

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ ЗЕМЛИ

Н. А. САХИБУЛЛИН

Казанский государственный университет

ASTRONOMICAL PAST AND FUTURE OF THE EARTH

N. A. SAKHIBULLIN

Over the last years, astronomical research has led to discovery of both phenomena which support the adopted view on the processes taking place in space, and phenomena which require finding urgent solutions of quite new problems. One of such problems is the influence of celestial bodies which surround us upon the past and future of our Earth, of course not in the astrological sense. This article discusses some of the aspects of this problem.

Исследования в астрономии последних лет привели к открытию явлений как подтверждающих правильное понимание процессов, происходящих в Космосе, так и требующих неотложного решения совершенно новых проблем. Одной из проблем является влияние окружающих нас небесных тел на прошлое и будущее нашей Земли, разумеется не в астрологическом плане. В статье рассматриваются некоторые аспекты этой проблемы.

www.issep.rssi.ru

ВВЕДЕНИЕ

Будущее поколение будет рассматривать 80–90-е годы прошлого столетия как период, определивший развитие астрономии в XXI веке. Это действительно так, потому что именно в те годы были получены научные результаты, которым по значимости трудно найти аналоги в истории астрономии XX века. Тот период знаменателен еще тем, что астрономы стали серьезно ставить вопрос о будущем нашей Земли не только в гносеологическом плане, но и для обеспечения безопасности всего человечества. К сожалению, диапазон мнений, особенно в массовой прессе, по поводу возможной опасности очень широк — от откровенно панических до полного игнорирования проблемы. Поэтому мы попытаемся дать краткое изложение фактического состояния дел.

ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЗЕМЛИ И СОЛНЦА

Астрономы еще не выработали окончательного мнения о детальных процессах образования Солнечной системы, поскольку ни одна из гипотез не способна объяснить многие ее особенности. Но в чем почти все астрономы единодушны, так это в том, что звезда и ее планетная система образуются из единого газопылевого облака, причем этот процесс может быть объяснен известными законами физики [1]. Предполагается, что это облако имело вращение. В центре такого облака 4,7 млрд лет назад образовалось сгущение, которое вследствие закона всемирного тяготения начало сжиматься и притягивать к себе окружающие частицы. При достижении этим сгущением определенной массы в центре создаются большие температуры и давления, что приводит к выделению громадной энергии за счет термоядерных реакций превращения четырех протонов в атом гелия $4\text{H}^+ \rightarrow \text{He}$. Объект в этот момент вступает в ответственную стадию своей жизни — стадию звезды.

Вращение облака приводит к появлению вращающегося диска около звезды. В тех областях, где среднее расстояние между частицами диска мало, происходит их столкновение, что вызывает образование так

называемых планетезималей размером примерно в 1 км, а затем и планет около звезды. Образование Земли потребовало около 50 млн лет. Часть несконденсировавшегося вещества диска (твердые и ледяные частицы) при движении могла падать на поверхность планет. Для Земли этот процесс длился примерно 700 тыс. лет. В результате масса Земли постоянно увеличивалась и главное — пополнялась водой и органическими соединениями. Около 2 млрд лет назад начали появляться примитивные растения, а спустя 1 млрд лет образовалась нынешняя азотно-кислородная атмосфера. Около 200 млн лет назад появились простейшие млекопитающие, 4 млн лет назад на ноги встал австралопитек, а 35 тыс. лет назад появился непосредственный предок *Homo sapiens*.

Для нас главным является следующее: можно ли описанную схему опровергнуть или подтвердить наблюдениями, если проверить, в частности, такие ее следствия:

- а) около молодых звезд должны быть обнаружены протопланетные диски;
- б) около звезд, которые находятся на более поздней стадии развития, необходимо обнаружить планетные системы;
- в) поскольку не все вещество протопланетного диска конденсируется в большие тела, особенно на периферии диска, то в Солнечной системе должны существовать остатки такого вещества.

Если бы данная статья писалась лет 30 назад, то автору трудно было бы найти такие подтверждения, так как существовавшие тогда телескопы и приемная аппаратура не могли зарегистрировать упомянутые выше объекты из-за их слабого блеска. И лишь в последнее десятилетие благодаря использованию космических телескопов, повышению точности астрономических измерений большинство предсказаний теории получили полное подтверждение.

