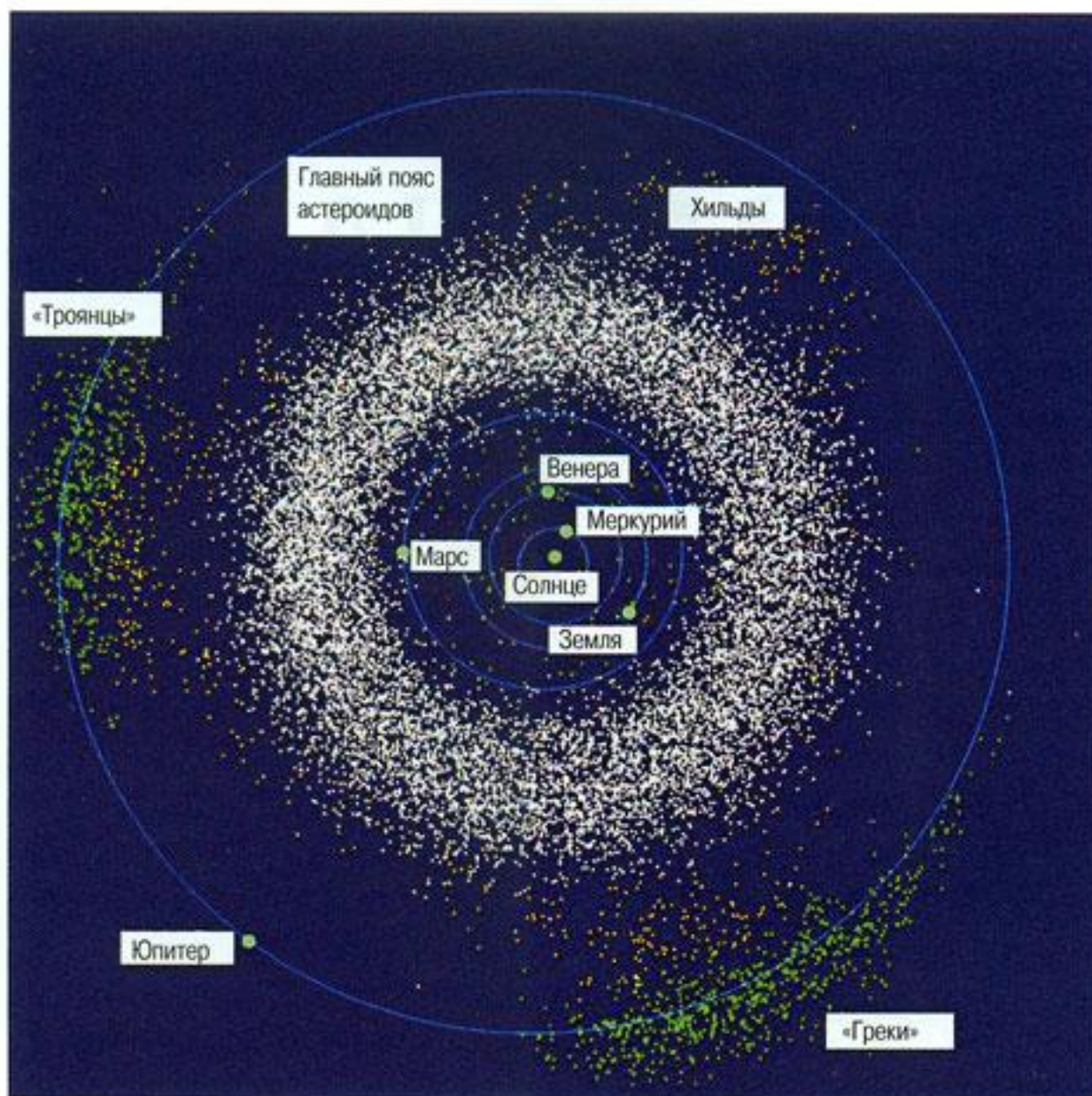


АСТЕРОИДНО-КОМЕТНАЯ ОПАСНОСТЬ



Академик Лев ЗЕЛЕНЬИЙ, директор Института
космических исследований РАН,
Виктор ЕСИН, генерал-полковник в отставке,
бывший начальник Главного штаба Ракетных войск
стратегического назначения,
профессор факультета мировой политики МГУ им. М.В. Ломоносова,
академик Андрей КОКОШИН,
декан факультета мировой политики МГУ им. М.В. Ломоносова

Взрыв крупного метеорита (по оценкам специалистов, его масса могла составлять 7–10 тыс. т) в небе над Челябинской областью 15 февраля 2013 г. еще раз наглядно продемонстрировал: астероидно-кометная опасность реально угрожает нашей планете. Тогда было отмечено около тысячи пострадавших и раненых. А если на Землю упадет более крупный естественный космический объект, то последствия будут куда более разрушительными, особенно если это произойдет в черте города. В некоторых случаях подобные события могут нести, как отмечают многие ученые, угрозу существованию всего человечества.



