОМ.

Из-за того что густонаселённые районы на нашей планете составляют лишь малую долю её поверхности, землянам пока везёт. Например, в 1978 г. «Космос-594» рухнул в тайге на севере Канады, а через год обломки американской космической станции «Скайлэб» выпали в пустынях Австралии. Однако большую опасность представляют аппараты с радиоизотопными источниками электрической энергии.

В 1964 г. в ходе неудачного запуска навигационного спутника США с ядерными источниками энергии радиоактивные материалы рассеялись над Индийским океаном. Обычно же такие спутники к концу периода активного использования в целях безопасности переводят на орбиты высотой около 1000 км, где атмосфера практически отсутствует и потому аппараты могут оставаться там многие сотни лет — до тех пор, пока ядерные энергетические устройства перестанут представлять радиационную опасность.



Космический телескоп «Хаббл» — автоматическая обсерватория, выведенная на орбиту Земли в 1990 г.

Проблема загрязнения космоса признана многими международными организациями, например Международным астрономическим союзом. Помимо всего прочего, космический мусор становится всё более существенной помехой для астрономических наблюдений. Например, на каждом четвёртом снимке, полученном космическим телескопом «Хаббл», регистрируются техногенные обломки. Проблема загрязнения ежегодно обсуждается на сессиях Комитета ООН по мирному использованию космического пространства и его подкомитетов. Специалисты пришли к выводу, что прежде всего необходимо сделать более экологичной космическую деятельность, свести к минимуму рост засорённости околоземного пространства. Придётся более тщательно определять требуемое количество ракетного топлива, чтобы после выполнения разгонных и коррекционных операций баки становились почти сухими. В противном случае, как мы уже говорили, перегрев остатков топлива или срабатывание пироболтов могут стать причиной взрыва. На спутнике должен быть запас рабочего тела (например, сжатого газа) для изменения орбиты спутника после исчерпания его ресурса. Возможны два варианта заключительного маневра. Первый — перевод спутника на такую орбиту, чтобы не позже чем через 25 лет он затормозился в атмосфере. Второй вариант — перевод спутника на высокую орбиту космической «свалки». В последние годы крупные аппараты по завершении их миссии сразу сводят с орбиты и затопляют в южной части Тихого океана, уже прозванной «кладбищем космических кораблей».

Существуют проекты эффективного воздействия на опасные кометы или астероиды эшелонами масс крупного космического мусора, скопившегося на околоземных орбитах. Если суммарная масса собранного техногенного мусора составит около 1000 т, то энергия его удара о поверхность опасного объекта может быть сопоставима с энергией ядерного взрыва мощностью от 1 до 10 Мт.

ГЛАВА VI
ВСЕМИРНАЯ СЛУЖБА КОСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Человечество располагает научными, техническими и технологическими возможностями для создания эффективных средств защиты от космической угрозы. На рубеже восьмидесятых-девяностых годов учёные предложили политикам и общественности использовать потенциал военно-промышленного и космического комплексов для создания щита, способного укрыть земную цивилизацию от факторов космической опасности. Первые шаги в этом направлении были сделаны в последнее десятилетие XX в.

Защита земной цивилизации и самой жизни на нашей планете от космических угроз — задача сложная, многоплановая, долговременная и чрезвычайно дорогая. Последствия космического удара могут породить катастрофу регионального и даже глобального масштаба.

АКТИВНАЯ ЗАЩИТА. ВАРИАНТЫ БАЗИРОВАНИЯ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ПЕРЕХВАТА ОПАСНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Специалисты рассматривают различные возможности размещения средств космической защиты. В целях большей безопасности система должна иметь несколько эшелонов.

Первый, самый удалённый эшелон предлагается разместить в окрестностях точек либрации системы Солнце — Земля. Точками либрации называют точки, в которых тело малой массы может находиться в состоянии относительного равновесия по отношению к двум другим небесным телам. Второй эшелон специалисты предлагают развернуть вблизи точек либрации системы Земля — Луна, а также на самой Луне.

Третий — также космический эшелон — могут составить специально оснащённые искусственные спутники Земли, находящиеся как на низких, так и на высоких орбитах, вплоть до геостационарных (на высоте около 36 000 км). Четвёртый — последний — эшелон развёртывается на поверхности Земли.

Каждый из эшелонов должен иметь в своем составе комплекс для дальнего обнаружения и определения орбит ОКО, средства воздействия на опасные объекты, а также системы обеспечения работоспособности элементов космической защиты и управления ими.

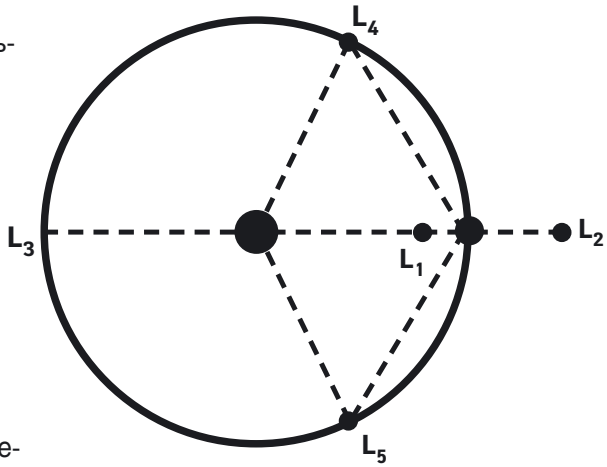
В чём преимущество размещения средств космической защиты в области точек либрации систем Солнце — Земля и Земля — Луна?

В системе Земля — Луна они расположены в плоскости обращения Луны вокруг Земли и занимают относительно неё неизменное положение. Таких точек существует 5. Из них три (L1, L2, L3) лежат на прямой, соединяющей Землю и Луну, а две другие — L4,

L5 — на лунной орбите. Расстояние от Земли до точек либрации L4 и L5, как и до Луны, равно 384 000 км. Эти точки — частные решения задачи движения космического объекта под действием притяжения Земли и Луны.

Точки L4 и L5 образуют с Луной и Землёй два равносторонних треугольника. Их называют треугольными точками либрации. Французский математик и астроном Лагранж в конце XIX в. показал, что положение малого тела, помещённого в треугольные точки, будет устойчивым. Более того, тело, выведенное из этих точек, обязательно вернётся назад.

Вот почему вблизи треугольных точек космический объект может находиться без коррекции очень долгое время (до 15 месяцев). Кроме того, благодаря особой структуре силового поля в районе точек либрации затраты на проведение каждой коррекции весьма незначительны по сравнению с коррекциями в любой другой области космического пространства. В этом и заключается основное преимущество базирования здесь космических перехватчиков. Их расположение в треугольных точках практически без энергетических затрат позволяет почти всю имеющуюся энергию использовать по прямому назначению для полёта к опасному объекту.



Положение точек либрации в системе Земля—Луна

Другое преимущество — возможность в любой момент связаться с базой и передать, если необходимо, программу подготовки и проведения операции защиты.

Такое удаление от Земли термоядерных зарядов сделало бы их безопасными для нас. И что особенно важно, размещение средств защиты на таком расстоянии от Земли позволяет увеличить дальность перехвата ОКО.

Размещение средств защиты в окрестностях устойчивых точек либрации (L4 и L5) системы Земля — Солнце имеет дополнительное преимущество: большая удалённость от Земли (150 млн км) создаёт ещё больший запас времени для обнаружения опасного объекта, определения его свойств и параметров движения. Всё это позволяет выбрать наиболее надёжную стратегию перехвата опасного космического объекта.

Основной проблемой реализации этого варианта базирования является доставка массивных элементов системы в удалённые от Земли точки либрации. Однако транспортные операции могут быть осуществлены с минимальными энергетическими и материальными затратами. Для доставки в дальний космос средств защиты можно будет использовать экономичные электрореактивные двигатели. Ведь создатели баз фактически не будут лимитированы окончательными сроками реализации проекта.

Если использование окрестностей устойчивых точек либрации (L4 и L5) системы Земля — Солнце дело будущего, то в точках либрации L1 и L2, которые в 100 раз ближе к Земле, несут свою вахту астрономические инструменты. В первой из них, расположенной в 1,5 млн км от нас по направлению к Солнцу, более 10 лет за дневным светилом наблюдает уже знакомая нам обсерватория SOHO. Точка L2 противоположна первой и расположена в 1,5 млн км позади Земли. Из этой точки можно контролировать почти

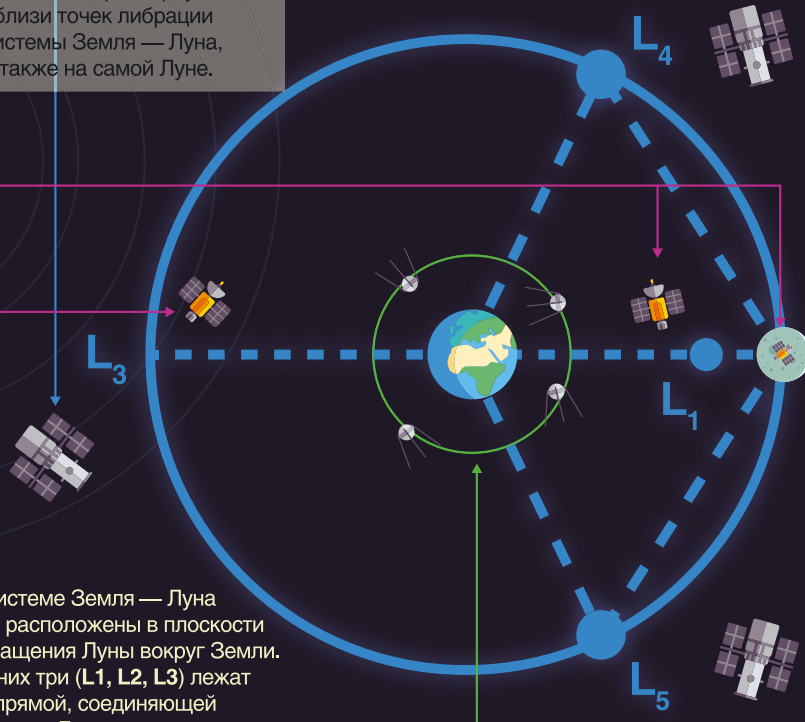
Активная защита. Точки либрации

Точками либрации называют точки, в которых тело малой массы может находиться в состоянии относительного равновесия по отношению к двум другим небесным телам.

Первый, самый удалённый эшелон предлагается разместить в окрестностях точек либрации системы Солнце–Земля.

Второй эшелон специалисты предлагают развернуть вблизи точек либрации системы Земля — Луна, а также на самой Луне.

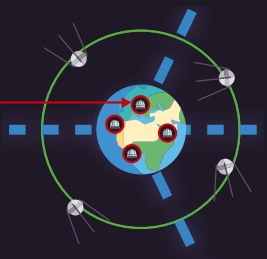
А две другие — **L4, L5** — на лунной орбите. Расстояние от Земли до точек либрации **L4 и L5**, как и до Луны, равно **384 000 км.**



В системе Земля — Луна они расположены в плоскости обращения Луны вокруг Земли. Из них три (**L1, L2, L3**) лежат на прямой, соединяющей Землю и Луну.

Четвёртый — последний — эшелон развёртывается на поверхности Земли.

Третий — также космический эшелон — могут составить специально оснащённые искусственные спутники Земли, находящиеся как на низких, так и на высоких орбитах, вплоть до геостационарных (на высоте около **36 000 км**).



всю небесную сферу, за исключением небольшого участка, который занимают Солнце, Земля и Луна. Вблизи точки L2 находится несколько аппаратов, ведущих наблюдения космических объектов в различных областях спектра.

Создание такой четырехуровневой системы космической защиты Земли — задача чрезвычайно сложная, рассчитанная на многие десятилетия. Особенно проблематично создание двух «верхних» эшелонов космической стражи. Это дело отдалённого будущего, требующее к тому же огромных финансов. Особо трудная задача — обеспечение длительного и автономного функционирования удалённых космических систем. Некоторые учёные полагают, что подобная система всё-таки может быть создана поэтапно, объединёнными усилиями всех стран, но прежде всего — космических держав. Другие специалисты считают создание описанной «многослойной» системы защиты Земли в обозримом будущем просто нереальным.