Протопланетные диски. Поскольку в таких дисках есть пыль, то в излучении диска и звезды должен наблюдаться инфракрасный избыток цвета. Такие избытки обнаружены у нескольких звезд, в частности у яркой звезды северного полушария Веги. Для некоторых звезд Космическим телескопом им. Э. Хаббла были получены изображения таких дисков, например у многих звезд в туманности Ориона (рис. 1). Число открываемых дисков около звезд постоянно растет.

Планеты около звезд. Чтобы наблюдать традиционными методами планеты около звезд, необходимо создать телескопы очень больших диаметров — порядка сотни метров. Создание таких телескопов — это совершенно безнадежное дело как с технической, так и с финансовой точки зрения. Поэтому астрономы нашли

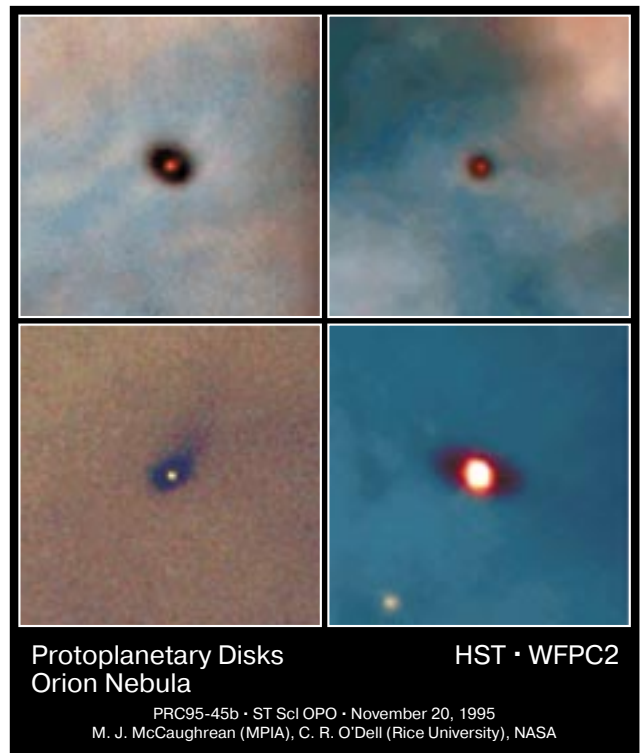


Рис. 1. Изображения протопланетных дисков около четырех звезд в туманности Ориона. Из-за присутствия пыли в дисках они непрозрачны и потому невидимы. Данные диски стали видимыми из-за их случайной проекции на светлую часть туманности. Снимки получены на Космическом телескопе им. Э. Хаббла

выход из положения, разработав косвенные методы обнаружения планет. Известно, что два гравитационно связанных тела (звезда и планета) вращаются вокруг общего центра тяжести. Такое движение звезды можно установить лишь на основе чрезвычайно точных методов наблюдений. Такие методы на основе современной технологии были разработаны в самые последние годы, и для знакомства с ними мы отсылаем читателя к статье А.М. Черепашука [2].

С использованием этих методов сразу же наблюдали около 700 звезд. Результат превзошел самые лучшие ожидания. К концу января 2001 года открыты 63 планеты у 50 звезд. Основные сведения о планетах можно найти в статье [2].

Открытие трансплутоновых комет. В 1993 году были открыты объекты 1992QB и 1993FW, расположенные за пределами орбиты Плутона. Это открытие может иметь большие последствия, так как оно подтвердило существование на дальней периферии нашей Солнечной системы на расстоянии более 50 а.е. так называемого

пояса Койпера и далее облака Оорта, где сосредоточились сотни миллионов комет, сохранившихся в течение 4,5 млрд лет и являющихся остатками того вещества, которое не смогло сконденсироваться в планеты.

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ПРОШЛОЕ ЗЕМЛИ

После своего образования Земля прошла долгий путь развития. Было установлено, что естественный ход ее развития нарушался вследствие определенных геологических, климатических или биологических причин, приводящих к исчезновению растительности и животного мира. Причины большей части этих кризисов учеными объясняются как океаническими явлениями (понижение солености океанов, изменение химического состава в сторону увеличения токсичных элементов в водах океана и т.д.), так и земными явлениями (парниковый эффект, вулканическая деятельность и т.д.). В 50-х годах XX века делали попытки объяснить некоторые кризисы и астрономическими факторами — на основе многих астрономических явлений, зарегистрированных наблюдателями и описанных в исторических документах. Следует отметить, что за период в 2000 лет (с 200 года до н.э. по 1800 год н.э.) в различных источниках было зафиксировано 1124 важных астрономических факта, часть из которых можно связать с кризисными явлениями.