Главный пояс астероидов (белый цвет) и троянские астероиды Юпитера (зеленый цвет).

За последние 20–25 лет совокупные научные знания международного сообщества об астероидах и кометах благодаря активным наземным и космическим исследованиям значительно расширились. Это привело многих специалистов к заключению: опасность встретиться с одним из таких тел действительно существует, и по мере роста знаний об астероидах и кометах она выглядит все более реальной.

Между тем очевидно: накопленных знаний и технологий явно недостаточно, чтобы адекватно оценить масштабы угрозы, сравнить ее с другими глобальными опасностями человечеству и реагировать соответственно. Значительно больше данных требуется для своевременного обнаружения сравнительно небольших естественных космических объектов и выдачи соответствующего предупреждения.

Существует большой класс астероидов, малых тел Солнечной системы, которые пересекают орбиту Земли и/или сближаются с ней. Потенциально они при определенных условиях могут столкнуться с нашей планетой и нанести серьезный ущерб. Впрочем, следует подчеркнуть, что речь идет только о возможности столкновения. Как правило, эти тела находятся на стационарных орбитах, и прогноз их движения не дает случаев столкновения с Землей. Но среди астероидов этого класса есть и такие, которые могут сближаться с ней на расстояние порядка нескольких радиусов орбиты Луны и даже ближе. При этом из-за гравитационного взаимодействия с Землей и/или Луной орбита астероида может несколько измениться и соответственно изменится вероятность столкновения, что уже сложно предсказывать.

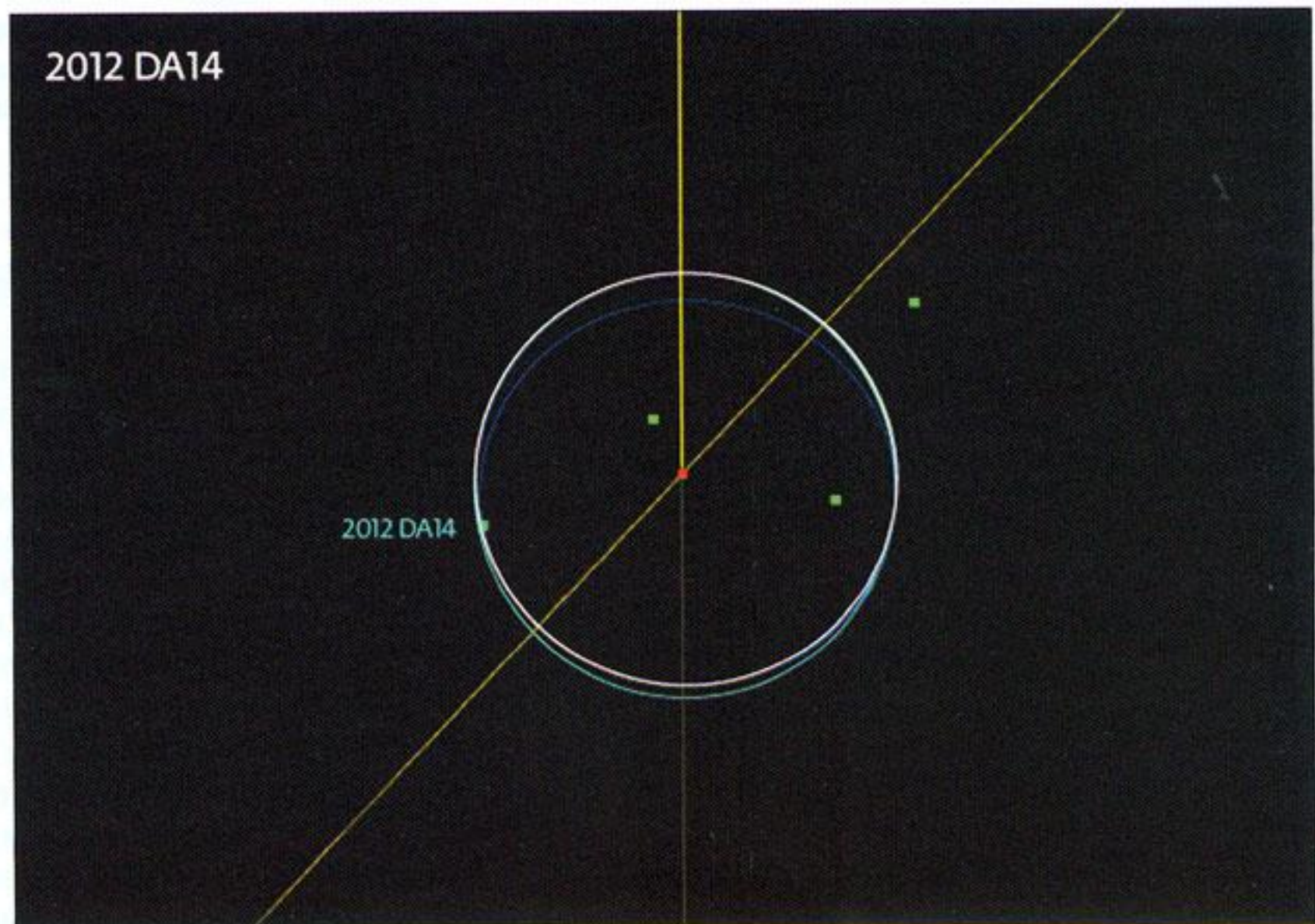
Важная характеристика, определяющая ущерб при столкновении, — размер тела. Оценки показывают: самый малый астероид, представляющий глобальную опасность, имеет диаметр порядка 50–100 м.

