

УДК 502: 629.19

С. Д. Галюжин, канд. техн. наук, доц., О. М. Лобикова

БИОСФЕРА И КОСМОС

Показано, что формирование биосферы Земли происходило и происходит при непрерывном воздействии Космоса. Проанализирована проблема взаимодействия Земли с кометами и астероидами. Отмечено, что в настоящее время человечество не обладает эффективной системой защиты нашей планеты от ударов космических тел.

В соответствии с современными представлениями межзвездное пространство представляет собой разреженную газопылевую среду, в 1 см^3 которой находится примерно одна частица (атом, молекула). В таком же объеме воздуха находится $2,7 \cdot 10^{19}$ частиц. В самых современных вакуумных камерах количество частиц в 1 см^3 не меньше $1 \cdot 10^3$.

Химический состав межзвездного газа достаточно хорошо исследован. Преобладают атомы водорода и гелия, атомов металлов сравнительно немного. В довольно заметных количествах присутствуют молекулы простейших соединений, например, CO, CN. Кроме газа, в состав межзвездной среды входит космическая пыль. Размеры пылинок составляют $10^{-3} \dots 10^{-5}$ мм. Газ и пыль в межзвездном пространстве перемешаны, причем средняя плотность газа почти в 100 раз выше средней плотности пыли. Космическая межзвездная среда существует в виде облаков с плотностью на порядок выше, чем средняя плотность данной среды. Эти облака расположены преимущественно в спиральных ветвях Галактики и участвуют в галактическом вращении. Окружная скорость некоторых из них достигает $6 \dots 8$ км/с. Наиболее плотные из газопылевых облаков наблюдаются как светлые или темные туманности. Масса межзвездного газа в нашей Галактике – Млечном Пути – приближается к $2 \cdot 10^{39}$ кг, что составляет чуть больше 1 % от полной массы Галактики, обусловленной, в основном, звездами [1, с. 39–41].

В конце 1963 г. в одной из туманно-

стей были обнаружены молекулы H_2O , довольно сложные многоатомные молекулы CH_3HCO , CH_3CN и др. Эти открытия, видимо, имеют отношение к важнейшей проблеме происхождения жизни во Вселенной. Возможно, в обозримом будущем будут найдены межзвездные молекулы ДНК и РНК.

Сравнительно недавно обнаружены межзвездные магнитные поля, напряженность которых почти в 10^5 раз меньше напряженности магнитного поля нашей планеты. Межзвездные магнитные поля играют решающую роль при образовании плотных газопылевых облаков, из которых образуются звезды. С этими полями тесно связаны первичные космические лучи, заполняющие межзвездное пространство. Исследования показали, что первичное космическое излучение представляет собой поток элементарных частиц с высокой энергией, причем более 90 % из них составляют протоны с энергией, достигающей до 10^{20} эВ ($1 \text{ эВ} = 10^{-19}$ Дж). Около 7 % – это α -частицы; примерно 2 % составляют электроны; на ядра более тяжелых элементов приходится менее 1 %. Эти частицы движутся вдоль силовых линий магнитных галактических полей по винтовым траекториям.

На высоте более 50 км от поверхности Земли наблюдается *первичное космическое излучение* постоянной интенсивности. С приближением к поверхности планеты интенсивность космического излучения возрастает из-за взаимодействия первичного излучения с атомными

ядрами воздуха. Это так называемое *вторичное космическое излучение*.

В составе вторичного космического излучения выделяют *мягкое и жесткое излучения*. Существенное влияние на живые организмы оказывает жесткое излучение, состоящее, в основном, из мюонов и обладающее высокой проникающей способностью. Жесткое излучение, вызывающее мутации, является существенным фактором, определяющим процесс эволюции живых организмов в биосфере.

Земля входит в планетную систему звезды спектрального класса G2 (желтый карлик) под названием Солнце. Солнце представляет собой раскаленный плазменный шар (диаметром $1,4 \cdot 10^9$ м), в котором происходит термоядерная реакция превращения водорода в гелий с выделением огромной энергии. Температура его поверхности примерно 5770 К, в недрах – более 10 млн К.