Космический аппарат SOHO для наблюдения за Солнцем (совместный проект ЕКА и НАСА) был запущен в декабре 1995 г.

Решать проблемы космической защиты Земли можно, объединив усилия и возможности мирового сообщества. Прежде всего необходимо создать международный мобилизационный план — план действий, направленных на снижение ущерба от космических катастроф. План должен включать как пассивные средства (средства гражданской защиты, средства информации), так и активные средства противодействия.

Наиболее реально использовать в системе космической защиты элементы двойного назначения. Их обычно используют в научных и народнохозяйственных целях, но при возникновении космической угрозы мобилизуют для решения задач защиты. Такой подход экономически наиболее оправдан и реалистичен.

Начинать создание системы целесообразно с развёртывания средств защиты Земли от объектов размерами 50–100 м. Во-первых, это посильная задача, а во-вторых, столкновение с объектами таких размеров наиболее вероятно.

Создавать систему следует, опираясь на имеющиеся средства противовоздушной и противоракетной обороны, на технику исследования и освоения космоса, на теоретические и технологические разработки военно-промышленного комплекса. Это не только сэкономит значительные средства, но сильно упростит и ускорит развертывание системы защиты Земли.

Многие специалисты предлагают использовать прежде всего мобильные стартовые ракетные комплексы. Это повысит оперативность защиты. Уже сегодня космические аппараты могут использоваться в интересах астероидной безопасности. Это прежде всего системы спутниковой связи и навигации. Несколько лет с борта геостационарных американ-

ских искусственных спутников, оснащённых инфракрасными и оптическими датчиками, ведётся регистрация ярких болидов — вспышек, вызываемых вторжением космических тел в атмосферу Земли.

ЗАЩИТА НА БЛИЖНИХ РУБЕЖАХ

Защита на близких подступах к Земле становится необходимой, когда опасный объект открыт уже на подлёте — за считаные недели, дни или даже часы до столкновения. Ближний перехват придётся применять против объектов неотвратимой угрозы, поперечник которых, скорее всего, не превысит 100 м. Во-первых, именно такие ОКО составляют абсолютное большинство, а во-вторых, крупные объекты, вероятно, удастся обнаружить на большем расстоянии.

Наиболее экологично вблизи Земли использовать против опасного объекта кинетическую энергию удара. Для организации и проведения ближнего перехвата ОКО или их фрагментов в условиях дефицита времени многие специалисты считают технически целесообразным и экономически выгодным использовать ракетные комплексы мобильного базирования: наземные, морские, авиационные. Это может оказаться совершенно необходимым на первом этапе развёртывания космической защиты при ограниченных возможностях заблаговременного обнаружения ОКО.

Авторы таких предложений подчёркивают преимущества ракетных комплексов мобильного базирования по сравнению с ракетными системами, запускаемыми с существующих космодромов. Прежде всего эти системы более оперативны, что особенно важно в условиях короткого времени до столкновения. Такие системы обеспечат оперативность доставки ракетных систем в точку старта и малое время подготовки к пуску. Мобильные комплексы должны нести оперативное дежурство и быть постоянно готовы к пуску.

Ракету «Пегас» подвешивают к нижней части фюзеляжа самолёта-носителя

Отличающиеся особой мобильностью комплексы воздушного базирования могут оказаться единственно возможным средством перехвата при позднем обнаружении ОКО.

Воздушные и морские стартовые комплексы уже находят применение в практической космонавтике. Воздушные старты ракет на космическую орбиту — проблема практически решённая. В США с летящего самолёта давно запускают космическую ракету «Пегас XL». Именно таким спо-

собом 25 января 2003 г. с самолёта OSC L-1011 была запущена ракета «Пегас» с исследовательским спутником на борту. Спутник SORCE (Solar Radiation and Climate Experiment) проводил измерение интенсивности приходящего к Земле солнечного излучения. Отделение от самолёта и старт ракеты в атмосфере произошёл на высоте 12 км над Атлантическим океаном в 160 км к юго-востоку от космодрома на мысе Канаверал. Другой запуск ракеты «Пегас» с самолёта Б-52 был произведён в экваториальной зоне вблизи Гавайских островов над Тихим океаном 27 марта 2004 г. «Крылатый космодром» наиболее мобилен в сравнении с другими типами стартовых комплексов. Он обеспечивает возможность оперативного выбора места старта в зависимости от координат и траектории опасного объекта.

Одним из ярких примеров возможного применения коммерческой космической системы в случае возникновения угрозы столкновения с ОКО служит реализуемый с 1990 г. международный проект «Морской старт». Основной целью этого проекта является оказание услуг на коммерческой основе по запуску космических аппаратов (КА) с мобильной стартовой платформы морского базирования. Для реализации проекта была создана международная компания «Sea Launch» («Морской старт»), которую учредили крупнейшая в США авиастроительная и космическая компания «Боинг», ведущее российское предприятие космической отрасли Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва, крупнейшая в Европе норвежская судостроительная компания «Кварнер», аэрокосмические предприятия Украины Государственное конструкторское бюро «Южное» и Производственное объединение «Южмашзавод». Они выполнили колоссальный объём наукоёмких и высокотехнологичных работ, завершившихся первым демонстрационным запуском.

Плавучий космодром состоит из стартовой платформы «Одиссей» и сборочно-командного судна. Самоходная полупогружаемая стартовая платформа типа катамаран построена в г. Ставангер (Норвегия) на базе морской платформы для нефтедобычи. Она оснащена стартовым столом, установщиком ракеты, системами заправки компонентами топлива и другими системами, обеспечивающими подготовку и запуск ракеты.

В порту сборочно-командное судно (СКС) используется как сборочный цех, а в открытом море становится центром управления подготовкой и пуском ракеты-носителя. Во время пуска на СКС помимо экипажа размещаются специалисты по обслуживанию ракетно-космической техники и управления пусками.

Старт ракетоносителя «Зенит-3СЛ» 21 августа 2006 г. Ракета вывела на геостационарную орбиту новый спутник связи «Koreasat-5»

Согласно проекту, большинство спутников выводится на геостационарную орбиту из экваториальной зоны Тихого океана вблизи острова Рождества. Эти запуски выполняются с океанской платформы с помощью космической ракеты «Зенит-3SL» с разгонным блоком ДМ-SL. В обеспечении запусков используются спутники-ретрансляторы. Создан-

ная система позволяет выводить на геостационарную орбиту почти 3 т полезного груза, на высокоэллиптическую орбиту (апогей 36 000 км) — 5,7 т.

Проведение запусков с экватора дает возможность максимально использовать эффект вращения нашей планеты: добавить к скорости ракеты скорость суточного вращения Земли, которая на экваторе равна 500 м/с. Это снижает удельную стоимость доставки полезного груза на заданную орбиту. Не случайно космические державы стремятся расположить свои стационарные космодромы поближе к экватору.

Реализация международного проекта «Морской старт» — пример объединения научно-технических возможностей предприятий разных стран для разработки и осуществления масштабных космических проектов двойного назначения.

Ракета-носитель «Союз-ФГ» перед стартом на космодроме Байконур 28 декабря 2005 г.

Ещё один пример перспективности использования коммерческих космических комплексов для космической защиты — спутниковые навигационные системы. Долгое время американская глобальная навигационная система GPS была единственной, услугами которой на коммерческой основе пользовались различные организации и частные лица. В нашей стране развивается система навигации ГЛОНАСС. В мае 2014 г. группировка ГЛОНАСС насчитывала 29 спутников, 24 из них использовались по целевому назначению — располагались в трёх плоскостях по 8 аппаратов в каждой. Кроме того, 4 аппарата были в орбитальном резерве, 1 — на этапе лётных испытаний. Коротко говоря, отечественная навигационная система ГЛОНАСС была полностью развёрнута.

Понятно, что объединённая система навигации может в случае надобности стать частью всемирного комплекса космической защиты Земли.

Подобным же образом могут занять своё место в международном комплексе космической защиты Земли широко используемые сегодня спутниковые телекоммуникационные системы и средства дистанционного зондирования земной поверхности.

Многие специалисты в инициативном порядке разрабатывают и предлагают оригинальные проекты средств воздействия на опасные объекты.

В Центральном физико-техническом институте Министерства обороны России была исследована возможность эффективного применения энергии удара для разрушения

астероидов. Исследование показало, что перехватчик массой 500 кг способен разрушить астероид до 15 м, перехватчик в 20 т разрушит ОКО поперечником не менее 50 м. Перехват безопаснее проводить за пределами воздушной оболочки Земли. Это обеспечит наибольшую скорость входа осколков в атмосферу, что необходимо для более полного их разрушения в воздухе. Расчёты проводились для однородных прочных каменных и железных астероидов. Понятно, что теми же «ударниками» можно будет разрушить рыхлые объекты гораздо большего размера.

Необходимая точность выполнения всех этапов защитной операции может быть обеспечена при старте перехватчика с околоземной орбиты. Расчёты, выполненные в Институте проблем механики, показали, что для разрушения каменных астероидов поперечником от 1,5 до 3,9 км необходим удар цилиндром массой 1000 т с начальной скоростью 50–79 км/с. Ни сегодня, ни в обозримом будущем такие массы нельзя вынести даже на низкую орбиту. Но поскольку в ближайшие годы столкновение с ОКО такого размера маловероятно, можно накопить нужную массу в заданной точке околоземной орбиты постепенно, возможно, за десятилетия. И лишь в «час Х» её надо будет разогнать в нужном направлении с необходимой скоростью. Такой «ударник» благодаря сейсмическим волнам в камне разрушит опасное тело на части, которые испарятся в атмосфере Земли.

Кинетический эффект удара такой большой массы может быть эквивалентен термоядерному взрыву, но экологически он гораздо более безопасен.

В КРИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЯХ, СВЯЗАННЫХ С МАЛЫМ ВРЕМЕНЕМ ДО СТОЛКНОВЕНИЯ ЗЕМЛИ С КОСМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА, ЕДИНСТВЕННЫМ СПОСОБОМ ЗАЩИТЫ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ МОЖЕТ СТАТЬ ЯДЕРНЫЙ УДАР.

Перспективный способ взаимодействия угрожающему телу был предложен на Международной конференции «Астероидная опасность» (г. Санкт-Петербург, ИТА РАН, 1999 г.) учёными Центра программных исследований РАН Чернявским Г.М. и Чудецким Ю.В. На пути угрожающего тела предлагалось создать искусственное облако из частиц. Процесс взаимодействия частиц с поверхностью тела при скоростях более 10 км/с подобен физике образования ударных кратеров. Явление сопровождается выбросом вещества тела, масса которого может превышать массу ударяющей частицы в 103 раза в зависимости от относительной скорости соударения. Одновременно за счёт выброса вещества возникает реактивная сила, которая тормозит тело. Расчёты показывают, что указанный способ в настоящее время вполне возможно осуществить для угрожающих объектов, которые по своим размерам сравнимы с Челябинским метеоритом (10–20 м). Создание искусственного облака в космосе — технически решённая задача. В 1963 г.

искусственное облако из 480 млн медных иголок общей массой 20 кг было образовано в космосе ракетой Тор-Аджена (США). Облако вращалось вокруг Земли с периодичностью 166 мин на высоте 3700 км в течение нескольких месяцев.

Расчеты и эксперименты показывают, что ОКО размером до 100 м удастся отклонить от Земли при «мягком» воздействии на них проникающего излучения от приповерхностного ядерного взрыва энергией около 10 Мт. И это удастся сделать, если перехватить опасное космическое тело на расстоянии всего нескольких земных радиусов. Основную роль в создании механического импульса выполнит поток нейтронов, порождённый взрывом. Такой способ воздействия не разрушит ОКО и позволит избежать риска столкновения Земли с его осколками. Но если АСЗ будет так поздно обнаружен, что для операции отклонения не останется времени, его придётся разрушить.

Американский космический корабль «Атлантис» причалил к российской станции «Мир»

В этом случае, как мы уже говорили, скорее всего космической защите придётся иметь дело с небольшим объектом поперечником до 100 м.