В настоящее время существует мнение, что кризис, имевший место 65 млн лет назад, когда исчезли рифовые кораллы и вымерли динозавры, был вызван столкновением крупного небесного тела (астероида) с Землей. Долгое время астрономы и геологи искали подтверждение этого явления, пока не обнаружили большой кратер на полуострове Юкатан в Мексике диаметром в 300 км. Подсчеты показали, что для создания такого кратера был необходим взрыв, эквивалентный 50 млн т тротила (или 2500 атомных бомб, упавших на Хиросиму; взрыв 1 т тротила соответствует выделению энергии в $4 \cdot 10^{16}$ эрг). Такая энергия могла бы выделиться при столкновении с астероидом размером в 10 км и имевшим скорость в 15 км/с. Этот взрыв поднял в атмосферу пыль, которая полностью затмила Солнце, что привело к понижению температуры Земли с последующим вымиранием живого. Оценка возраста этого кратера привела к цифре в 65 млн лет, что совпадает с моментом одного из биотических кризисов в развитии Земли.

Далее в 1994 году астрономы предсказали теоретически, а затем и пронаблюдали столкновение кометы Шумейкеров–Леви с Юпитером. Были ли подобные столкновения комет с Землей? Согласно американскому ученому Массе, за последние 6 тыс. лет подобные столкновения были. Особенно катастрофическим было падение кометы в океан около Антарктиды в 2802 году до н.э.

Таким образом, все изложенное выше приводит к следующим заключениям:

- астрономы имеют надежные подтверждения имеющимся представлениям о **прошлом** развитии Солнечной системы;
- это позволяет вполне определенно судить о **будущем** Солнечной системы. В частности, некоторые описанные явления ставят серьезный вопрос: несет ли Космос опасность для будущего нашей Земли?

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ БУДУЩЕЕ ЗЕМЛИ

Из изложенного ясно, что наибольшие неприятности для человечества могут вызвать движущиеся малые небесные тела. Рассмотрим, насколько велик шанс столкновения.

Астероиды (или малые планеты). Основные характеристики этих объектов таковы: массы $1 \text{ г} - 10^{23} \text{ г}$, размеры $1 \text{ см} - 1000 \text{ км}$, средние скорости при приближении к Земле 10 км/с , кинетическая энергия объектов $5 \cdot 10^9 - 5 \cdot 10^{30}$ эрг.

Астрономы установили, что в Солнечной системе число астероидов с диаметром больше 1 км около 30 тыс., меньших по размеру астероидов существенно больше — порядка сотни миллионов. Большая часть астероидов вращается по орбитам, расположенным между орбитами Марса и Юпитера, образуя так называемый пояс астероидов. Эти астероиды, естественно, не несут опасности столкновения с Землей.

Но несколько тысяч астероидов с диаметром более 1 км имеют орбиты, пересекающие орбиту Земли (рис. 2). Появление таких астероидов астрономы объясняют образованием зон неустойчивости в поясе астероидов. Приведем некоторые примеры.

Астероид Икар в 1968 году приблизился к Земле на расстояние 6,36 млн км. Если бы Икар столкнулся с Землей, то произошел бы взрыв, эквивалентный взрыву 100 Мт тротила, или взрыву нескольких атомных бомб. Другой астероид — 1991ВА диаметром в 9 м прошел 17 января 1991 года на расстоянии всего в 170 тыс. км от Земли. Нетрудно подсчитать, что разница во времени у Земли и астероида прохождения точки пересечения составляет всего 1,5 часа. Астероид 1994ХМ1 9 декабря 1994 года пролетел над территорией России на расстоянии всего в 105 тыс. км.

Существуют также примеры падения астероидов на поверхность Земли. Есть определенное мнение, что в 1908 году в Сибири произошло столкновение астероида диаметром 90 м с последующим взрывом, эквивалентным взрыву примерно 20 Мт тротила. Если бы это тело упало на три часа позже, то оно уничтожило бы Москву.