Энергия, выделяемая при столкновении тела такого размера, сравнима с энергией мощной термоядерной бомбы. Частота падения подобных относительно малых объектов составляет один раз в несколько сотен и десятков тысяч лет (в зависимости от размера). Разрушения, представляющие опасность для всего человечества, несут астероиды размером свыше нескольких сотен метров — около километра. Частота таких событий — раз в несколько сотен тысяч лет. А гибель цивилизации может произойти при столкновении с Землей тела размером порядка 10 км. Но такие события, к счастью, сейчас очень маловероятны — угрожающих нашей планете за миллиарды лет, прошедших после ее образования, таких астероидов на орбитах остается все меньше.

В настоящее время есть несколько зарубежных программ обнаружения астероидов, сближающихся с Землей, с использованием данных наземных и космических обсерваторий (систематически должны наблюдения стали проводить с середины 1990-х годов). На данный момент зарегистрировано около 10 тыс. объектов, относящихся к классу тел, сближающихся с Землей (<http://neo.jpl.nasa.gov/stats/>). При этом, как показывает статистика обнаружения, число астероидов с размерами более километра около 900 и в последние годы оно увеличивается слабо, приближаясь к насыщению. Близко к насыщению и число вновь открываемых астероидов размером 300 м — 1 км, оно составляет порядка 3000. Основная трудность заключается в обнаружении относительно малых астероидов размером в несколько десятков метров из-за того, что их сложно наблюдать современными оптическими средствами. Например, пролетевший 15 февраля 2013 г. астероид 2012 DA14 (диаметр около 40 м) был открыт всего за год до этого (23 февраля 2012 г.). Сейчас каталогизировано порядка 3 тыс. таких тел. Очевидно, с развитием наблюдательных средств их число значительно увеличится. Общее число декаметровых астероидов оценивается порядка 100 тыс.

Особое внимание с точки зрения угрозы для Земли представляет открытый в 2004 г. астероид Апофис (2004-MN4). Его орбита находится внутри земной орбиты, однако в районе перигелия Земли он может сближаться с нашей планетой на критическое расстояние. Расчеты показывают: в 2029 г. Апофис подойдет к Земле на расстояние порядка 37–38 тыс. км (от центра планеты), т.е. в районе орбит геостационарных спутников. После проведенных радарных наблюдений возможность столкновения Апофиса с Землей в 2029 г. исключена, хотя из-за неточности начальных данных существует ничтожная ($\sim 10^{-5}$ – 10^{-6}) вероятность столкновения данного объекта с нашей планетой в 2036 г. и еще меньшая — в последующие годы. Последние сведения об астероиде Апофис получены при помощи космической обсерватории «Гершель» (Европейское космическое агентство), его размер — 325 ± 15 м. Оценки энергетики столкновения астероида с Землей составляют порядка 500 мегатонн в тротиловом экви-

Орбита астероида 2012 DA14
(данные Лаборатории реактивного движения NASA)
на 16 февраля 2013 г.
Синим (до сближения), голубым (после) выделена орбита астероида, белым — орбита Земли.
Зеленые квадратики — планеты земной группы.
Система — гелиоцентрическая (центр — Солнце).