Какую технологию взрыва надо будет использовать?

Как показывает опыт ядерных испытаний, при поверхностном взрыве доля энергии, передаваемой в грунт, составляет всего около 8%. Необходим более эффективный глубинный термоядерный взрыв, который должен раздробить встречный объект на осколки. И осколки эти должны быть меньше 10 м каждый. В этом случае значительную часть энергии падающего тела примет на себя атмосфера.

Но как внедрить ядерный заряд в тело летящего к Земле ОКО? Есть расчёты, что потребуется как минимум два удара. Первый механический удар должен «вырыть» достаточно глубокую нишу в приближающемся объекте, а второй произведёт в нише термоядерный взрыв. Если использовать шарообразный массивный «ударник» (лидер) диаметром в 1,4 м и ядерное устройство в виде стального конуса длиной 2 м и диаметром основания 1 м, то при расстоянии между ними около 4 м и при скорости удара

30 км/с ядерный заряд окажется в теле астероида на глубине более 3 м. При этом конструкция ядерного устройства не будет повреждена. Такой глубины вполне достаточно, чтобы тепловая волна от взрыва мощностью 1 Мт не вышла на поверхность.

Проникающую способность ударного модуля можно увеличить, если придать его головной части звездообразную форму. При подлёте к опасному объекту из головной части проникающего модуля выстреливается сверхпрочный стержень, который пробивает в нем удлинённую каверну на глубину более 50–75 м. В этом случае летящий вслед за стержнем проникающий модуль с ядерным зарядом практически не испытывает перегрузки. По расчётам сотрудника МГТУ им. Н.Э. Баумана В.А. Велданова, в предлагаемом варианте астероид поперечником 1–3 км может быть разрушен перехватчиком, который доставит систему проникания массой около 5 т при скорости встречи от 25 до 75 километров в секунду.

При разрушении массивного объекта на крупные фрагменты вблизи Земли существует опасность их суммарного катастрофического воздействия. Вот почему следует стремиться к дроблению ОКО на мелкие части и на максимально далёком расстоянии от Земли. В этом случае осколки успеют так широко рассеяться в пространстве, что в земной шар попадёт лишь малая их часть.

ОСНОВУ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ЗЕМЛЯН ОТ АСТЕРОИДНОЙ ОПАСНОСТИ, НЕСОМНЕННО, СОСТАВЯТ АВТОМАТИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ.

Последствия взрыва в очень большой степени зависят не только от размера опасного объекта, но также от его формы, состава и структуры. Вот почему так важно успеть выяснить все эти и некоторые другие параметры ОКО.

Основу космических средств защиты землян от астероидной опасности, несомненно, составят автоматические аппараты. Возможно, лишь для технического обслуживания или модернизации к ним по мере необходимости будут летать космонавты-операторы.

ЗАЩИТА НА ДАЛЬНИХ РУБЕЖАХ

Для воздействия на потенциально опасные, но пока далёкие от Земли космические объекты будут применены наиболее мощные ракеты-носители, стартующие со стационарных космодромов. Мы имеем в виду, например, отечественные «Протон» и «Энергию». Расскажем коротко об их возможностях.

Ракета «Протон» — самая большая из используемых ныне космических ракет. При общей длине 44,3 м и поперечнике до 7,4 м ракета способна вывести на околоземную орбиту более 20 т полезного груза. Тяжёлая ракета-носитель «Протон» использовалась

в двух- и четырёхступенчатом вариантах. Первый «Протон» запущен в 1965 г. С тех пор ракеты этой серии доставили в космос десятки тяжёлых спутников, орбитальные станции «Салют», все модули орбитальной станции «Мир», а также основные и дополнительные модули Международной космической станции (МКС). В четырёхступенчатом варианте «Протон» выводил автоматические межпланетные станции к Луне, Венере и Марсу.

Успешные испытания сверхтяжёлого ракетно-космического комплекса «Буран-Энергия» прошли 15 ноября 1988 г.

Допустим, опасный объект нам удалось обнаружить за несколько витков до столкновения. До возможной встречи — десятилетия. В этом случае наиболее оптимальным было бы решение изменить его орбиту на пролётную. (Для разрушения объекта потребуется гораздо больше энергии.) Возможны два варианта решения задачи: мощный удар по опасному объекту или длительное воздействие на него. Сегодня теоретически более проработаны варианты ударного — импульсного — воздействия на опасные космические объекты для одномоментного изменения его орбитальной (гелиоцентрической) скорости. Этого можно добиться кинетическим ударом по объекту либо термоядерным взрывом.

Проще всего спланировать столкновение посланного зонда с опасным объектом. Правда, для этого зонд должен обладать очень большой массой.

В любом случае к обнаруженному небесному телу придётся запускать космический аппарат, который доставит средство воздействия.

Как показывают расчёты, для выполнения задач противодействия на дальних рубежах возможны несколько вариантов траекторий.

Траектория типа «перехват» — с целью столкновения на встречных курсах — понадобится для нейтрализации долгопериодической кометы или вновь открытого астероида, сближающегося с Землёй.

При воздействии вдоль траектории движения опасного объекта для уменьшения или увеличения его скорости более эффективна встреча с ОКО в перигелии его орбиты. Это будут полёты типа «рандеву» на большом удалении от Земли. В случае встречи вблизи афелия даже при высокой начальной скорости КА (до 20 км/с) скорость встречи будет низкой. Другое дело, если «рандеву» состоится вблизи перигелия. Здесь даже при не-

большой начальной скорости космического аппарата скорость столкновения под действием большего притяжения Солнца будет гораздо более высокой.

Это все теоретические соображения и расчёты. Но уже готовятся и реализуются космические эксперименты по активному воздействию на малые космические объекты. Например, по проекту Европейского космического агентства к одному из небольших астероидов будет направлен космический корабль с тяжёлым зондом на борту. Сблизившись с астероидом, аппарат ударит по нему зондом-болванкой. Основной корабль, обращаясь вокруг астероида, должен будет выяснить, как от удара изменилась орбита малого небесного тела. Результаты этого эксперимента позволят рассчитать массу и скорость будущих снарядов, необходимых для изменения орбиты астероидов, «нацелившихся» на столкновение с Землёй. О других активных экспериментах будет рассказано ниже.

Таблица дает представление об эффективности удара космического аппарата массой 49 т по АСЗ в перигелии для отклонения его на 1 млн км.

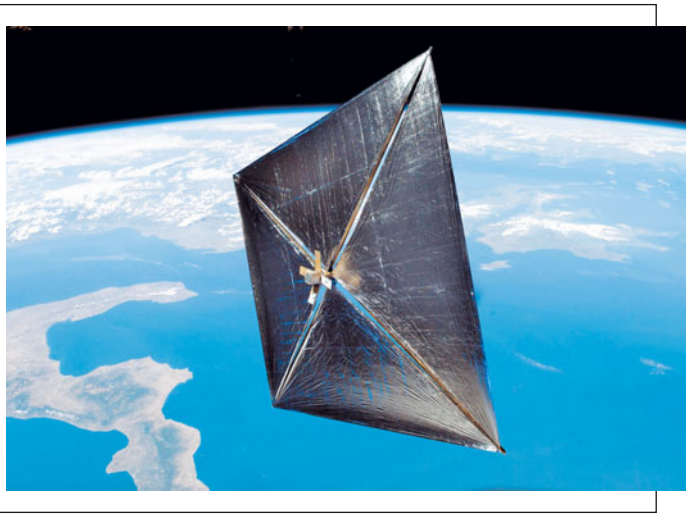
Диаметр АСЗ, м	Необходимое число витков после удара	Необходимое время, годы
10	1	0,007 (≈ 2,5 суток)
100	2	6,5
1000	1683	6500

Из таблицы видно, что импульсный удар имеет смысл для воздействия на ОКО размером менее 100 м. На более крупные объекты эффективнее подействовать термоядерным взрывом. По расчётным данным, применение ядерного заряда мощностью до 100 Мт достаточно, чтобы изменить опасную траекторию на пролётную, даже если мы имеем дело с астероидом поперечником 45 км. Напомним, что самый большой из открытых АСЗ имеет диаметр 40 км.

Уже несколько лет комплексные теоретические проработки проблем создания и применения ядерных средств воздействия (ЯСВ) на ОКО ведут сотрудники Российского федерального ядерного центра в г. Снежинске. Не случайно по инициативе и на базе этого Центра были проведены две первые международные конференции «Космическая защита Земли». Специалисты Центра доказывают, что накопленный опыт в различных областях науки и техники, уровень технологического развития ведущих ядерных держав дают основания полагать, что за сравнительно короткий срок при условии международного сотрудничества может быть создано эффективное и надёжное средство воздействия на ОКО с ядерными зарядами мощностью до 100 Мт. Группа сотрудников Центра во главе с заместителем его научного руководителя В. А. Симоненко предлагает, в частности, проект поэтапного воздействия на ОКО серией ядерных взрывов с коррекцией в зависимости от достигаемых результатов. Этот коллектив учёных предложил подробную программу работ в рамках международного проекта «Ради жизни на Земле — космический щит».

Расчёты показывают, что при диаметре опасного объекта около 1 км не важно, где производить ядерный взрыв — на поверхности или на некоторой высоте. С технической же точки зрения осуществить взрыв на поверхности гораздо сложнее — это потребует

высокой точности «причаливания» для осуществления мягкого касания. Кроме того, мощный поверхностный взрыв может привести к разрушению ОКО на фрагменты, что далеко не всегда целесообразно. Это тем более справедливо для глубинного термоядерного взрыва. В этом случае энергия взрыва пойдёт не столько на изменение импульса, сколько на разрушение ОКО.



Модель паруса, разработанная НАСА для межзвёздного зонда

Более экологичным для отклонения опасных объектов долговременным воздействием станет решение укрепить на нём двигатель большой или малой тяги. Для получения необходимого эффекта двигатель большой тяги придётся снабдить десятками или сотнями тонн топлива, а электрореактивный двигатель малой тяги на солнечных батареях должен будет успеть проработать многие десятилетия.

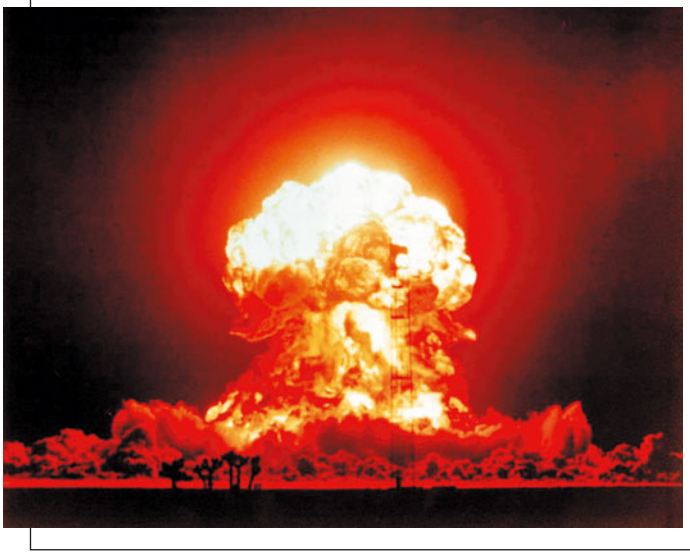
Численное моделирование применения двигателя большой тяги (ДБТ) для отклонения АСЗ для орбиты астероида типа Таутатис (поперечник около 3 км) проводилось академиком Т.М. Энеевым и др. Орбита этого астероида лежит в плоскости эклиптики и имеет перигелий 0,9 а.е. и афелий 4 а.е. Если ДБТ израсходует в очень короткое время 25 т топлива при скорости истечения газа из сопла двигателя 4,5 км/с, то для отклонения астероида на 1 млн км понадобится в три раза больше времени, чем при столкновении с ОКО космического аппарата массой в 25 т. И это понятно. Ведь скорость столкновения гораздо больше скорости истечения. Кроме того, понадобится дополнительное топливо для торможения КА при его причаливании к опасному объекту.

ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОПАСНЫХ АСТЕРОИДОВ

Рассматривая проблему космической защиты жизни и цивилизации на нашей планете, нельзя не учитывать возможные экологические последствия воздействия на опасные космические объекты. Это в особенности относится к использованию термоядерных зарядов для разрушения или изменения орбиты опасного объекта. В зависимости от размера и структуры ОКО количество энергии взрыва, необходимой для его отклонения или раскола, может оказаться сравнимым с полной энергией магнитного поля Земли — около 200 Мт.

Натурные и активные эксперименты с ядерными зарядами в космосе до сих пор выполнялись на слишком малых высотах и с малыми энергиями. Поэтому природные эффекты, которые могут стать следствием активных защитных мер, необходимо тщательно изучать с помощью математического моделирования и в экологически безопасных лабораторных экспериментах.

Интересные результаты таких исследований получены группой новосибирских учёных из Института лазерной физики и Института вычислительных технологий. Проводились, например, эксперименты с применением лазерной плазмы по моделированию эффектов от ядерного взрыва мощностью 1000 Мт на расстоянии 1 млн км. Такой взрыв должен будет отклонить астероид диаметром 1 км. С помощью миниатюрных магнитных зондов удалось наблюдать формирование «искусственной магнитосферы», близкой по форме к земной магнитосфере, которая должна возникать в реальной обстановке.



Ядерный взрыв

Вычисления и эксперименты показывают, что опасные процессы могут последовать и при термоядерных взрывах далеко за пределами земной магнитосферы. Термоядерный взрыв рождает плазменное облако, разлетающееся со скоростью около 1000 км/с. Это облако, взаимодействуя с солнечным ветром, порождает в нём ударные волны, которые способны вызвать самые быстрые и интенсивные возмущения магнитосферы Земли, что очень сильно повлияет на самочувствие и здоровье людей.

Выявлены и другие возможные экологически опасные последствия защитных ядерных взрывов. При термоядерном взрыве в самой магнитосфере её глобальные возмущения будут ещё более сильными. В результате магнитосфера может не только изменить свою конфигурацию, но и быть прорвана. Тогда на земную поверхность в зоне прорыва хлынут потоки опасных заряженных частиц.

Рентгеновское излучение, вызванное взрывом ядерного заряда, доставленного ракетой-перехватчиком, будет сдувать с поверхности астероида струи или сгустки испаряемой плазмы. Они должны порождать в магнитосфере продольные токи, замыкающиеся в полярных широтах на высоте более 100 км. Поскольку энергия плазменных струй может превышать 1 Мт, она не только разогреет ионосферу, но, возможно, повредит озоновый слой.

Очень опасно разрушение больших масс падающего космического тела в атмосфере. Так может образоваться дополнительный непрозрачный аэрозольный слой, способный вызвать климатические изменения на Земле.

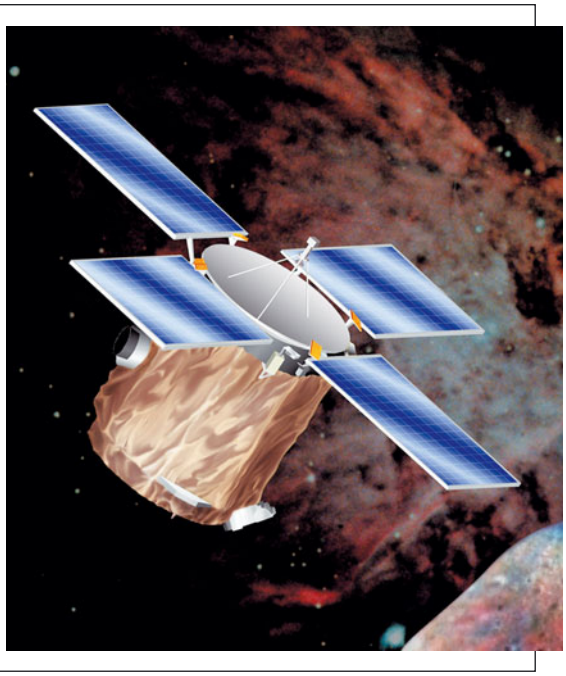
Так как большую часть Земли занимают океаны, то наиболее вероятное последствие падения опасного объекта — цунами. Задача защиты в этом случае — дробление опасного космического объекта (ОКО) на части и развод фрагментов друг от друга на мак-

симально возможное расстояние. Чрезвычайно важно избежать попадания осколков в густонаселённые районы и производственные объекты повышенной опасности. Прежде всего мы имеем в виду атомные электростанции. В некоторых случаях такой удар может вызвать аварию, подобную чернобыльской. Авария 1986 г. на Чернобыльской атомной электростанции — величайшая в истории технологическая катастрофа. Она коренным образом изменила жизнь по крайней мере семи миллионов человек, проживающих в Белоруссии, Украине и России, из-за радиоактивного заражения обширных районов этих республик. Несколько десятков тысяч пострадавших стали инвалидами, а 400 тысяч переселены в другие районы. Радионуклидами цезия оказались заражены регионы ещё четырнадцати стран Европы.

Необходимо предусмотреть возможные последствия разрушения крупных тел в околоземном космосе. Как показывает компьютерное моделирование, засорение осколками астероида околоземного космического пространства увеличит риск столкновения с ним обитаемых и автоматических аппаратов.

КОСМИЧЕСКИЕ МИССИИ — РЕПЕТИЦИИ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОКО

Чтобы принять ту или иную стратегию создания системы защиты Земли от опасных космических объектов и приступить к её реализации, необходимо продолжить и расширить проведение космических экспериментов. Прежде всего — дальнейшие исследования природы астероидов и комет с помощью космических зондов. Одновременно накапливается опыт, испытываются технические средства и отрабатываются технологии, которые будут необходимы в случае критических ситуаций.



Модель станции «NEAR Shoemaker»

Познакомимся с уже осуществлёнными проектами, которые стали весомым подтверждением возможностей современной науки и техники противодействовать ударам из космоса.

Примером возможности перехвата объекта, опасно сближающегося с Землёй, стала экспедиция к астероиду Эрос американской станции «NEAR Shoemaker». Астероид Эрос, открытый в самом конце XIX в., интересен тем, что стал первым в списке небесных тел, сближающихся с Землёй. Он же из всех астероидов и комет первым был выбран для подробного исследования.

У зонда «NEAR» была чрезвычайно сложная задача: вывести аппарат

на орбиту искусственного спутника астероида, чтобы затем длительно его изучать с близкого расстояния. По плану эта динамическая операция должна была начаться 10 января 1999 г. К сожалению, в момент выдачи команды с Земли на включение маневрового двигателя связь с аппаратом прервалась на 27 часов. В результате станция миновала Эрос на ближайшем расстоянии 3827 км. И всё же цель была достигнута! Удалось рассчитать и выполнить новую схему сближения, в соответствии с которой после нескольких включений двигателей 14 и 15 февраля 2000 г. космический аппарат стал первым в истории космонавтики искусственным спутником астероида. Дата события была на этот раз выбрана в интересах публики. Астероид, носящий имя греческого бога любви, получил «подарок» с Земли в День святого Валентина, отмечаемый во многих странах как праздник всех влюблённых.

Ещё изучение колебаний блеска Эроса, выполненное с Земли, показало, что астероид имеет форму груши размером 38×16 км, а его период вращения 5 час 16 мин. При первом сближении были получены многочисленные снимки Эроса. Период вращения в точности подтвердился, а размеры уточнились лишь немного: 40×14 км. Это ли не свидетельство надёжности наземных астрономических исследований!

АСТЕРОИД ЭРОС ИНТЕРЕСЕН ТЕМ, ЧТО СТАЛ ПЕРВЫМ В СПИСКЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЁЙ.

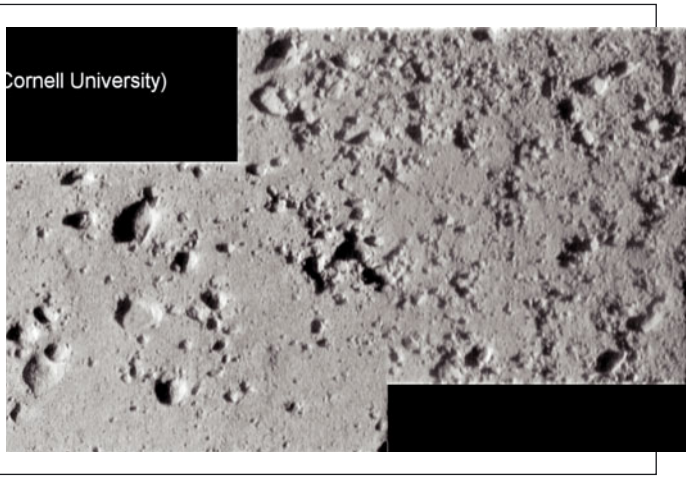
Уточнение размеров и массы помогло прецизионно выполнить все операции вблизи астероида при втором подходе аппарата. Любопытны начальные параметры движения «NEAR Shoemaker» по орбите вокруг Эроса. Обычно, когда говорят о космических скоростях, подразумевают скорости огромные, многократно превышающие привычные земные. Так вот, космический аппарат относительно Эроса двигался со скоростью человека, вышедшего на неспешную прогулку — 3 км в час! Неудивительно, что полный оборот «NEAR Shoemaker» завершал почти за целый месяц. Примерно за то же время Луна, двигаясь со скоростью 3600 км/ч, обходит вокруг Земли. При том, что расстояние до Луны в 1000 раз больше, чем от «NEAR» до Эроса. Такая разница объясняется малостью массы Эроса и ничтожной силой его гравитации.

Программа миссии «NEAR Shoemaker» предусматривала исследование Эроса со всё меньшей высоты. В заключение имелось в виду в случае успешных маневров аппарата вблизи астероида попытаться царапнуть его поверхность краем солнечной батареи, а затем, подняв аппарат, изучить полученную астероидом царапину. Но аппарат оказался настолько послушным, а операторы научились им управлять с такой почти ювелирной точностью, что было решено рискнуть — попытаться впервые посадить зонд на поверхность астероида. Тем более что срок службы аппарата к тому времени уже истекал. Специалисты NASA оценивали шансы на успех как один на сотню (ведь аппарат не был предназначен для посадки). И этот единственный шанс они использовали

блестяще! 13 февраля 2001 г. аппарат массой 495 кг мягко опустился на поверхность Эроса.

Таким образом, американским специалистам удалось выполнить заранее не запланированный уникальный космический эксперимент. Сложность задачи усугублялась очень малой гравитацией Эроса. Допустимой была принята скорость посадки до 11 км/ч. При избыточной скорости причаливания сила отдачи отбросила бы аппарат в космическое пространство. Вместе с тем слабая гравитация облегчала задачу сохранности аппаратуры зонда при его контакте с грунтом малой планеты.

Все операции по спуску зонда продолжались четыре с половиной часа и были выполнены настолько точно, что аппарат продолжил передачу радиосигналов и после посадки. По-видимому, оказались в сохранности и панели солнечных батарей, обеспечивающие энергопитание. Заметим кстати, что никогда прежде полупроводниковые источники энергопитания не использовались на таком удалении от Солнца. Посадка стала возможной также благодаря знаниям об Эросе, полученным при подлёте и во время годового изучения его с орбиты спутника.



Фотографии поверхности астероида Эрос

Уже анализ первых снимков принёс много интересного. Всего же удалось получить более 160 тыс. снимков (в 10 раз больше запланированного). Оказалось, что астероид имеет слоистое строение, о чём свидетельствуют видимые на поверхности вытянутые параллельные желоба и гряды гор. По предположению учёных, это могут быть застывшие слои многократно изливавшейся вулканической лавы. Если эта гипотеза подтвердится дальнейшими исследованиями, придётся признать, что когда-то Эрос был частью другой, гораздо большей планеты. Есть и другая гипотеза: открытые протяжённые образования являются трещинами от столкновения с другим небесным телом. Изучение снимков приводит к выводу, что хотя бы часть борозд представляет собой следы больших камней, упавших на поверхность и довольно долго катившихся по ней. Камней большого размера на поверхности Эроса очень много. Иногда это настоящие поля валунов. Один из таких огромных валунов прекрасно виден в конце длинной борозды на дне небольшого кратера. Как бы то ни было, ясно, что Эрос является достаточно прочным небесным телом. Лишнее тому подтверждение — довольно высокая средняя плотность астероида. По последним радиоисследованиям, она составляет 2,4 г на кубический сантиметр, почти как и у земной коры.