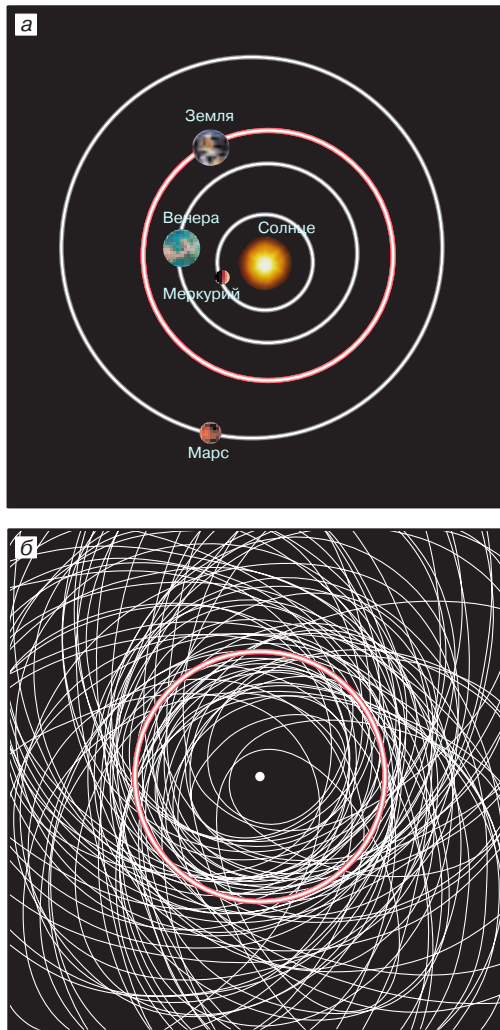


Рис. 2. а – орбиты ближайших к Солнцу четырех планет. За орбитой Марса расположен пояс астероидов; б – орбиты 100 наиболее крупных астероидов, которые пересекают орбиту Земли, показанную красным цветом

Используя данные об ударных кратерах на поверхности Земли, планет и их спутников, астрономы пришли к следующим оценкам:

- столкновения с крупными астероидами, которые могут привести к глобальным катастрофам в развитии Земли, происходят примерно раз в 500 тыс. лет;
- столкновения с малыми астероидами происходят чаще (каждые 300 лет), но последствия столкновений носят лишь локальный характер.

На основе орбит уже **изученных** астероидов астрономы составили список потенциально опасных известных астероидов, орбиты которых пройдут на критичес-

ком расстоянии от Земли до конца XXI века. Этот список насчитывает около 300 объектов, орбиты которых пересекают орбиту Земли. Самое близкое прохождение на расстоянии в 880 тыс. км ожидается у астероида Хатор в октябре 2086 года.

В целом же астрономы считают, что число опасных и пока **необнаруженных** опасных астероидов примерно 2500. Именно эти таинственные странники и будут составлять главную опасность будущему Земли.

Кометы. Их типичные характеристики таковы: массы 10^{14} – 10^{19} г, размеры ядра 10 км, размеры хвоста 10 млн км, скорости движения 10 км/с, кинетическая энергия 10^{23} – 10^{28} эрг.

Кометы отличаются от астероидов своим строением: если астероиды представляют собой твердые глыбы, то ядра комет – это скопление “грязного льда”. Кроме того, кометы в отличие от астероидов имеют протяженные газовые хвосты. Но прохождение Земли через такие хвосты не представляет какой-либо опасности из-за их низкой плотности. Например, при прохождении Земли через хвост кометы Галлея 18 мая 1910 года не было замечено каких-либо аномалий на поверхности Земли.

Но проблема опасности столкновения с ядром кометы стала очень актуальной после 1994 года в связи с падением различных частей кометы Шумейкеров–Леви на поверхность Юпитера. Возникшие при этом взрывы были оценены в величину, эквивалентную взрыву 60 000 Мт тротила, что равно взрыву нескольких миллионов атомных бомб, сброшенных на Хиросиму.

Астрономы подсчитали, что кометы проходят между Землей и Луной каждые 100 лет, а некоторые падают на Землю примерно раз в каждые 100 тыс. лет. Было также оценено, что в течение средней жизни человека вероятность столкновения с кометой равна 1/10 000.

Исследования астрономов показали, что за последние 2400 лет было 20 близких (меньших 15 млн км) прохождений 18 комет. Самое близкое прохождение на расстоянии в 2,3 млн км было у кометы Лекселя в июле 1770 года. Подсчитано, что в ближайшие 30 лет близкие прохождения будут у трех изученных комет. Но, к счастью, минимальные расстояния будут не столь опасными – более 9 млн км.