Мощность излучения (светимость) современного Солнца составляет $3,83 \cdot 10^{23}$ кВт. К Земле каждую секунду поступает только около $2 \cdot 10^{14}$ кДж энергии солнечного излучения. Этой энергии достаточно для обеспечения сложных процессов на нашей планете, в т. ч. и для существования жизни. Химический состав Солнца представлен, в основном, водородом (90 %) и гелием (около 10 %), содержанием всех остальных элементов – крайне незначительно. Масса Солнца, равная $2 \cdot 10^{30}$ кг, в 750 раз больше массы всех планет Солнечной системы и в $3,3 \cdot 10^5$ раз – массы Земли.

Солнце светит не абсолютно ровно и постоянно. На его поверхности возникают солнечные пятна – области с относительно более низкой температурой. С солнечными пятнами связана так называемая солнечная активность, период которой примерно 11 лет. Кроме того, наблюдаются солнечные вспышки – внезапное увеличение солнечной светимости. Первым о солнечной вспышке сообщил в 1859 г. английский астроном Р. Кэррингтон. Сразу после сообщения начали посту-

пать сведения о странном поведении стрелок магнитных компасов и увеличении яркости северных сияний. С тех пор была твердо установлена связь между такими магнитными бурями и солнечными вспышками.

При вспышках происходит выброс в космическое пространство значительного количества субатомных частиц. Поскольку вспышки на поверхности Солнца происходят постоянно, то оно окружено сферой заряженных частиц высоких энергий от 0,5 до $2 \cdot 10^9$ эВ. Это так называемый солнечный ветер, скорость которого может достигать более 700 км/с. Приближаясь к Земле, заряженные частицы взаимодействуют с ее магнитным полем. В соответствии с известным законом физики на эти частицы действует сила Лоренца (рис. 1). В результате вокруг Земли образуется область заряженных частиц повышенной плотности, называемая *областью захваченной радиации*.

В космическое излучение вносит вклад не только солнечный ветер, магнитное поле которого модулирует его приток. Вклад в образование космического излучения вносят все звезды нашей Галактики, а также и других галактик. Известно, что сверхновые звезды при вспышках могут выбрасывать до 0,01 % своей массы. При этом происходит выброс субатомных частиц с колоссальной энергией, превосходящей энергию частиц солнечного ветра в 10^9 раз. Например, в соответствии с китайскими хрониками, в июле 1054 г. на небе появилась «Звезда – гость». Она была настолько яркой, что ее видели даже днем в течение нескольких месяцев. Затем она постепенно погасла. В 1754 г. французский астроном Ш. Месье обнаружил на этом месте туманность, которая впоследствии была названа Крабовидной (рис. 2). На сегодня установлено, что скорость разлета образующих ее газов достигает 1500 км/с. Все это дает основания утверждать, что Крабовидная ту-

манность не что иное, как остаток грандиозной космической катастрофы – вспышки сверхновой в 1054 г. В настоя-

щее время известно более 600 сверхновых звезд, находящихся вне нашей Галактики.