Эрос цветом поверхности похож на Луну, но светлее её и отличается некоторой желтизной. Исследования, выполненные с помощью бортового спектрометра, выявили на поверхности астероида железосодержащие минералы: пироксен и оливин. Самое по-

разительное, что такие минералы — продукт плавления горных пород, чего не должно быть на таком небольшом небесном теле. Это также свидетельствует в пользу гипотезы, что когда-то Эрос был частью достаточно крупного небесного тела. Однако разрушение «материнской» планеты должно было случиться в очень отдалённую эпоху. О древнем возрасте Эроса говорит то обстоятельство, что почти вся его поверхность (до 90%) покрыта сравнительно небольшими «оспинами» кратеров. Лишь в средней части этого «космического арахиса» с одной стороны обнаружен 5-км кратер, зато с противоположной, в седловине, кратеры почти отсутствуют. По характеру рельефа из всех исследованных вблизи малых планет Эрос сходен с Идой.

ЭРОС ЦВЕТОМ ПОВЕРХНОСТИ ПОХОЖ НА ЛУНУ, НО СВЕТЛЕЕ ЕЁ И ОТЛИЧАЕТСЯ НЕКОТОРОЙ ЖЕЛТИЗНОЙ.

И руководители программы учёные-эксперты с полным основанием сочли полёт «NEAR Shoemaker» абсолютно успешным. Впервые получена столь полная информация об астероиде, сближающемся с Землёй. Кроме того, приобретён уникальный опыт сближения, маневрирования и причаливания к астероиду, который может оказаться востребованным при операциях по космической защите Земли.

Не менее впечатляющий космический эксперимент осуществили учёные и специалисты США в 2005 г. 12 января с помощью ракеты «Дельта-2» была запущена станция с характерным названием «Дип Импакт» («Глубокий удар»). Цель космического зонда соответствует имени — глубокое проникновение в ядро кометы Темпль-1. Подобного в космонавтике до тех пор ещё не было. Выбор цели не случаен. Короткопериодическая комета, подвергшаяся бомбардировке, была открыта Эрнестом Темпелем в 1867 г. Она движется между орбитами Марса и Юпитера, обегая вокруг Солнца за пять с половиной лет. Столь частые сближения с нашей звездой позволяют учёным замечать и исследовать эволюцию кометы.

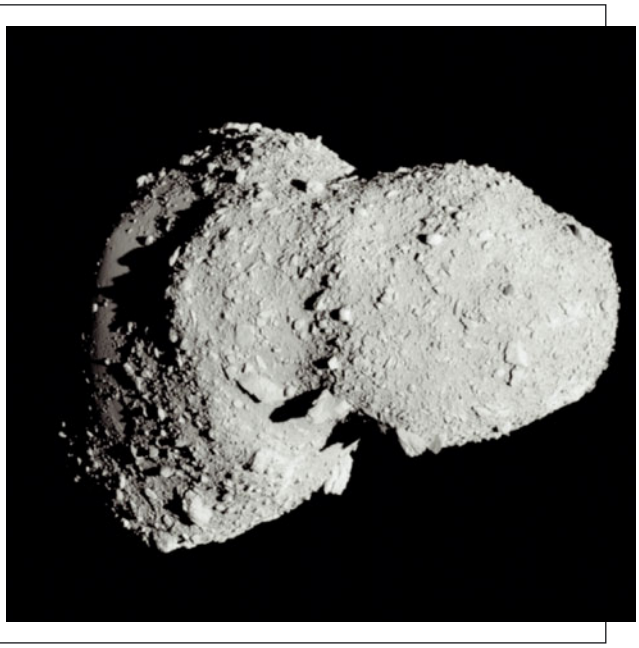
Больше половины массы аппарата приходилось на 372-килограммовый медный «ударник» (импактор), который 4 июля того же 2005 г. со скоростью 37 тыс. км/ч врезался в выбранный район поверхности кометы. Энергия, выделившаяся при столкновении, эквивалентна взрыву 4,5 т взрывчатки. До этого лишь Луна подвергалась ракетной бомбардировке. Но Луна по своим размерам сопоставима с Землёй. А поперечник ядра кометы Темпль-1 всего несколько километров (приблизительно 5×7 км). В результате удара болванки в теле кометы образовался взрывной кратер глубиной несколько десятков метров и размером с футбольное поле.

Понятно, что образование такого кратера не цель, а неизбежное последствие запланированного эксперимента. Таким образом, учёные впервые смогли добраться до внутренних слоёв кометного вещества, скрытых под поверхностной коркой. Сравнительно небольшие размеры кометных ядер гарантируют отсутствие внутренних геологических процессов,

которые могли бы изменять состояние кометных недр. Исследование выброшенного ударом первичного вещества Солнечной системы позволило познакомиться с его составом. Изверженное вещество включает маленькие зёрна силикатов, соединения железа, сложные углеводороды, глину и карбонаты. Специалисты считают, что для их образования была необходима жидкая вода. Исследователи образно назвали все это «космическим суфле» — ведь ядро кометы пористое и мягкое. Полученные данные помогут лучше понять историю Солнца и его семьи. Можно надеяться также, что исследование состава комет прольёт новый свет на загадку возникновения жизни на нашей планете. Многие специалисты убеждены: кометы, выпавшие на юную Землю, доставили сюда массу воды. Лишнее подтверждение такой возможности дал полёт станции «Дип Импакт». Оказалось, что исследуемая комета Темпль-1 почти непрерывно выбрасывает в окружающее пространство большие порции воды. При ударе из образовавшейся воронки было выброшено водяного пара около четверти миллиона тонн. Эти данные получены космическим телескопом NASA Swift, который наблюдает всплески гамма-излучений. В данном случае гамма-телескоп регистрировал в рентгеновских лучах выброс вещества с поверхности кометы до и после удара. Это дало возможность определить массу потерянного кометой водяного пара. Разнообразные исследования выброшенного при взрыве вещества вели сотрудники 60 астрономических обсерваторий, расположенных в разных частях нашей планеты.

Большой интерес представляют снимки поверхности кометного ядра, переданные оставшимся на орбите аппаратом, а также изображения, полученные камерами точного прицеливания импактора до его столкновения с космическим телом. На снимках отчётливо видно множество кратеров, в то время как на других кометах, которые исследовали космические зонды, следов столкновения с метеоритами не было.

Успешное проведение эксперимента имеет особое значение для решения проблем кометно-астероидной опасности. Теперь стала очевидной возможность заблаговременного удара в заданную точку поверхности опасного объекта для его отклонения от Земли. Отметим, что активное воздействие было осуществлено на расстоянии 133 млн км от Земли.



Астероид Итокава

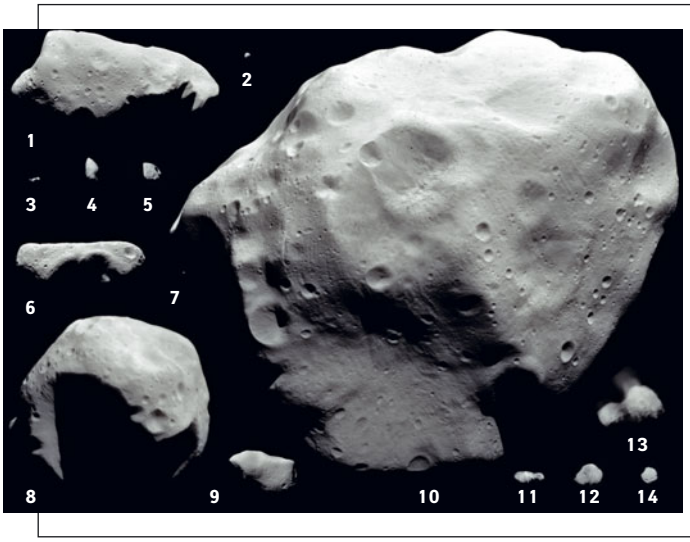
Драматично сложилась судьба миссии японского космического зонда «Хаябуса».

Зонд японского агентства аэрокосмических исследований стартовал в мае 2003 г. к сближающемуся с Землёй астероиду 25 143 Итокава. Главная задача полёта — забор и доставка к нам образцов грунта с поверхности потенциально опасного астероида.

Для решения этой задачи был создан оригинальный космический аппарат, оснащённый электрореактивным ионным двигателем, мощным компьютером, автономной системой навигации и управления. В сентябре 2005 г. «Хаябуса» подлетел к астероиду и с высоты от 20 до 7 км стал его исследовать. Астероид Итокава имеет столь малую массу, что сила его притяжения в 10 раз слабее давления солнечных лучей на аппарат. Правда, мощность двигателя «Хаябуса» стократно превышает воздействие излучения Солнца и потому аппарат способен перемещаться с заданной скоростью в нужном направлении.

За первые полтора месяца исследований было получено около 1500 снимков поверхности, лазерный высотомер определил расстояние до Итокавы в 1,4 млн точках. 75 000 измерений выполнил инфракрасный спектрометр, а рентгеновский спектрометр собирал данные в продолжение 700 часов. Анализ полученной информации поразил специалистов из Института космических исследований и космонавтики Японии — настолько необычным оказался астероид. Если раньше малые планеты считали геологически однородными телами, то Итокава оказался весьма сложным объектом. Поверхность астероида укрыта минералами различной природы. Здесь и кусочки металлического железа, и легкие силикаты. Большая часть астероида покрыта крупными камнями размером до 50 м (!), причём они обладают различными отражательными свойствами. Один из камней, длиной в два десятка метров, выступает настолько, что, кажется, вот-вот оторвётся. В некоторых районах камни не были замечены. Но при косом солнечном освещении резкие тени делали заметными даже малые неровности рельефа, и районы, считавшиеся совершенно гладкими, зачастую оказывались покрыты крупными камнями. Немногочисленные кратеры на поверхности Итокавы укрыты слоем реголита и потому плохо заметны.

Итокава имеет характерную картофелеобразную форму с двумя утолщениями. Наибольший размер астероида равен 535 м, наименьший — 209 м. Плотность Итокавы 1,9×0,13 г см^3 — заметно ниже, чем у каменных пород и у астероидов, изученных ранее. Низкая плотность говорит о том, что около 40% объёма необычного астероида составляют пустоты и он представляет собой весьма «рыхлое» образование.



Сравнительные размеры астероидов и комет:
1. Ида; 2. Дактиль; 3. Брайль; 4. Аннафранк; 5. Стеинс; 6. Эрос; 7. Итокава; 8. Матильда; 9. Гаспра; 10. Лютеция; 11. Борели; 12. Темпль; 13. Галлея; 14. Вильд

Информация о природе астероида Итокава представляет большую научную ценность и очень важна для решения проблем кометно-астероидной угрозы. Ещё раз подтвердилась важность своевременного выяснения структуры и состава потенциально опасных объектов. Только на основе достаточной информации можно планировать и осуществлять адекватные меры космической защиты Земли. Но как мы помним, предстояло решить главную задачу — получить и доставить на Землю образцы вещества необычного астероида.

До конца октября было проведено подробное изучение предполагаемых мест посадки; 1 ноября были объявлены два выбранных места: точка А и точка В — обе вблизи экватора.

В дальнейшем планировалось провести несколько подготовительных маневров аппарата и три основные операции:

4 ноября — пробное снижение к поверхности немного восточнее точки А до высоты 30 м;

12 ноября — первое снижение с забором образцов в точке А;

25 ноября — второе снижение с забором образцов в точке В.

Во время первого снижения предстояло с высоты 30 м сбросить посадочную мишень и попытаться увидеть ее со станции при работе специальных ламп-вспышек — при реальной посадке она будет служить своеобразным маяком.

Во время полёта аппарат снял с близкого расстояния район, намеченный для посадки, вблизи точки А. Он оказался для этого непригодным из-за множества огромных (до 10 м) камней. Была сфотографирована область и вблизи точки В, где камней оказалось гораздо меньше. Несмотря на определённый риск, это было единственное место, пригодное для посадки на Итокаве. Именно здесь решили сделать обе попытки взятия грунта.