Следует иметь в виду, что пока речь шла об известных кометах. Выше было сказано об открытии транс-плутоновых комет. Эти кометы могут залетать во внутренние области Солнечной системы, в частности, пересекаясь с орбитой Земли. Не исключено, что эти еще не открытые кометы и могут нести в себе опасность.

АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ

Но, увы, не только столкновения несут в себе глобальные последствия для Земли. Отметим кратко лишь две возможные опасности, исходящие из дальнего космоса.

Будущая жизнь Солнца. Астрофизики могут рассчитать все этапы жизни звезды [3]. Согласно расчетам, например, через 7,9 млрд лет Солнце превратится в красный сверхгигант, увеличив свой размер в 170 раз, поглотив при этом Меркурий. Нетрудно подсчитать, что на нашем небе Солнце будет выглядеть как красный шар, занимающий половину небесной сферы. В результате температура на Земле повысится, начнется интенсивное испарение океанов, из-за чего увеличится непрозрачность атмосферы, что вызовет так называемый парниковый эффект: Земля станет очень горячей.

Дальнейшее раздувание Солнца приведет к тому, что и Земля уже будет вращаться фактически внутри Солнца. Согласно этому сценарию, Земле уготовлена не очень приятная участь. Трение Земли и частиц газа Солнца будет уменьшать орбитальную скорость Земли, в результате Земля по спирали будет падать к центральным областям Солнца. Это приведет к тому, что Солнце нагреет Землю до чрезвычайно высоких температур, превратив ее в раскаленные скалы без всяких признаков наличия воды в океанах и, естественно, жизни.

Вспышки сверхновых. Другие звезды, которые имеют большую массу, чем Солнце, живут несколько иначе. На определенной стадии они могут взорваться, выделив при этом чудовищную энергию (астрономы называют такой процесс вспышкой сверхновой). Было выяснено, что имеются две причины таких вспышек.

На последней стадии жизни у звезды прекращаются ядерные реакции и она превращается в плотный объект — белый карлик (БК). Но если около БК имеется соседняя звезда, то вещество этой звезды может перетекать на БК. При этом на поверхности БК опять начинаются термоядерные реакции, выделяющие громадную энергию. Такой механизм вспышки работает для сверхновых типа SNI.

Другой тип сверхновых (SNI) объясняется эволюцией звезды массы более десяти масс Солнца. Термоядерные реакции сопровождаются превращением водорода в более тяжелые элементы. На каждой стадии выделяется энергия, нагревающая звезду. Теория предсказывает, что при достижении образования железа последовательность реакций прекращается. Внутренняя часть железного ядра в течение секунды сжимается. Когда внутренняя часть звезды достигает ядерных плотностей, она отскакивает от центра, сталкиваясь с еще коллапсирующей внешней частью ядра. Возникающая ударная волна разносит всю звезду. Выделяемая

энергия за 1 с будет чудовищной, равной энергии, излученной 100 солнцами за 10^9 лет.

Некоторые астрономы (И.С. Шкловский и Ф.Н. Красовский) полагали, что такой взрыв мог произойти у близкой к Солнцу звезды 65 млн лет назад. Согласно сценарию, описанному этими авторами, выброшенное вещество после взрыва через несколько тысяч лет достигло Земли. Оно содержало релятивистские частицы, которые при попадании в атмосферу Земли вызвали интенсивный поток вторичных космических частиц, которые при достижении поверхности Земли повысили радиоактивность в 100 раз. Это неизбежно привело бы к мутациям в живых организмах с последующим их исчезновением.

Вероятность глобального влияния на Землю такого взрыва в будущем зависит, во-первых, от того, насколько часто происходят вспышки сверхновых в нашей Галактике, и, во-вторых, от критического расстояния r до звезды. Основываясь на наблюдаемых данных, известный специалист по статистике звезд С. Ван дер Берг пришел к выводу, что за каждый 1 млрд лет в объеме нашей Галактики в 1 кпк^3 происходят в среднем 150 000 вспышек сверхновых. Если взять за критическое расстояние до звезды в $r = 10$ световых лет, то легко получить, что, для того чтобы в объеме такого радиуса произошла одна вспышка, необходимо время в 60 млрд лет. Эта величина существенно больше возраста Земли. Таким образом, маловероятно, что биотические кризисы можно объяснить явлением вспышки. В будущем такая вспышка также не очень вероятна. Однако все же следует отметить, что приведенные рассуждения основаны на средних оценках. Для примера отметим, что звезда Бетельгейзе в созвездии Ориона может вспыхнуть через несколько тысяч лет. Другая звезда — η Car вспыхнет через 10 000 лет. К счастью, расстояния до них достаточно велики — 650 и 10 000 световых лет.