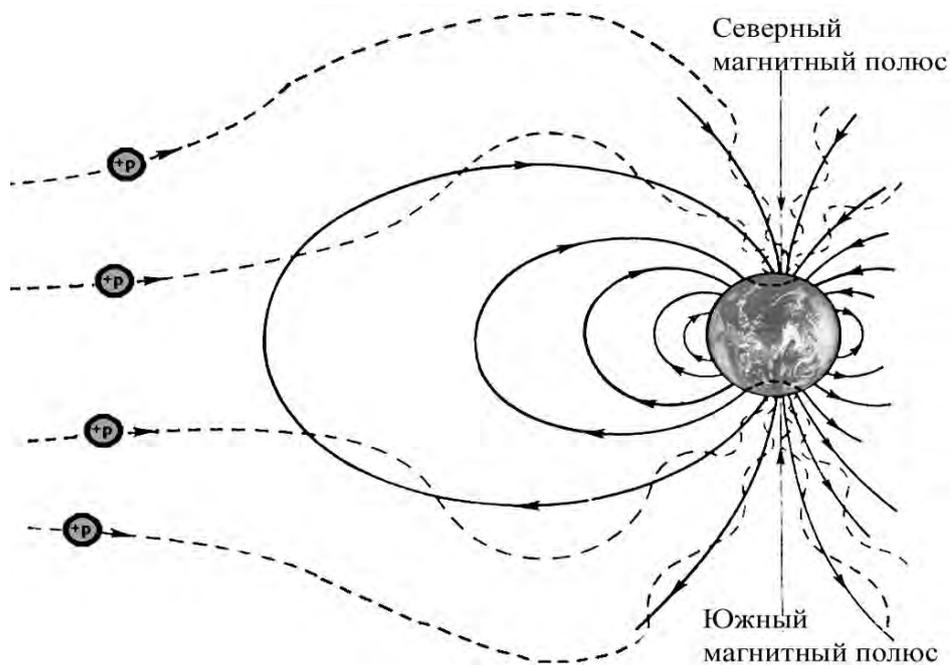


Рис. 1. Схема взаимодействия частиц космического излучения с магнитным полем Земли

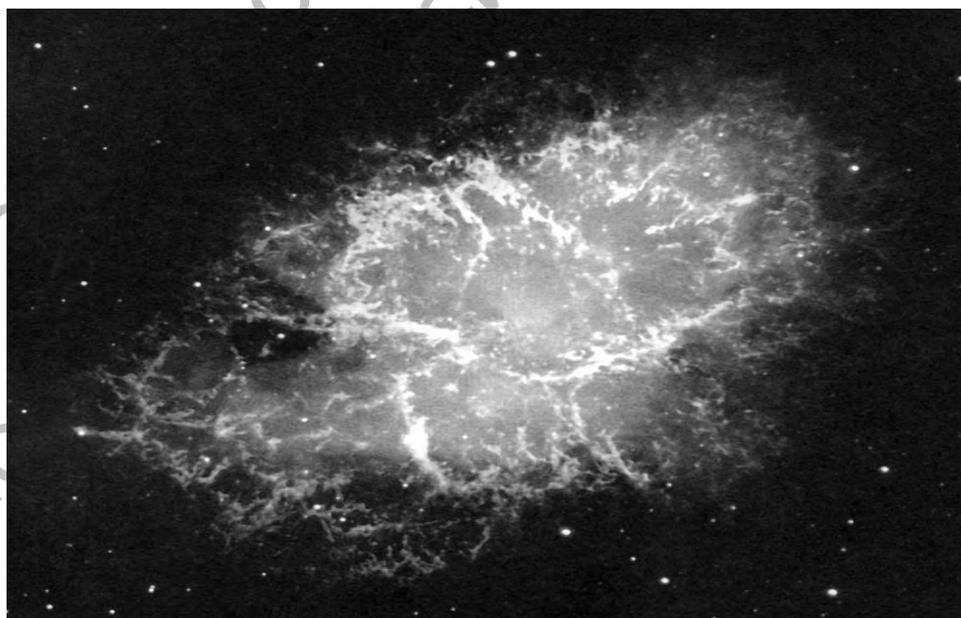


Рис. 2. Крабовидная туманность

Космические частицы, возникающие при вспышках звезд и иных процессах в бескрайних просторах Космоса, взаимодействуют с магнитными полями различных космических объектов, изменяют свои первоначальные траектории. Поэтому наблюдается широкий спектр энергетических уровней частиц. Замечена определенная зависимость между солнечной активностью и процессами жизнедеятельности растений и животных, состоянием здоровья, погодно-климатическими аномалиями. Значительный вклад в изучение этих процессов внес замечательный русский биофизик А. Л. Чижевский.



А.Л. Чижевский
(1897-1964)

Он отмечал, что космический мир и мир земной биосферы представляют собой единое целое. «Жизнь ... в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли», – писал Чижевский в книге «Земное эхо солнечных бурь» [2, с. 33]. В 1918 г. он открыл биогенное действие электрических зарядов на организм. Чижевский первым

установил, что отрицательные ионы кислорода благотворно действуют на все функции организма, улучшают состояние здоровья, излечивают многие заболевания, продлевают жизнь. Вместе с тем следует отметить, что эта взаимосвязь изучена крайне недостаточно и еще ждет своих исследователей.