Решающим днём для программы «Хаябусы» стал 20 ноября, когда станция получила команду на вертикальный спуск с высоты 450 м. Притяжение Итокавы становилось всё сильнее, и двигатели включались раз в 100 секунд, чтобы замедлить разгон. В заданный момент был перерезан трос крепления посадочной мишени. Через 140 секунд на высоте 40 м аппарат снизил свою скорость и почти завис; мишень же отделилась и пошла вниз. Еще минут через шесть она достигла поверхности астероида. А «Хаябуса» с высоты 17 м пошёл вниз, ориентируясь по мишени и учитывая рельеф района посадки. В это время связь Земли с космическим аппаратом ухудшилась, а временами прерывалась.

Что происходило с «Хаябусой» в дальнейшем, удалось узнать, когда связь была восстановлена.

Японский аппарат коснулся поверхности астероида со скоростью около 10 см/с. По сигналу датчика касания на «трубе» грунтозаборного устройства аппарат должен был «выстрелить» в грунт «пулей» диаметром 10 мм и массой 5 г. В этом случае от удара со скоростью 300 м/с поднялось бы облако частиц грунта, порцию которых «Хаябуса» должен был уловить и начать подъём. К сожалению, датчик касания не включился, поэтому грунтозаборное устройство не сработало и управляемый подъём не состоялся. Сила отдачи подбросила «Хаябусу» на небольшую высоту, и он вновь опустился на астероид. После второго подскока «Хаябуса» окончательно осел на поверхность и находился на ней около 40 мин. Аппарат стоял под углом 16°, касаясь грунта нижним концом приёмного устройства и краями солнечных батарей. Вскорости аппарат получил с Земли и исполнил команду на взлёт — кстати, первый взлёт земного аппарата с небесного тела, за исключением Земли и Луны. Проведённое тестирование показало, что «Хаябуса» не получил серьёзных повреждений, и операторы начали готовить вторую попытку взять грунт.

25 ноября аппарат начал спуск на астероид в пятый раз. 26 ноября он получил команду на вертикальный спуск и разрешение на посадку в автономном режиме. На высоте 14 м аппарат завис и развернулся перпендикулярно к поверхности. Теперь оста-

валось ждать, когда спуск сменится подъёмом и пойдёт телеметрия. Наконец «Хаябуса» зарегистрировал касание. Сразу две пули с интервалом в 0,2 с были всажены в грунт, чтобы увеличить объём выбрасываемого вещества.

Через секунду спуск сменился быстрым подъёмом и на безопасной высоте аппарат начал передачу сигналов. Надпись, высветившаяся на дисплее группы управления, означала, что впервые в мире успешно проведена операция забора грунта с астероида!

УЧЁНЫЕ ВЫЯСНИЛИ, ЧТО ИТОКАВУ МОЖНО ОТНЕСТИ К КЛАССУ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЁННЫХ ХОНДРИТОВ.

Это был момент всеобщего торжества, к которому примешивалась лёгкая тревога. А вдруг записи бортовых данных покажут, что какие-то действия аппарат не выполнил? Руководители полёта подозревали, что один или два «нижних» двигателя коснулись грунта при нештатной посадке 20 ноября и могли быть повреждены. Всё остальное на борту работало: солнечные батареи давали ток, связь была нормальной, ориентация тоже.

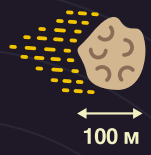
Приём данных с борта продолжался более двух часов. Удалось убедиться, что посадочная программа в бортовом компьютере отработала нормально, все команды были выданы, сбоев не было и что ориентация в момент касания была правильной.

Первоначально возвращение зонда «Хаябуса» с веществом необычного астероида планировалось на 2007 г. Но поскольку эксперимент закончился серьёзной аварией, обстоятельства и размеры которой не до конца были известны, не было уверенности, что раненый аппарат сможет вернуться к Земле и сбросить капсулу с уникальными образцами внеземного вещества. Тем не менее 13 июня 2010 г. «Хаябуса» вернулся к Земле и успешно сбросил на парашюте посадочную капсулу с уникальными образцами внеземного вещества. Капсула приземлилась на юге Австралии и была доставлена в Японию. Японский беспилотный космический аппарат «Хаябуса» («Сокол») занесён в Книгу рекордов Гиннесса за то, что он первым в истории сумел доставить на Землю материал, собранный на поверхности астероида.

Учёные выяснили, что Итокаву можно отнести к классу наиболее распространённых хондритов. Однако своим минералогическим составом он заметно отличается от большинства каменных метеоритов этого типа. Вещество астероида Итокава имеет лишь весьма незначительный процент железа. Такие хондриты менее всего распространены на Земле. Учёные установили, что минералы, находящиеся в пыли Итокавы, подверглись метаморфизму. Это означает, что длительное время они были разогреты примерно до 800 °С. Чтобы температура достигла 800 °С, астероид должен был иметь более 20 км в поперечнике. Это говорит о том, что нынешний Итокава является фрагментом большего тела.

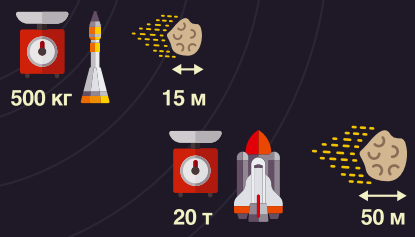
Космическая защита

Ближние рубежы



Ближний перехват придётся применять против объектов неотвратимой угрозы, поперечник которых, скорее всего, не превысит **100 м.**

Исследование показало, что перехватчик массой **500 кг** способен разрушить астероид до **15 м**, перехватчик в **20 т** разрушит ОКО (опасный космический объект) поперечником не менее **50 м.**



29 спутников

24 из них по целевому назначению

насчитывала группировка ГЛОНАСС в 2014 году

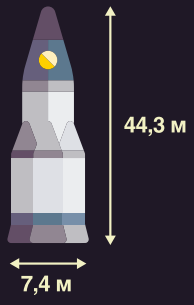
Перспективный способ взаимодействия угрожающему телу был предложен в 1999 г.:

на пути угрожающего тела предлагалось создать искусственное облако из частиц.

В **1963 г.** искусственное облако из **480 млн** медных иголок общей массой **20 кг** было образовано в космосе ракетой Тор-Аджена (США).

Дальние рубежы

«Протон»



Ракета «Протон» — самая большая из используемых ныне космических ракет.

1965 г.

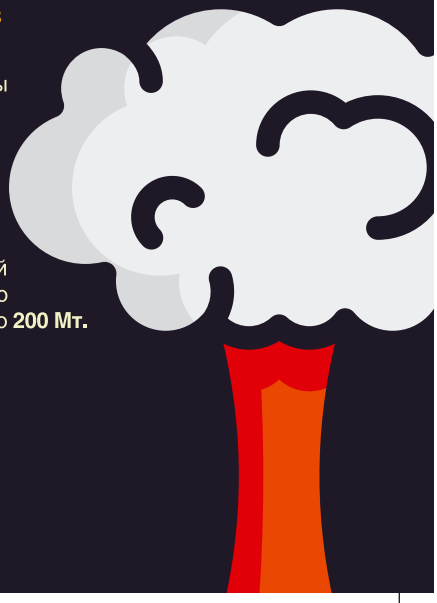
Год запуска

20 т

Возможные последствия

Ядерный взрыв

В зависимости от размера и структуры ОКО количество энергии взрыва, необходимой для его отклонения или раскола, может оказаться сравнимым с полной энергией магнитного поля Земли — около **200 Мт.**



Низкая плотность указывает на то, что около 40% объёма необычного астероида составляют пустоты и он представляет собой весьма «рыхлое» образование.

Информация о природе астероида Итокава имеет большую научную ценность и очень важна для решения проблем кометно-астероидной угрозы. Ещё раз подтвердилась важность своевременного выяснения структуры и состава потенциально опасных объектов. Только на основе достаточной информации можно планировать и осуществлять адекватные меры космической защиты Земли.

ПРОЕКТ «ЦИТАДЕЛЬ»

В этой главе мы рассказали о многих проектах исследования потенциально опасных малых тел Солнечной системы и о программах космической защиты Земли. Как правило, они направлены на решение отдельных сторон проблемы обеспечения космической безопасности нашей планеты. Кроме того, не все описанные проекты представляются вполне реальными.

Теперь познакомим читателя с идеями и предложениями Анатолия Васильевича Зайцева — ведущего конструктора НПО им. Лавочкина, одного из крупнейших авторитетов по проблемам космической защиты Земли. Начиная с 1980-х гг. наряду с разработкой целого ряда успешных проектов исследования космоса он с группой сотрудников занимается проблемой космической защиты Земли от астероидно-кометной опасности. Одна из последних работ группы д.т.н. А.В. Зайцева, вынесенная на обсуждение научно-технического сообщества, — проект создания Системы планетарной защиты. Основные особенности проекта — его комплексность и реалистичность. Планетарной система названа потому, что, по мнению автора, в перспективе должна быть организована не только защита Земли, но также Луны и, возможно, соседних с нами планет. Например, на нашем естественном спутнике надо будет не только «прикрыть зонтиком защиты» будущие лунные поселения землян. Катастрофическое столкновение астероида с Луной может привести к падению на нашу планету осколков, выброшенных взрывом. Как помнит читатель, на Земле уже найдены образцы лунных и марсианских метеоритов именно такой природы.

Свой проект А.В. Зайцев образно назвал «Цитадель». Так в прошлом в Европе называли особо сильно укреплённое сооружение внутри крепостной стены, приспособленное для длительной, самостоятельной и надёжной обороны.

Концепция проекта основана на том, что создавать в настоящее время и поддерживать в постоянной готовности систему защиты от крупных астероидов и комет, способных вызвать глобальную катастрофу, нереально. Гораздо реальнее, во-первых, обеспечить функционирование глобальной системы мониторинга космического пространства, чтобы в обозримом будущем открывать крупные угрожающие объекты настолько заблаговременно, чтобы успеть подготовить и реализовать адекватные меры противодействия им. И во-вторых, возможно и необходимо уже сейчас приступить к созданию системы планетарной защиты от объектов размером в десятки и сотни метров. Основа предлагаемой А.В. Зайцевым системы планетарной защиты (СПЗ) — международная наземно-косми-

ческая служба глобального контроля космического пространства, находящаяся в постоянной готовности наземно-космическая служба перехвата небольших опасных объектов и наземный комплекс управления. Согласно проекту «Цитадель», «служба перехвата небесных тел имеет наземное базирование и содержит несколько региональных сегментов, создаваемых на базе ракетно-космических и ядерных средств России, США и ряда других стран». Региональные центры должны располагать полным арсеналом средств защиты от космической угрозы.

Ракета-носитель Н-1 сверхтяжёлого класса («Царь-ракета»)

А.В. Зайцев подчёркивает, что именно Россия имеет уникальный набор технических средств и технологий, которыми не обладают другие страны и которые могут стать основой для создания регионального центра планетарной защиты. В одной из публикаций А.В. Зайцев рассматривает основные компоненты и возможную схему действия в критической ситуации Российского центра системы «Цитадель». «После обнаружения потенциально опасного небесного тела к наблюдению подключатся средства наземного и космического базирования, в зоны видимости которых этот объект будет попадать. На основе получаемой информации в Центре планетарной защиты оценивают степень опасности (место, время предполагаемого удара по планете, его возможные последствия) и разрабатывают комплекс мер по её предотвращению». Затем учёные оперативно вырабатывают рекомендации для руководителей стран и ООН. «После согласования плана мероприятий на межправительственном уровне запускают два космических аппарата (КА)-разведчика с помощью ракет-носителей (РН) «Зенит» или «Днепр» и по крайней мере два КА-перехватчика (РН «Зенит» или «Протон»)».