Гамма-вспышки. Около 30 лет назад астрономы с помощью спутниковых наблюдений установили, что в различных точках небесной сферы наблюдаются объекты, которые вспыхивают в гамма-диапазоне (рис. 3) с длительностью вспышек от долей секунды до нескольких минут. Последние оценки расстояний до этих объектов свидетельствуют, что они располагаются далеко за пределами нашей Галактики. Это означает, что энергия излучения в гамма-диапазоне у этих объектов фантастически велика — порядка 10^{50} – 10^{52} эрг.

Наиболее распространенная гипотеза о механизме вспышек, предложенная С.И. Блинниковым и др., — это гипотеза о слиянии двух нейтронных звезд — последней стадии жизни двойной системы, состоявшей из двух массивных звезд. Расчеты астрофизиков показали, что при таком слиянии выделяется энергия, эквивалентная энергии излучения миллиарда галактик,

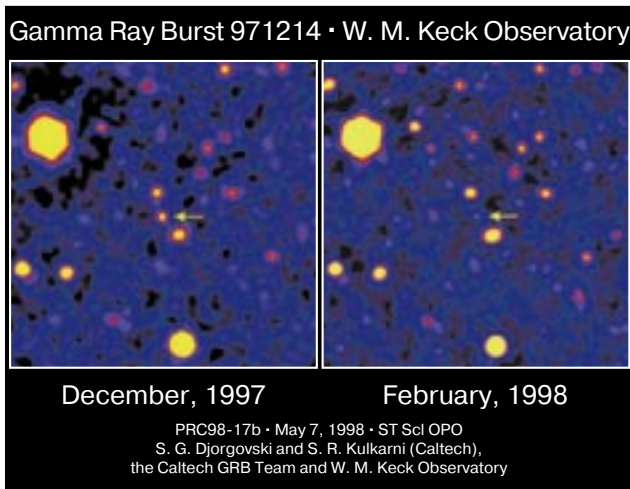


Рис. 3. Оптическое изображение объекта GRB 971214, вспыхнувшего в гамма-диапазоне. Слева – изображение через два дня после вспышки, справа – спустя два месяца. Снимки получены на телескопе диаметром 10 м в обсерватории Мауна-Ки (Гавайи)

подобных нашей. Об этих объектах более подробно можно прочитать в [4, 5].

Но такие пары нейтронных звезд могут существовать не только на космологическом расстоянии, но и внутри нашей Галактики. Астрофизики подсчитали, что в нашей Галактике одно слияние пары происходит каждые 2–3 млн лет. Сейчас надежно установлено наличие трех таких пар. Если одна из них (PSR B2127+11C) начнет сливаться, то последствия этого для Земли будут очень серьезны, правда, более чем через 220 млн лет. Прежде всего сильное гамма-излучение уничтожит озоновый слой атмосферы Земли. Но главное в том, что при вспышке образуются энергичные космические частицы, которые, достигнув атмосферы Земли, будут создавать вторичные космические частицы. Эти частицы дойдут до поверхности Земли и даже глубже, превратив ее в радиоактивное кладбище.

Все приведенные выше факты ставят главный вопрос.

ЧТО ДЕЛАТЬ?

Ответ на этот вопрос применительно к малым телам Солнечной системы должен содержать два аспекта:

астрономический – необходимо заблаговременно открыть неизвестные и потенциально опасные объекты на как можно большем расстоянии от Земли, вычислить их точные орбиты и предсказать момент возможной опасности;

технический – необходимо принять решения и их реализовать, чтобы избежать возможного столкновения.

Для решения астрономической части сейчас создается сеть телескопов с диаметром около 2 м. Это позволит обнаружить примерно 90% опасных астероидов на расстоянии до 200 млн км и 35% опасных комет на расстоянии до 500 млн км. Поскольку скорости движения объектов порядка 10 км/с, то это позволит иметь резерв времени в несколько месяцев для принятия решения.