Также происходит взаимодействие Земли с малыми космическими телами. На Землю попадает космическая пыль, метеориты и отдельные атомы, а из атмосферы Земли в космическое пространство уходят атомы легких газов – водорода и гелия («дыхание Земли» по выражению В. И. Вернадского).

Большую экологическую опасность для биосферы Земли представляют астероиды и кометы. В последние годы происходит революция в открытии малых небесных тел. Если в XIX в. было открыто около 400 астероидов, то в XXI в. благодаря автоматическим системам слежения за звездным небом ученые открывают более тысячи крупных астероидов в месяц. В настоящее время имеют порядковые номера 130 тысяч астероидов и 15 тысячам из них даны свои названия.

Встречный удар космического тела диаметром около 1 км с Землей равносителен одновременному взрыву всех ядерных и термоядерных бомб, накопленных на данное время. При ударе космического тела диаметром 10 км происходит экологическая катастрофа с уничтожением до 90 % всей флоры и фауны. В месте удара температура повышается до 1000 °С и более, возникают массовые пожары и разрушения. В атмосферу попадают миллиарды тонн пыли и сажи, она становится непроницаемой для солнечных лучей. Наступает резкое похолодание, и минусовая температура удерживается на Земле от нескольких месяцев до нескольких лет. От мощнейшего удара литосферные плиты Земли приходят в движение, что приводит к многочисленным землетрясениям

и извержениям вулканов. В воздух попадает огромное количество метана, который воспламеняется от молний и огненной лавы, что порождает пожары в планетарном масштабе. Содержанием углекислого газа в атмосфере увеличивается, нарастает парниковый эффект и средняя температура тропосферы повышается на несколько градусов. Живые организмы при этом подвергаются значительным перепадам климата. Далеко не все представители флоры и фауны могут выдержать такое испытание. Например, переход от умеренного климата к полярному, а затем – к тропическому не под силу высшим животным и растениям. На восстановление биоты (сложившейся совокупности флоры, фауны и микроорганизмов) при такой катастрофе необходимо несколько миллионов лет.

Столкновение с космическим телом, диаметр которого 100 км и более, может привести к разрушению планеты вплоть до ее раскола на несколько частей. Очевидно, что речи о сохранении биосферы при этом быть не может.

В настоящее время известно около 20 космических тел астероидного типа с поперечником от 50 см до 50 км, орбиты которых расположены вблизи орбиты нашей планеты. Вероятностные расчеты показывают, что столкновение Земли с крупным космическим телом (диаметром 5...10 км) происходит через каждые 60...100 млн лет, диаметром 1 км – через миллион лет, около 100 м – через 5 тыс. лет, менее 100 м – через 300 лет. Ежегодно на Землю попадает около 200 тыс. т космического вещества.

Ранее считалось, что цветущие города древних цивилизаций Египта, Китая, Индии, Месопотамии разрушены землетрясениями, извержениями вулканов и войнами. Британские ученые Б. Пейсер и В. Клюб проанализировали почти 500 раскопок в местах древних цивилизаций. Следов вулканической и сейсмической активности найти не удалось, зато было обнаружено семь кратеров, напоминаю-

щих воронки от ударов метеоритов, возрастом примерно 4500 лет. Б. Пейсер и В. Клюб сделали вывод, что в это время на Землю обрушились удары потока метеоритов, приведших к значительным климатическим изменениям. В результате практически одновременно исчезли цивилизации в различных регионах земного шара.

Астрофизики Оксфорда подтвердили это предположение. Они обнаружили на орбите Юпитера скопление метеоритов, которые каждые 3 тыс. лет сталкиваются с Землей. По их мнению, эти метеориты догнали Землю в 500 г. Удар был меньшей силы, чем 4500 лет назад, хотя и вызвал внезапное наводнение на Ближнем Востоке.

В 1997 г. ученые Принстонского университета А. Фишер и М. Артур впервые выдвинули гипотезу о том, что неоднократная массовая гибель флоры и фауны на Земле вызывалась столкновением с крупным небесным телом. Палеонтологи Д. Рол и Дж. Сенковски установили, что примерно через каждые 26...27 млн лет происходила гибель значительного числа животных и растений.