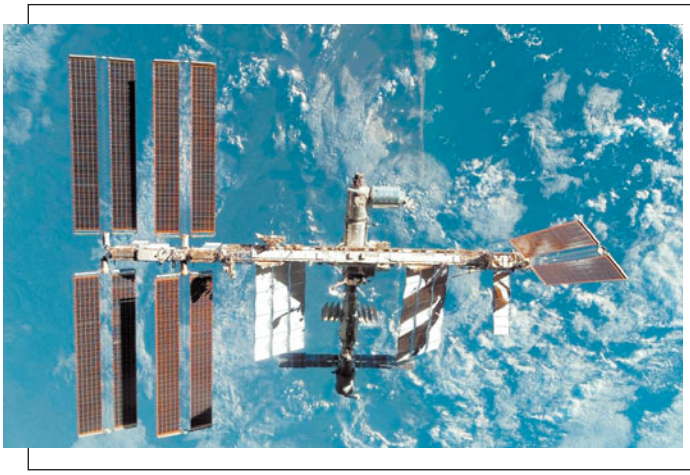
Цель запуска аппаратов-разведчиков — уточнить с близкого расстояния орбиту опасного объекта, его размеры, массу, форму, характер вращения, состав, структуру и механические свойства. Это обеспечит точное наведение перехватчиков на цель и эффективность их воздействия — отклонение или разрушение угрожающего объекта. Проект «Цитадель» предусматривает старт двух аппаратов-разведчиков и первого перехватчика не позже чем через 12 час после обнаружения опасного объекта. Второй аппарат-перехватчик должен быть запущен не позже чем через 12 час после первого. Свидание аппаратов-разведчиков с опасным астероидом при этом состоится на удалении около 1 млн км от Земли, а перехват — внутри лунной орбиты, на расстоянии от 180 до 270 тыс. км. А.В. Зайцев исходит из того, что РН «Зенит» обеспечит доставку на такое расстояние ядерного устройства массой около 1,5 т. Заряд мощностью не менее 1,5 Мт

способен разрушить каменный астероид диаметром в сотни метров. Проект предусматривает доставку той же ракетой-перехватчиком небольших аппаратов, которые должны будут зарегистрировать и передать в Центр результаты воздействия.

А. В. Зайцев аргументированно утверждает, что при соответствующих политических решениях и уровне финансирования эшелон оперативного перехвата СПЗ «Цитадель» можно создать за 5–7 лет. Дело в том, что проект «Цитадель» в значительной мере основан на применении уже существующих технологий, научно-технических средств и систем, на достижениях космического и оборонного комплексов, а также на использовании опыта сотрудничества специалистов разных стран в программах космических исследований. Действительно, в ряде стран давно используются могучие ракетно-космические комплексы и космодромы, мощные оптические и радиотелескопы, исследовательские космические зонды и орбитальные обсерватории различного назначения, средства противоракетной и противовоздушной обороны, наземно-космические системы связи и навигации, центры управления. Всё это и определяет реалистичность создания в столь сжатые сроки системы, предлагаемой А. В. Зайцевым.

Мы уже говорили о комплексном подходе А. В. Зайцева к решению проблемы космической защиты. Значительное место в концепции отводится созданию надёжной системы мониторинга опасных объектов.

По оценке Зайцева, мощность и время предстартовой подготовки современных ракетно-космических средств позволяют осуществить перехват малых астероидов, если они будут обнаружены хотя бы за двое-трое суток до возможного столкновения. Исходя из этого, конструктор предлагает в качестве эффективного средства обнаружения целей для близкого перехвата запуск хотя бы одного космического телескопа. Его проектом «Конус» предусматривается размещение космического аппарата-наблюдателя на земной орбите на удалении в 10–15 млн км от Земли. С такого расстояния можно будет замечать и те опасные тела, которые приближаются со стороны Солнца, что невозможно при наблюдениях с поверхности Земли. Ещё один телескоп предполагается разместить вблизи Земли на орбите искусственного спутника. Этот второй автоматический наблюдатель будет вести поиск крупных тел в метеорных потоках, с которыми встречается Земля на её пути вокруг Солнца, а также наблюдать области, засвечиваемые Землёй и Луной при наблюдениях с первого аппарата. Найдётся работа и для наземных обсерваторий. Если космические телескопы заметят опасный объект, к его наблюдению обязательно подключатся наземные средства. Именно наблюдения с нескольких инструментов, разнесённых на большое расстояние, обеспечивают скорейшее и наиболее точное определение местоположения объекта в пространстве и уточнение его дальнейшей траектории. А. В. Зайцев отмечает, что базовыми для реализации проекта «Конус» могут стать со-



Международная космическая станция «Мир» на орбите Земли

Космические катастрофы

Последствия

Столкновение нашей планеты с объектом большего размера может вызвать глобальную катастрофу.

Подобная катастрофа могла бы наступить при взрывах с энергией 105–106 Мт.

До 10 м

Выпадет на земную поверхность, не вызвав значительных разрушений.

Около 50 м

Приведёт к катастрофическим последствиям масштаба знаменитого тунгусского события **1908 г.** Это будет катастрофа локального характера.

Выделится энергия, эквивалентная **1000 Мт.**

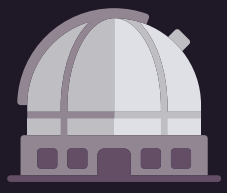
Около 150 м

Со стометровыми космическими объектами Земля сталкивается в два раза чаще — каждые **5000 лет.**

Каждый **миллион лет** Земля может 1–2 раза столкнуться с телом диаметром около **1 км**, что породит бедствие регионального масштаба.

1000 – 2000 м

Проекты и программы наблюдений



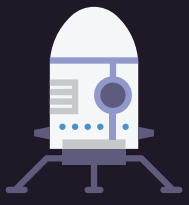
Старейший в обсерватории 90-см телескоп (1921 г.).

Он находится на высоте более **2000 м.**

Почти половину новых астероидов, сближающихся с Землёй, в конце XX в. открывали на этом инструменте.

В январе 2007 г. начались практические испытания нового телескопа Pan-STARRS 1 (PS 1).

В процессе опознания потенциальных **астероидов-убийц** телескоп Pan-STARRS 1 своим обзором охватит за одну ночь площадь в **6000 кв. градусов.**



Космическая обсерватория Gaia стартовала на борту российской ракеты «Союз-СТ-Б» в декабре 2013 г.

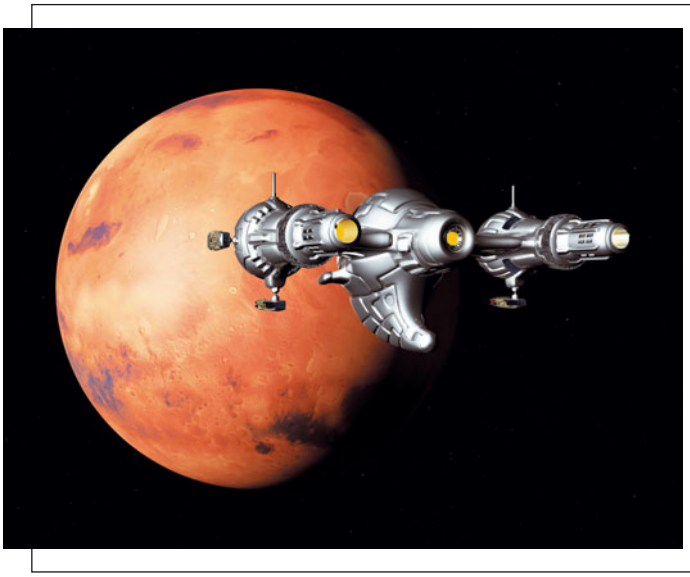
Чувствительность камеры настолько высока, что она могла бы заметить прядь человеческих волос на расстоянии **700 км.**

зданные в Научно-производственном объединении им. С. А. Лавочкина спутники «Око» и «Аркон», другие перспективные разработки и изделия, выполненные на этом и других предприятиях в нашей стране и за рубежом.

Концепция А. В. Зайцева предусматривает защиту и от крупных астероидов. Для своевременного их обнаружения совершенно не обязательно в непрерывном режиме обозревать всю небесную сферу. Проект «Тор» предусматривает слежение за опасными объектами вблизи земной орбиты: внутри воображаемой кольцевой трубы сечением в несколько миллионов километров, охватывающей земной путь вокруг Солнца. Часть этой торовой области можно контролировать с наземных обсерваторий. Часть «трубы», располагающуюся за Солнцем, можно будет наблюдать с помощью телескопов, движущихся по земной орбите, на большом удалении от нашей планеты. Эти телескопы параллельно можно использовать для исследования нашего дневного светила, заглядывая на его обратную сторону. Это важно для прогнозирования активных процессов на Солнце, влияющих на жизнь Земли.

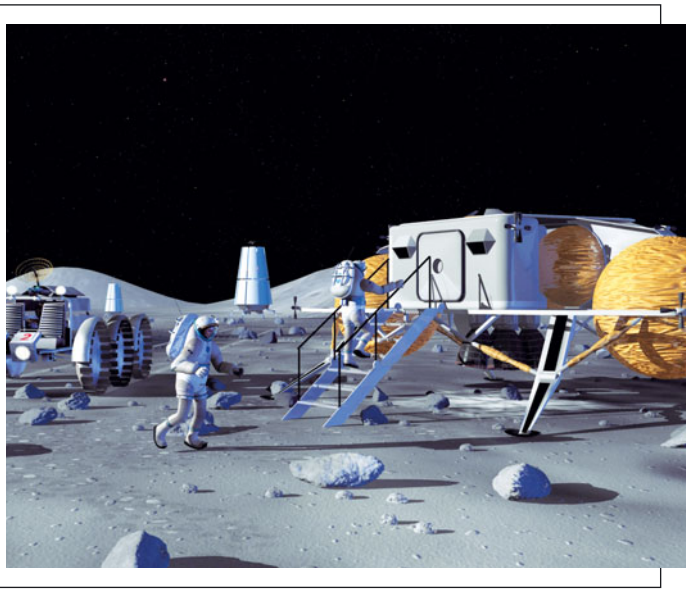
Поскольку, в отличие от астероидов, кометы могут прилететь к нам с любого направления, рано или поздно придётся организовать всемирную службу для наблюдения за всей небесной сферой. А. В. Зайцев предлагает поделить звёздное небо на участки между астрономическими обсерваториями, которые будут с определённой периодичностью осматривать свою область.

Концепция Зайцева предусматривает и то обстоятельство, что возможности космической защиты землян велики, но не безграничны. Теоретически можно представить и такую весьма маловероятную ситуацию, когда летящее к Земле тело окажется настолько колоссальным, что для его уничтожения будет недостаточно всех накопленных людьми ядерных зарядов. Поэтому А. В. Зайцев предлагает заблаговременно подумать о создании своеобразного космического Ноева ковчега на Луне, чтобы спасти хотя бы часть человечества.



Межпланетный космический комплекс на подлёте к Марсу

В начале книги мы рассказывали об астероиде 99942 Apophis (2004 MN4), который промчится вблизи Земли 13 апреля 2029 г. Специалисты вначале не могли вычислить, как изменится орбита астероида после столь близкого свидания с нашей планетой. Высказывалось предположение, что земное притяжение может таким образом изменить путь астероида, что он столкнется с Землёй в 2036 или 2037 гг. Однако сотни наблюдений в оптические телескопы и многочисленные радарные измерения, выполненные в 2004–2006 гг., уменьшают вероятность столкновения 99942 Apophis с Землей практически до нуля. Читатель, уже получивший представление о потенциале космической защиты, понимает, что в случае необходимости земляне смогут адекватными мерами отвести от цивилизации эту и иные космические угрозы. Например, предла-



Так, по мнению художников НАСА, может выглядеть постоянная база на Луне

галось доставить на астероид 99942 Apophis (2004 MN4) прибор, который будет информировать специалистов о его местонахождении. Это позволило бы успеть при необходимости принять срочные меры защиты Земли.

Программа создания Всемирной службы защиты человечества от космической угрозы важна не только сама по себе. Она поможет сохранению и развитию достижений науки, техники и технологии, накопленных в оборонном комплексе и в космонавтике. Вместе с тем она может стать фактором, ускоряющим развитие многих отраслей науки и техники. Ведь именно так было, когда осуществлялись ядерные, космические и другие крупные проекты.