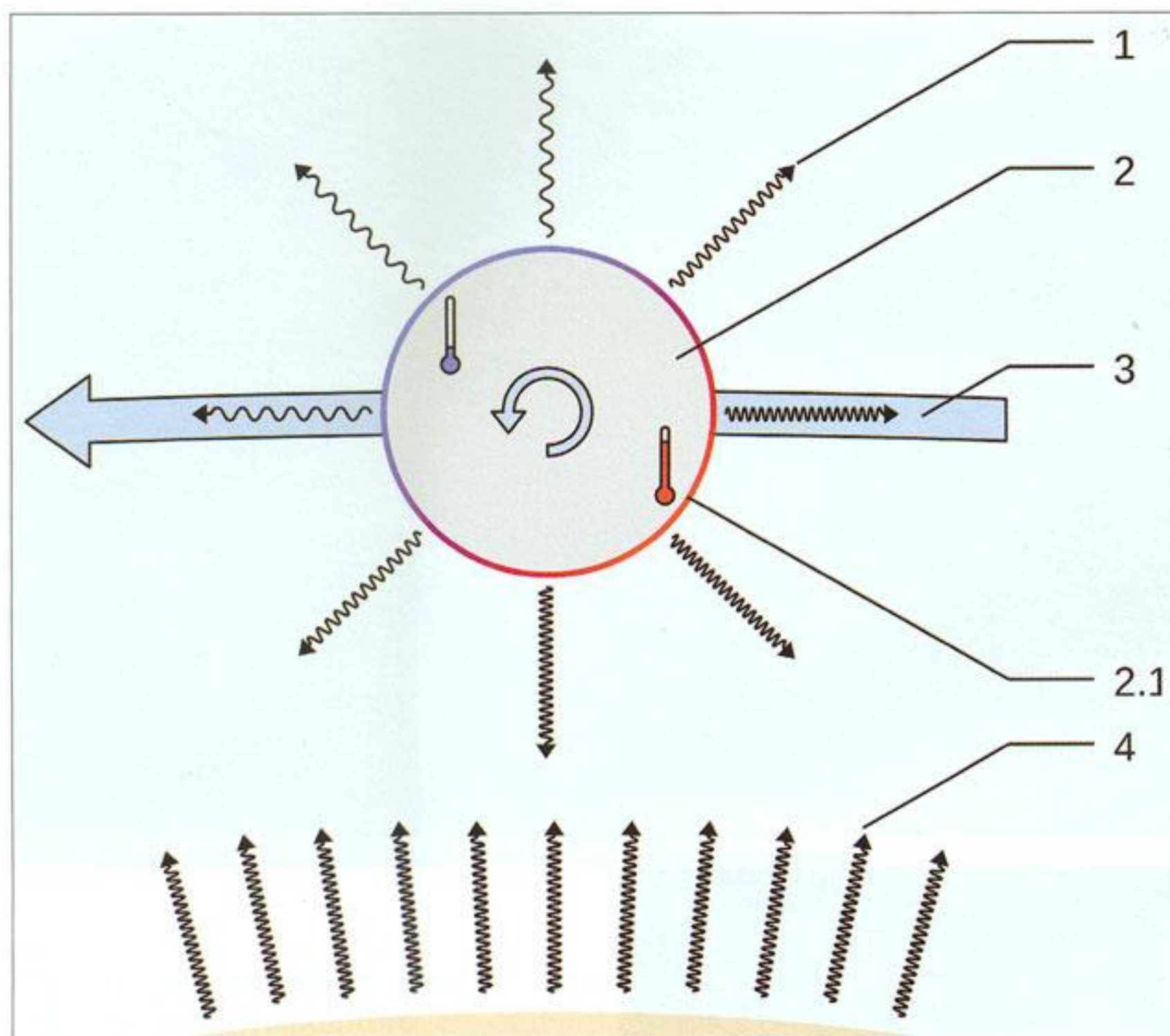


Астероид Апофис (2004-MN4), открытый в 2004 г.

валенте. Для сравнения: энерговыделение при падении Тунгусского метеорита оценивается в несколько десятков мегатонн (10–40). Воздействие на Землю, конечно, зависит от места и угла падения астероида, а также от его состава и структуры. В любом случае взрыв причинил бы огромные разрушения на территории площадью в тысячи квадратных километров, но, видимо, не создал бы долгосрочных глобальных эффектов, подобных «астероидной зиме».