В настоящее время наиболее изучено пять случаев массовой гибели представителей животного и растительного мира, произошедшие за последние 500 млн лет. Свидетельства этих потрясений хранятся в пластах земной коры, относящихся к тем периодам.

Первая катастрофа произошла примерно 439 млн лет назад в ордовикосилурийском периоде. В результате погибло до 25 % морских животных и 60 % морских растений (в то время жизнь еще практически не вышла на сушу).

Второй случай относят к концу девонского периода. Примерно 364 млн лет назад погибло около 22 % животных и 57 % флоры.

Третью, считающейся самой крупной, катастрофу относят к пермско-триасовому периоду. Около 250 млн лет

назад не стало 95 % живых организмов.

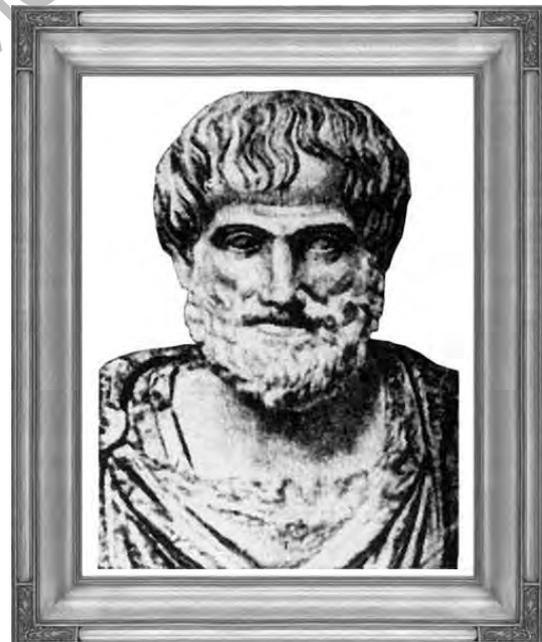
Четвертый катаклизм, произошедший примерно 214 млн лет назад в конце триасового периода, унес жизни 22 % морской фауны и 52 % морской флоры и до 60 % сухопутных организмов. Эта планетарная катастрофа достаточно изучена. При исследовании литосферы на островах Королевы Шарлотты (Канадская провинция, Британская Колумбия) в слоях, относящихся к более раннему периоду, ученые обнаружили резкое падение содержания углерода, появляющегося при разложении останков живых организмов. Ученые предположили, что причиной является массовая гибель перед этим живых организмов.

Последняя, наиболее изученная катастрофа, случилась 65 млн лет назад в третично-меловом периоде. Массовая гибель динозавров, летающих рептилий, водорослей и планктона была вызвана падением на Землю крупного астероида диаметром около 15 км в районе мексиканского полуострова Юкатан. В 1980 г. группа американских ученых под руководством У. Альвареса, изучая скальные породы, возраст которых насчитывал 65 млн лет, обнаружила, что содержание иридия в них в 25 раз больше, чем в более старых и более молодых породах. К тому времени было достаточно известно, что редкий химический элемент иридий в больших концентрациях присутствует в космических телах. Сопоставив эти данные со временем вымирания рептилий, У. Альварес предположил, что причиной этой экологической катастрофы является столкновение Земли с крупным астероидом. В начале 90-х гг. XX в. с помощью космических спутников в Мексике был обнаружен гигантский кратер диаметром 200 км, «возраст» которого примерно совпадает со временем вымирания динозавров [3, с. 65–70].

Помимо больших планет и астероидов вокруг Солнца движутся **кометы** (греч. *cometa* – волосатая, длинноволосая). При сближении с Солнцем комета

нагревается, ее вещество испаряется, образуя яркий хвост.

Появление большинства комет непредсказуемо. С незапамятных времен люди обращали на них внимание. Невозможно не заметить редкостного зрелища, когда на небе видно туманное светило, иногда настолько яркое, что может сверкать сквозь облака, затмевая даже Луну. Аристотель считал, что «сухая пневма» (газы) Земли поднимается к границам атмосферы, попадает в сферу небесного огня и воспламеняется – так образуются «хвостатые звезды». Он утверждал, что кометы вызывают сильные бури, засуху. Данные представления были общепризнанными в течение двух тысячелетий. В средние века кометы считались предвестниками войн и эпидемий. Так, вторжение норманнов в Южную Англию в 1066 г. связывали с появлением в небе кометы Галлея. С появлением в небе кометы ассоциировалось и падение Константинополя в 1456 г.