Точность теоретических расчетов орбит и моментов столкновений прежде всего определяется количеством установленных положений на небе опасных объектов. Эту задачу можно решить с помощью указанной выше сети телескопов. Далее при расчете орбит необходимо тщательно учесть возмущения в движении небесных тел, вызванные воздействием всех планет Солнечной системы. Эта проблема уже решена астрономами с высокой точностью.

Труднее всего учесть негравитационные силы, влияющие на движение объектов. Эти силы обусловлены многими причинами. Астероиды и кометы движутся в материальной среде (межпланетная плазма, электромагнитное поле), испытывая при этом сопротивление. Они также испытывают влияние сил светового давления от Солнца. В результате тела могут отклониться от чисто кеплеровской орбиты, то есть вычисленной с учетом только гравитационного взаимодействия тела с Солнцем (и планетами).

Технический аспект проблемы более сложный, и имеются по существу пока три варианта. Один предусматривает уничтожение опасного объекта путем засылки на него ракеты с ядерной бомбой. Расчеты показали, что для уничтожения астероида диаметром в 1 км необходим взрыв в $4 \cdot 10^{19}$ эрг [6, с. 270]. Но этот проект может принести непредсказуемые экологические последствия, связанные с засорением космоса ядерными отходами.

Есть вариант попытки отклонения движения объекта от своей естественной орбиты за счет сообщения ему дополнительного импульса, скажем за счет посадки на его поверхность ракеты с мощной энергетической установкой. На сегодня оба таких проекта пока трудноосуществимы: для этого необходимо иметь ракеты с большими массами и большими скоростями движения, чем имеются в настоящее время. Но в принципе это совсем не безнадежное дело для технологии XXI века.

Третий вариант основан на использовании негравитационных эффектов в движении небесных тел. Например, ядра комет можно отклонить от первоначальной орбиты, используя сублимационный способ, суть которого такова [6, с. 256]. Орбита кометы в некоторой степени определяется и силами светового давления от Солнца, вызывающего образование хвоста. Если уничтожить или ослабить пылевую поверхность ядра, то

усиленное истечение вещества из ядра может придать комете импульс в нужном направлении.

Хотя астрофизическая опасность ожидает Землю в отдаленном будущем, уже сейчас имеются довольно интересные идеи избежать ее. Некоторые из них кажутся даже фантастическими. В одном варианте предлагается создать вокруг Земли щит, используя вещество астероидов или Луны. Например, масса астероида Церес вполне достаточна для создания диска около Земли толщиной в 1 км. Он вполне может экранировать потоки частиц и излучения от сверхновых и гамма-вспышек.

В заключение отметим, что нет оснований для апокалиптического фатализма. Человечество уже достигло достаточно высокого уровня науки и технологии, чтобы предугадать опасность. Мало того, оно уже находится на пороге создания эффективной системы защиты. Можно лишь надеяться, что человечество, осознав предстоящую опасность, предпримет усилия для дальнейшего развития науки и необходимой технологии вместо того, чтобы решать внутренние конфликты, бездумно расходуя свой интеллект и финансовые средства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сурдин В.Г.* Рождение звезд. М.: УРСС, 1997. 207 с.
2. *Черепашук А.М.* Планеты во Вселенной // Соросовский Образовательный Журнал. 2001. № 4. С. 76–82.
3. *Киппенхан Р.* 100 миллиардов Солнц: Рождение, жизнь и смерть звезд. М.: Мир, 1990. 293 с.
4. *Липунов В.М.* “Военная тайна” астрофизики // Соросовский Образовательный Журнал. 1998. № 5. С. 83–89.
5. *Курт В.Г.* Экспериментальные методы изучения космических гамма-всплесков // Там же. 1998. № 6. С. 71–76.
6. *Околземная астрономия (космический мусор).* М.: Космосинформ, 1998. 277 с.

Рецензент статьи А.М. Черепашук

* * *

Наиль Абдуллович Сахибуллин, доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой астрономии Казанского государственного университета, директор Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта. Лауреат премии РАН. Действительный член Академии наук Татарстана. Область научных интересов – астрофизика, физика звездных атмосфер. Автор 80 научных публикаций и одной монографии.