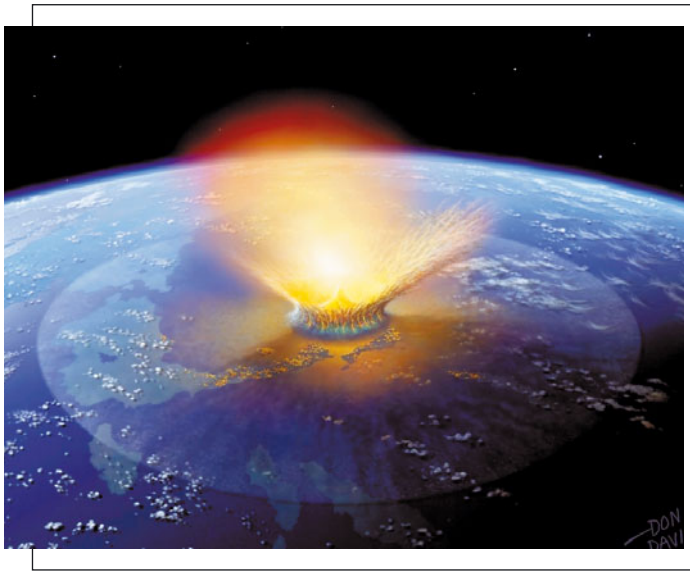
Глобальный характер космических опасностей, грандиозность проблем защиты, требующих своего решения, являются стимулом и диктуют необходимость объединения стран перед лицом этой поистине общечеловеческой угрозы. Организация международного сотрудничества в обсуждаемой области поможет людям разных стран, национальной и религиозной принадлежности, различных взглядов и политических убеждений осознать себя единым сообществом землян. Можно надеяться, что это осознание послужит укреплению мира и стабильности на нашей планете. Научно-технический потенциал России — передовой космической и ядерной державы — позволяет ей стать одним из лидеров разработки и осуществления международных программ космической защиты человечества.

ПРОБЛЕМА КОСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ МОЖЕТ ЭФФЕКТИВНО РЕШАТЬСЯ ТОЛЬКО ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С РЕШЕНИЕМ ДРУГИХ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ.

Вместе с тем, если средства планетарной защиты будут создавать в рамках только национальных программ, может начаться новый виток гонки вооружений. Ведь многие элементы космической защиты можно использовать и в военных действиях. Выход — в максимальной открытости этих работ, но прежде всего — в разработке и реализации Международной программы космической защиты под эгидой ООН.

Не менее важно подготовить международно-правовую основу создания и применения национальных и международных средств космической защиты. Иначе действия любой страны или группы стран по перехвату и разрушению опасного объекта, особенно если это нанесёт ущерб другим странам, породят конфликты, связанные с необходимостью ликвидации возможных экологических и экономических последствий. Необходимость пересмотра соответствующих положений международного права обусловлена и тем, например, что сегодня запрещено использование в космическом пространстве ядерных взрывов, применение которых, как мы знаем, может оказаться необходимым для предотвращения возможной катастрофы.

И ещё: проблема космической защиты может эффективно решаться только во взаимосвязи с решением других глобальных проблем: экологических, экономических, политических, в кооперации с деятельностью по исследованию и освоению космоса.



Падение крупного астероида на Землю в представлении художника

Непременным условием решения глобальных проблем, основой устойчивого развития общества является изменение нашего с вами сознания. Ясно, что формирование нового сознания невозможно без опережающего образования молодёжи, которое необходимо начинать с самого раннего возраста. Мы убеждены, что основой современного образования должно стать космическое и экологическое образование. Для этого надо не только соответствующим образом изменить содержание учебных программ. Очень важно создать условия для творческого участия молодых людей в уже действующих государственных и общественных космических и экологических программах.

Сегодня существуют московские учебно-исследовательские молодёжные программы, открытые для всех желающих. Это, например, «Космический патруль», «Эксперимент в космосе», «Мы и биосфера», «Чтения им. Вернадского». Участники этих программ разрабатывают проекты космической защиты Земли, предлагают идеи экспериментов на МКС и спутниках, ведут наблюдения за астрономическими объектами, участвуют в экспедициях к месту падения метеоритов, обсуждают свои идеи с учёными и инженерами. Всё это не только помогает осознать взаимосвязь Человека, Земли и Вселенной, но также даёт возможность молодым людям внести свой посильный вклад в решение проблем, стоящих перед человечеством.

В конечном счёте от каждого из нас в той или иной мере зависит будущее всей цивилизации.

Содержание

Введение . . . 3

Часть I.
ВСЕЛЕННАЯ. ОБЪЕКТЫ И ПРОЦЕССЫ

ГЛАВА I. **Звезда Солнце** . . . 6
Внутреннее строение Солнца . . . 7
Гелиосфера и межпланетные магнитные поля . . . 13
Как Солнце влияет на Землю? . . . 15

ГЛАВА II. **Солнечная система** . . . 17
Разновеликие соседи . . . 18
Пояс астероидов . . . 19
Меркурий . . . 21
Венера . . . 22
Земля . . . 24
Марс . . . 26
Юпитер . . . 28
Спутники и кольца Юпитера . . . 31
Сатурн . . . 33
Спутники и кольца Сатурна . . . 34
Уран . . . 35
Нептун . . . 37
Кометы . . . 39
Метеоры и метеорные потоки . . . 41
Метеориты . . . 43

ГЛАВА III. **Звёзды, туманности, межзвёздная среда** . . . 45
Характеристики звёзд . . . 46
Внутреннее строение звёзд . . . 49
Эволюционные превращения звёзд . . . 50
Рождение звёзд . . . 53
Гибель звёзд . . . 54
Звёзды — соседи Солнца . . . 56
Скопления и ассоциации звёзд . . . 57
Молекулярные облака и межзвёздный газ . . . 58
Межзвёздная пыль . . . 60

ГЛАВА IV. **Звёздные системы — галактики** . . . 61
Млечный Путь . . . 61
Многообразие галактик . . . 62
Взаимодействующие галактики . . . 65
Расширяющаяся Вселенная . . . 66

Часть II.
КОСМИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ

ГЛАВА I. **Катастрофы в Солнечной системе** 70
Луна — «музей истории космических катастроф» 70
Следы катастроф на планетах земной группы 74
Следы катастроф на газовых гигантах и их спутниках 78
Таинственная планета Фаэтон 81

ГЛАВА II. **Космические катастрофы в истории Земли** 84
Импактные события — грозные явления природы 87
Крупнейшие астроблемы планеты 93
Отчего погибли динозавры? 96
Массовые вымирания — следствие космических катастроф? 103

ГЛАВА III. **Как исчезла легендарная Атлантида?** 112
Какие стихийные бедствия могли уничтожить Атлантиду? 115
Катастрофа «свалилась» с неба? 121
Местонахождение древней Атлантиды. 124

ГЛАВА IV. **Тунгусская катастрофа — загадка XX века**. 134
Что произошло над сибирской тайгой? 135
Поиски продолжаются. 143
Что взорвалось над тунгусской тайгой 30 июня 1908 года? 149
Бразильский метеорит — двойник Тунгусского? 157
Челябинский феномен 159

ГЛАВА V. **Кометно-астероидная опасность** 165
Астероиды, сближающиеся с Землёй 165
Что опасней: кометы или астероиды? 168
Космические катастрофы: вероятность и возможные последствия 172
Мониторинг сближающихся объектов 176
Методы и средства обнаружения и слежения 177
Реализуемые проекты и программы наблюдений. 182
Рукотворная космическая опасность. 187

ГЛАВА VI. **Всемирная служба космической безопасности**. 192
Активная защита. Варианты базирования средств системы перехвата опасных космических объектов. 192
Защита на ближних рубежах 196
Защита на дальних рубежах 201
Возможные экологические последствия защиты от опасных астероидов . . 204
Космические миссии — репетиции активной защиты от ОКО 206
Проект «Цитадель» 215

Научно-популярное издание

Б.Г. Пшеничнер, О.В. Абрамова
Вселенная в инфографике

Все знания мира в инфографике

Автор инфографики:
К. Воронин

В оформлении использованы материалы агентства Shutterstock.

Зав. редакцией *Ю.В. Данник*
Ответственный редактор *О.М. Зубкова*
Оформление обложки *А.М. Якунина*
Компьютерная верстка *Р.В. Рыдалин*
Технический редактор *Т.П. Тимошина*
Корректор *Т.В. Бородоченкова*

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953000 – книги и брошюры

Подписано в печать 29.09.16.
Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 26. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж экз. Заказ

ООО «Издательство АСТ»
129085, РФ, г. Москва, Звездный бульвар, дом 21, стр. 3, комната 5
Адрес нашего сайта: www.ast.ru
E-mail: ogiz@ast.ru

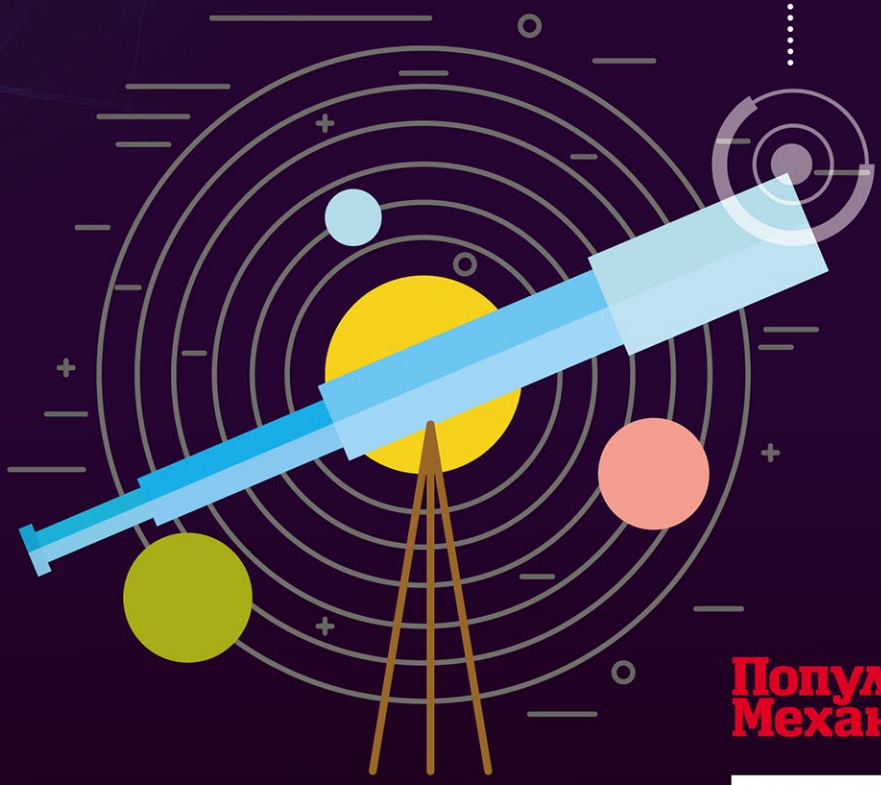
«Баспа Аста» деген ООО
129085 г. Мәскеу, жұлдызды гүлзар, д. 21, 3 құрылым, 5 бөлме
Біздің электрондық мекенжайымыз: www.ast.ru

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды қабылдаушының
өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3«а», литер Б, офис 1.
Тел.: 8(727) 2 51 59 89,90,91,92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107;
E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Знак информационной продукции согласно федеральному закону от 29.12.2010 г. N 436-ФЗ
16+

Человек увлечен астрономией на протяжении многих веков, с тех пор как он в порыве любознательности впервые поглядел на небо...

Трудно вообразить себе масштабы Вселенной... Книга «Вселенная в инфографике» содержит интереснейшую информацию по астрономии, она познакомит вас с космическими объектами и покажет, как они связаны друг с другом, а также поможет тем, кто хочет начать самостоятельные исследования. Просто и наглядно о сложном – в инфографике!



ТЕЛЕКАНАЛ НАУКА РЕКОМЕНДУЕТ

ОГИЗ

ЖУРНАЛ О ТОМ, КАК УСТРОЕН МИР
Популярная Механика
ВЫБОР ЖУРНАЛА

ISBN 978-5-17-097612-6
9 785170 976126