Аристотель
(384–322 до н. э.)

Начало исследованиям орбит комет положил Тихо Браге. Наблюдая в 1577 г. за кометой, он установил, что она движется далеко за орбитой Луны. Значительный вклад в открытие комет внес служащий Парижской обсерватории Ш. Мессье. Он составил первый каталог туманностей и звездных скоплений для того, чтобы при поиске комет не принимать далекие туманные объекты за новые кометы. За 39 лет наблюдений он открыл 14 новых комет.

В первой половине XIX в. среди исследователей комет особенно отличился Ж. Понс. Вначале сторож Марсельской обсерватории, а позднее ее директор соорудил небольшой любительский телескоп и, следуя примеру своего соотечественника Ш. Мессье, занялся поисками комет. За 26 лет он открыл 33 новых кометы. В настоящее время в среднем открывается около 20 комет в год. Доступно наблюдениям по-

рядка 50 комет, а за всю историю человечества наблюдалось около 2000 их появлений. Орбиты большинства комет – сильно вытянутые эллипсы. В 1702 г. Э. Галлей доказал, что кометы 1531, 1607 и 1682 гг. имеют одну и ту же орбиту, т. е. это одна и та же комета (рис. 3). Период обращения вокруг Солнца этой кометы, названной «комета Галлея», примерно 76 лет; большая полуось орбиты составляет 17,8 а. е. (а. е. – астрономическая единица, равна среднему расстоянию от Земли до Солнца, т. е. 149 600 км), эксцентриситет – 0,97 а. е., наклонение орбиты к плоскости эклиптики – 162,2°, расстояние в перигелии – 0,59 а. е. Последняя дата прохождения перигелия – 1986 г. В 2006 г. комета Галлея находилась за орбитой Нептуна.



Рис. 3. Комета Галлея в ночном небе (март 1986 г.)

Комета Хейла-Боппа (рис. 4) была открыта одновременно двумя астрономами-любителями в 1995 г. С помощью телескопа им. Хаббла в атмосфере кометы был обнаружен гидроксил OH, образующийся в результате распада молекул воды под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца. Мощным радиотелескопом на Гавайских островах в комете зарегистрировано излучение молекул цианистой кислоты, которая является сильнейшим ядом. В ее газовой оболочке уста-

новлено наличие и молекул других веществ, характерных для состава комет, например, угарного газа, продуктов распада аммиака. По оценкам специалистов, диаметр ядра кометы Хейла-Боппа не менее 50 км, т. е. оно массивнее ядра кометы Галлея почти в 100 раз. 23 марта 1997 г. комета прошла на кратчайшем расстоянии от Земли – 196 млн км, а затем стала удаляться от Солнца. Период обращения кометы – 3000 лет.



Рис. 4. Комета Хейла-Боппа (март 1997 г.)

Кометы – самые многочисленные небесные тела Солнечной системы. По оценкам астрономов, на далеких окраинах Солнечной системы, в так называемом облаке Оорта – гигантском сферическом скоплении кометного вещества – сосредоточено около $10^{12} \dots 10^{13}$ комет, обращающихся вокруг Солнца на расстояниях от 3000 до 160 000 а. е., что составляет половину расстояния до ближайших звезд. Под влиянием возмущений ближайших звезд некоторые кометы навсегда покидают Солнечную систему. Другие, наоборот, по сильно вытянутым орбитам устремляются к Солнцу, где под действием тяготения

планет-гигантов переходят на эллиптические орбиты.