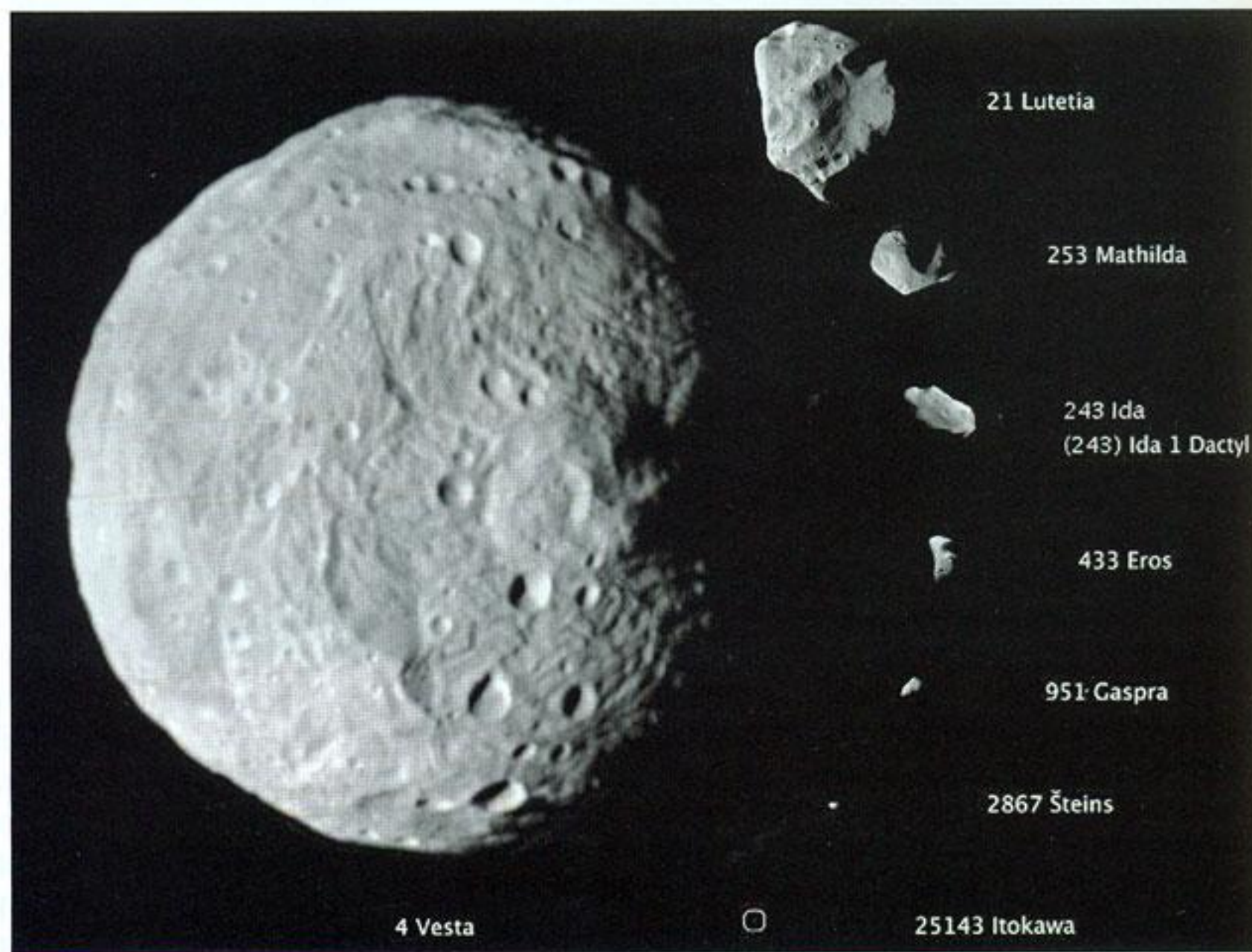
Очевидно, однако, что, кроме наблюдений за движением, необходимы исследования физических свойств (массы, плотности, состава) и структуры потенциально опасных астероидов, которые также могут влиять на изменение орбиты. Эти исследования важны од-

новременно и с прикладной (защита от астероидов), и с фундаментальной точек зрения. Дело в том, что малые тела Солнечной системы, такие как астероиды, кометы, ввиду того, что на них не происходила эндогенная активность, представляют собой первородный «строительный» материал, из которого сформировались планеты и их спутники. Поэтому изучение физико-химических свойств малых тел поможет открыть тайну формирования и эволюции планетной семьи. Например, ответить на вопросы, почему Венера, Земля и Марс, так похожие друг на друга изначально, развиваются столь различно, и какова в будущем судьба Земли — станет ли она похожа на раскаленную Венеру со сверхплотной атмосферой или холодный Марс



Эффект Ярковского:
 1 – тепловое излучение астероида;
 2 – вращение астероида;
 2.1 – поверхность, освещаемая днем;
 3 – орбита астероида;
 4 – тепловое излучение Солнца.

Составное изображение (в масштабе) астероидов, снятых в высоком разрешении. На 2011 г. это были (от большего к меньшему): (4) Веста, (21) Лютеция, (253) Матильда, (243) Ида и его луна Дактиль, (433) Эрос, (951) Гаспра, (2867) Штейнс, (25143) Итокава.