Опасность столкновения Земли с космическим телом имеет реальные основания. Комета Шумейкеров-Леви-9 в 1992 г. сблизилась с Юпитером и была «захвачена» его гравитационным полем. Комета развалилась на несколько частей, которые в июле 1994 г. обрушились на поверхность Юпитера, вызвав фантастические эффекты в атмосфере планеты (рис. 5). Наблюдения астрофизиков показали, что температура в эпицентре взрывов достигала $30\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Специалисты считают, что при прямом

ударе этой кометы без предварительного распада на части могла бы нарушиться устойчивость Солнечной системы. Понимая важность этой проблемы, Конгресс США поручил NASA (Национальная ад-

министрация по авиации и освоению космоса) каталогизировать и отслеживать все кометы и астероиды, пересекающие орбиту Земли.



Рис. 5. Столкновение кометы Шумейкеров-Леви с Юпитером в 1994 г.

В 1989 г. на 6 ч разминулся с Землей астероид с поперечным размером около 800 м. В декабре 1992 г. астероид Тоутатис (диаметром 6 км) прошел мимо Земли на расстоянии 3 млн км. Астероид 1996 JAL (диаметром 500 м) в мае 1996 г. прошел на достаточно опасном расстоянии от Земли в 450 тыс. км.

Достаточно вспомнить, что знаменитый тунгусский метеорит, имеющий небольшие размеры (поперечник 55 м), даже не долетев до поверхности планеты и взорвавшись на высоте 5 км, натворил немало бед, уничтожив 3108 км² сибирской тайги.

Астероид 2004MN4, названный в честь древнеегипетского бога тьмы Апофиса, был открыт в июне 2004 г. и сразу привлек к себе пристальное внимание. Его поперечный размер составляет, по разным оценкам, от 400 до 600 м, а скорость движения по отношению к Земле – более 30 км/с. 13 апреля 2029 г. Апофис пролетит мимо нашей планеты на расстоянии примерно 3...40 тыс. км. По первоначальным расчетам Пулковской ас-

тронической обсерватории в 2029 г. Земля избежит столкновения с этим астероидом, но он может уничтожить значительную часть телекоммуникационных и навигационных спутников, находящихся в зоне геостационарных орбит. Следующий визит этого астероида в 2036 г. может привести к столкновению с нашей планетой. По оценке NASA, при встрече Земли с Апофисом выделится в 100 тыс. раз больше энергии, чем при ядерном взрыве в Хиросиме. Под непосредственное действие ударной волны попадут тысячи квадратных километров, а в атмосферу Земли будут выброшены миллионы тонн пыли.

Осознавая астероидную опасность, в 2003 г. в России, благодаря усилиям ряда ракетно-космических корпораций, был сформирован «Центр планетарной защиты». Специалистами центра разработан проект «Цитадель», содержащий несколько методов борьбы с потенциально опасными космическими телами, которые, в основном, сводятся к физическому воздействию на астероид. Сле-

дует отметить, что такой опыт уже существует. В июле 2005 г. американцы с помощью космического аппарата NASA Deep Impact («Глубинный удар») расстреляли комету «Темпел-1». В этом эксперименте медный шар диаметром 0,65 м и массой 140 кг ударил в комету. В результате столкновения образовался кратер диаметром почти 200 м и глубиной около 30 м, а комета незначительно изменила траекторию полета.

Завершая изложение этой проблемы, следует отметить, что человечество к настоящему времени пока не обладает достаточными техническими средствами,

позволяющими защитить биосферу Земли от столкновения с космическими пришельцами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шкловский, И. С. Вселенная, жизнь, разум / И. С. Шкловский ; под ред. Н.С. Кардашева, В. И. Мороза. – М. : Наука, 1987. – 320 с.
2. Чижевский, А. Л. Земное эхо солнечных бурь / А. Л. Чижевский. – М. : Мысль, 1976. – 367 с.
3. Общая и прикладная экология дорожно-транспортного комплекса: учеб. пособие для студентов вузов / А. В. Бусел [и др.] ; под ред. Е. В. Кашевской. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2004. – 330 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 07.07.2008

S. D. Haliuzhyn, O. M. Lobikova
Biosphere and Space

It has been shown that the formation of the biosphere of the Earth happened and happens at continuous action of the Space. The problem of interaction of the Earth with comets and asteroids has been analyzed. It has been mentioned that nowadays the humanity doesn't have an efficient system of protection of our planet against blows astronomic bodies.