с чрезвычайно слабой атмосферой? Занимаясь этими вопросами, фундаментальная наука в конечном счете также ищет пути безопасного развития Земли.

Сейчас в нашей стране проводятся работы по формированию экспедиции космического аппарата для исследований околоземного астероида. Основной его целью будет прецизионное определение параметров

орбиты последнего. Для чего планируется доставка на его поверхность радиомаяка, позволяющего длительное время (порядка десяти лет) определять параметры орбиты астероида и их возмущения. Другой важной целью станет изучение физико-химических характеристик этого небесного тела. Результаты такой экспедиции помогут прогнозировать сроки возможного

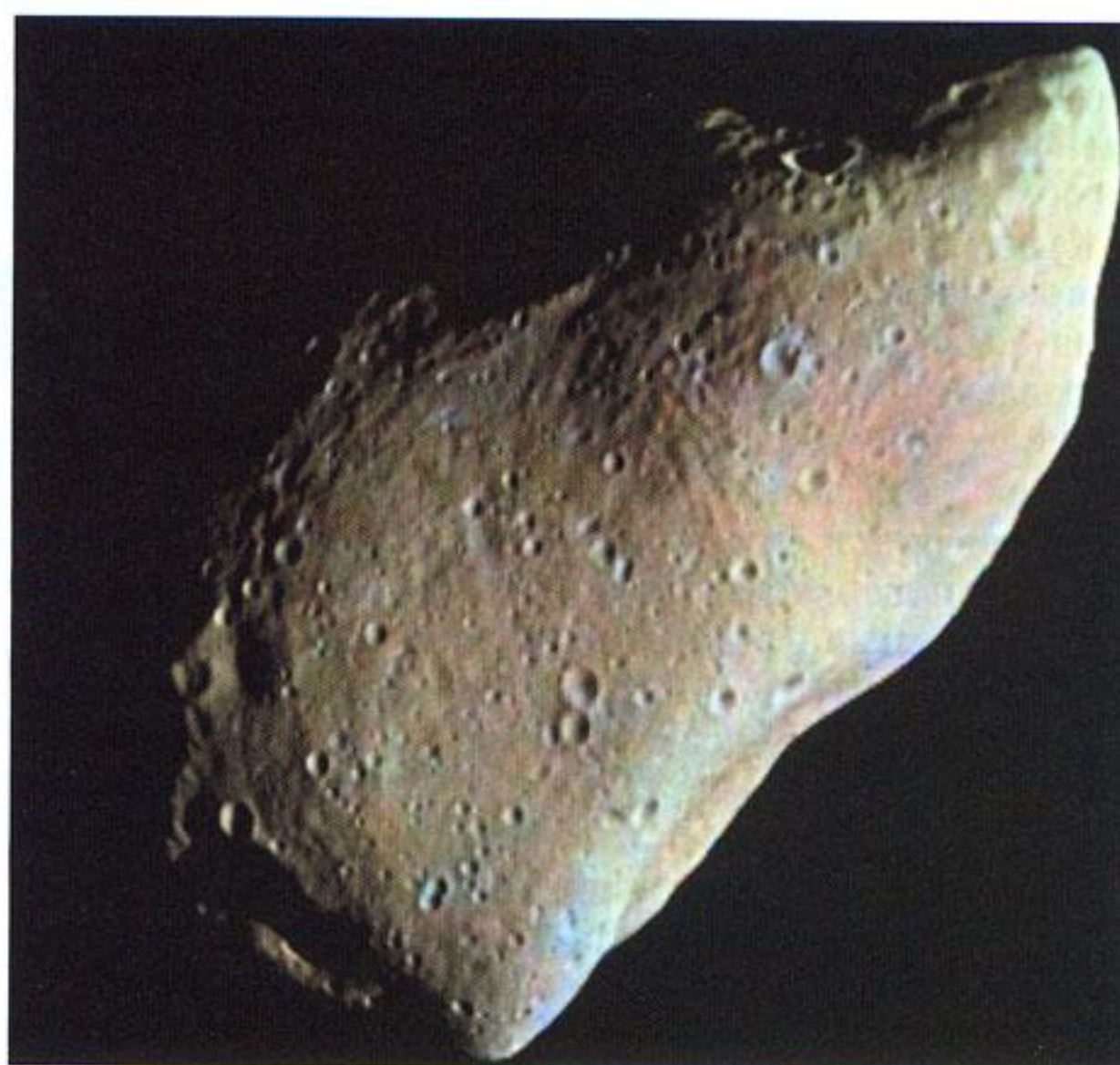
Одно из первых изображений астероида (951) Гаспра, полученных с космического аппарата. Передано зондом «Галилео» (NASA) в 1991 г. (цвета усилены).

столкновения астероида с Землей и разработать меры его предотвращения.

В зависимости от параметров орбиты, характеристик и свойств малого тела можно попытаться активно воздействовать на него, что заставит его изменить траекторию движения. Среди средств активного воздействия на астероид могут рассматриваться удар массивного тела по нему, либо длительное воздействие слабой силы, скажем, двигателя малой тяги космического аппарата, находящегося на поверхности астероида. В последнее время появилась идея использовать эффект Ярковского. Он заключается в том, что при вращении астероида появляется слабый реактивный импульс за счет теплового излучения от нагревшейся днем и остывшей ночью поверхности астероида. Это придает ему дополнительное ускорение, что постепенно изменяет параметры его орбиты. Величина и направление реактивного импульса зависят от скорости вращения, строения и физических параметров поверхности. Увеличение естественной реактивной силы могло бы произойти, если изменить поверхностные температуры угрожающего Земле астероида так, чтобы через десятилетия его орбита сместилась подальше от нашей планеты. Предложены методы изменения свойств поверхности астероида, однако сейчас они все еще кажутся фантастическими.

Интересно, что существует, по крайней мере, еще один перспективный аспект исследований астероидов, тоже связанный с безопасностью цивилизации, — использование ресурсов этих тел. Например, уже упоминавшийся астероид 2012 DA14, его масса составляет около 130 тыс. т, содержит 5% доступной для добычи воды, которую можно использовать при создании ракетного топлива для межпланетных космических аппаратов. Если же предположить, что 10% его массы составляют железо, никель и другие металлы (обычный состав для астероидов), то можно рассматривать малые тела уже как дополнительный источник полезных ресурсов, которые будут добывать вне Земли. Недавно американская компания Deep Space Industries (DSI) оценила стоимость ресурсов этого астероида в 195 млрд дол., не преминув заметить: добыча полезных ископаемых на нем пока экономически нецелесообразна.

Ввиду важности темы астероидно-кометной опасности настало время, чтобы проблемой планетарной защиты занялись не только ученые, но и политики, государственные руководители. Необходимы консолидированные усилия международного сообщества на основе решений, прежде всего ведущих государств мира, обладающих соответствующими научными знаниями и технологиями. Такие технологии есть в России, США, Китае, в странах Евросоюза, отчасти в Индии. Но потребуются очень масштабные усилия: научные, технические, организационно-управленческие — и затраты ресурсов будут огромными.



Это весьма важная тема для ее рассмотрения Россией и другими государствами и в двустороннем, и в многостороннем формате, включая все государства-члены ООН, ибо астероидно-кометная опасность является серьезнейшим фактором риска для земной цивилизации. Но инициативу на себя должны взять те страны, которые по праву наделены статусом постоянного члена Совета Безопасности ООН. Для этого можно было бы в рамках Комитета ООН по космосу создать специальный подкомитет: он будет координировать усилия государств-членов Совета Безопасности ООН и других держав, входящих в эту ведущую международную организацию, в создании системы планетарной защиты.

Этот подкомитет должен прежде всего создать единый международный центр мониторинга и реагирования на природные угрозы из космоса.

В настоящее время имеющиеся у ряда стран средства обнаружения, не говоря уже о средствах перехвата, нацелены на выполнение других задач. По-видимому, переориентировать их на задачи, связанные с угрозой человечеству из космоса, очень сложно. Скорее всего, речь должна идти о создании новой системы обнаружения, которая должна носить глобальный характер. Для этого могут быть использованы многие из уже имеющихся технологий, применяемые как в гражданском исследовании космоса, так и в военных целях — для задач, связанных с контролем космического пространства и противоракетной обороной (ПРО).

Специалисты отмечают: значительную роль в этом должны играть космические средства обнаружения, в частности, находящиеся на геостационарной орбите, работающие по всем тем азимутам, по которым может появиться грозящий падением на Землю астероид. Ученым и политикам следовало бы уже сейчас приступить к отработке соответствующего аванпроекта. Определенные заделы в нашей стране имеются, но

они должны быть проинтегрированы, скомплексированы, обеспечены соответствующим финансированием и государственным органом управления достаточно высокого уровня.

Крайне важно иметь адекватную систему слежения за космической обстановкой, обработки информации, а на более позднем этапе — и систему оперативного управления средствами космического перехвата с задачей указания цели.

Задача создания эффективных средств перехвата представляется еще сложнее, чем обнаружения, слежения, оповещения. По многим параметрам она и более трудоемкая, чем создание сколько-нибудь эффективных систем ПРО. Речь должна идти, по-видимому, о нескольких эшелонах перехвата, включая их на дальних подступах к Земле и непосредственно вблизи от ее поверхности.

В настоящее время, видимо, наиболее реалистично выглядит система перехвата естественных космических объектов, основанная на ядерных технологиях. Безусловно, в дальнейшем могут быть созданы и другие, неядерные методы, но это дело отдаленного будущего.

Впрочем, и возможности использования термоядерных боезарядов в открытом космосе должны оцениваться достаточно реалистично. Ведь любой ядерный взрыв обладает такими поражающими факторами, как ударная волна, световое излучение (или тепловое воздействие), проникающая радиация, электромагнитный импульс и радиоактивное заражение местности. В условиях отсутствия атмосферы «не работает» такой важный поражающий фактор ядерного взрыва, как ударная волна, а проникающая радиация, электромагнитный импульс и радиоактивное заражение не способны сколько-нибудь значительно воздействовать на астероид или ядро кометы. Это может привести к «вымыванию» больших объемов вещества с их поверхности, что создаст реактивный эффект, изменяющий их орбиту. Но для этого требуется очень высокая точность при перехвате (необходимо попасть непосредственно в тело астероида или ядро кометы).

Если говорить о ракетах-перехватчиках наземного базирования, то это должны быть мощные средства, подобные носителю «Сатурн-5», созданному в США для реализации лунной программы, или советской ракете Н-1, которая разрабатывалась для этих же целей. Следует рассмотреть варианты и космических платформ для ракет-перехватчиков как пилотируемых, так и работающих в автоматическом режиме. Массогабаритные их характеристики были бы значительно меньшими, чем для средств перехвата наземного базирования. Однако при этом, конечно, потребуются большие затраты для создания таких платформ, на их вывод на соответствующие орбиты с ракетами-перехватчиками на борту.

Среди средств воздействия, способных изменить орбиты астероидов и комет, немаловажную роль призваны играть термоядерные заряды большой мощности — ими могут оснащаться ракеты-перехватчики наземного базирования. А для решения задач по уничтожению метеороидов и астероидов на подлете к Земле может быть использован опыт нашей страны в создании специализированных ядерных зарядов, которыми

оснащены противоракеты системы ПРО А-135, развернутой в Московском регионе. Такого опыта нет ни у кого в мире, включая США.

Здесь уместно напомнить, что одним из главных разработчиков сверхмощного термоядерного заряда, взорванного в свое время на полигоне Новая Земля, был выдающийся ученый академик Юрий Трутнев, и ныне плодотворно работающий в ядерном центре в Сарове.

Несмотря на то, что создание и поддержка системы планетарной защиты ставит перед человечеством множество весьма неординарных научно-технических, организационных, политических, юридических и других проблем, возможности для их решения следует искать. Представляется, что обеспечение безопасности нашей планеты следует рассматривать как своеобразный тест для человечества на его способность сохранить условия для процветания земной цивилизации на сотни миллионов лет...

В заключение стоит вспомнить, что столкновения с астероидами и кометами, которые сегодня мы называем не иначе, как угрозой людям, представляют собой неотъемлемый элемент жизни и нашей планеты, и всей Солнечной системы. Планеты, включая Землю, сформировались миллиарды лет назад за счет столкновений мелких фрагментов протозвезд. Кометы, скорее всего, принесли на Землю всю ту воду, которая наполняет сейчас моря и океаны. Не случайно одна из наиболее популярных теорий происхождения жизни на Земле связывает занос «спор жизни» на планету именно с кометами. И наконец, столкновение гигантского астероида с Землей около 65 млн лет назад привело к исчезновению динозавров и выходу на авансцену истории мелких млекопитающих, включая предков человека — того самого, который сегодня задумался о том, как избежать астероидно-кометной опасности.

И совсем простое замечание напоследок. На уроках гражданской обороны, которые в середине XX в. каждый советский школьник обязан был посещать, учили очень полезным вещам. На уроке о поражающих факторах ядерного взрыва главным было правило: увидев яркую вспышку, ты должен немедленно накрыться простыней, лечь на пол и отползти как можно дальше от окна.

В Челябинске у раненных осколками стекол была целая минута, чтобы выполнить эти немудреные действия. Увы, уроки советской школы давно забыты старшим поколением, а в современном школьном курсе о таких непolitкорректных вещах, как ядерный удар вероятного противника, кажется, вообще не говорится. Так что возобладало естественное человеческое любопытство, и все прильнули к окнам, любясь уникальным природным спектаклем. Впрочем, будем справедливы: речь идет не только о том, чтобы знать о последствиях ядерного взрыва, но и о том, чтобы соотнести эти знания с похожим природным явлением — падением небесного тела. Видимо, самое время ввести в школьный курс новую главу — «Что делать, если вы видите пролет метеорита?». Предупрежден — значит вооружен.