

Спутник *Meteosat-10* со своей геостационарной орбиты застал взорвавшийся над Челябинском астероид в момент входа в атмосферу

Фото Eumetsat

12 марта 2013 года в Совете Федерации Федерального собрания РФ прошел круглый стол «Космические риски и угрозы: как обеспечить планетарную защиту», на котором присутствовал наш специальный корреспондент **С.М. Комаров**. Сразу отметим, что это мероприятие было запланировано задолго до челябинского события. Ученые, чиновники, связанные с космосом, и политики обменялись мнениями по поводу трех факторов, угрожающих цивилизации из космоса: падение крупного космического тела, космический мусор и катастрофические вспышки на Солнце. Согласно общему мнению, в настоящий момент человечество не способно бороться ни с одной из этих угроз, однако имеющийся технологический уровень вполне позволяет подготовиться к их отражению. Как сказано в рекомендациях круглого стола, международному сообществу следует принять согласованные меры по организации обнаружения, слежения за опасными объектами и их уничтожения. Меры должны регулироваться международными договорами, чтобы не создавать угрозу отработки технологий военного назначения под видом борьбы с угрозой космической.

Международное сотрудничество в этой области уже существует, однако в настоящее время вклад нашей страны невелик. Поэтому для выхода на современный уровень, что стало бы залогом полноценного участия России в международном сотрудничестве, необходимо продолжить фундаментальные исследования в области космической безопасности и осуществить технологические проекты в этой области. То и другое следует включить в Государственную программу «Космическая деятельность России на 2012—2020 годы»,

# Предотвращая космические угрозы



СОБЫТИЕ

а также учесть при составлении «Основ политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу».

О том, какие виды работ могут быть включены в эти программы, можно судить по документам Экспертной рабочей группы по космическим угрозам, созданной в 2007 году при Совете Российской академии наук по космосу и реорганизованной в 2011 году, после чего в ее поле зрения оказался еще и космический мусор. Ее возглавляет директор Института астрономии РАН, член-корреспондент РАН Б.М. Шустов. В частности, группа подготовила концепцию федеральной целевой программы по отражению космических угроз. Что же предлагают ученые для защиты, в частности, от астероидов и комет?

По их мнению, прежде всего нужно гарантировать, что мы увидим опасный объект. Поэтому необходимо развернуть на нашей территории сеть телескопов для наблюдений за такими объектами, а также организовать автоматизированную обработку поступающих от телескопов данных. Астероиды и кометы движутся с огромной скоростью, поэтому телескопы должны обладать большим углом зрения. Сейчас в распоряжении наших астрономов подобных телескопов нет. Размещать их предполагается в трех-четыре пункта по всей территории в местах с прозрачной атмосферой, скорее всего, на Северном Кавказе, Южном Урале и на Дальнем Востоке. Такая уникальная, протяженная в широтном направлении единая сеть наблюдений будет мощным инструментом слежения за космическим пространством.

Кроме того, требуется создать и постоянно поддерживать отечественную базу потенциально опасных небесных тел. Необходимо выполнить отдельную работу по изучению комет и прогнозированию их движений. База данных о прошлых ударах космических тел тоже не забыта – ее следует пополнять и поддерживать. С помощью уже имеющихся радиотелескопов, например в Евпатории и Уссурийске, следует

проводить систематическую радиолокацию приближающихся к Земле объектов, чтобы точно устанавливать их траектории. Поскольку всем очевидно, что без выведения телескопов в космос проблему не решить, надо определить точки для их размещения и разработать конструкции соответствующих приборов. В идеале должна быть создана роботизированная система оповещения о предстоящем падении опасного небесного тела.

Отражение космической угрозы предполагает знание свойств материала, из которого состоит объект. Чтобы их установить, надо разработать типовой космический аппарат, способный совершать посадку на такие объекты, проводить исследования на месте, собирать образцы и доставлять их на Землю. Понятно, что недостаточно такой аппарат разработать, его нужно применять на практике, причем не один раз, а для этого следует составить список интересных объектов и организовать к ним экспедиции. Зная свойства материала, можно осмысленно готовить средства воздействия. Сначала их надо опробовать на математических моделях, а затем провести контактные эксперименты.

Обширное поле деятельности представляет собой открытый в 2004 году астероид Апофис диаметром 120—350 м, который должен в 2029 году пролететь примерно на уровне геостационарной орбиты, а в 2036-м имеет два шанса из ста тысяч столкнуться с Землей. Нужно воспользоваться моментом сближения и провести комплексные исследования, включая посадку спускаемого аппарата. А математики должны рассчитать, какими методами Апофис можно перевести на орбиту вокруг Земли. Наверное, это задумано не без задней мысли — создать более прочную основу для дальнейшего продвижения в космос, чем палуба орбитальной космической станции.





Художник В. Мисюк

# Звезда Чебаркуля

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М. Комаров**

*Если хочешь завалить дело – создай  
рабочую комиссию.  
Следствие из закона Мэрфи*

## Челябинское событие и социум

Взрыв космического гостя, выбивший стекла в Челябинске, показал всем то, что специалисты знают уже много лет: астероидно-кометная опасность реальна. Более того, по мере увеличения плотности населения космические бомбардировки будут приводить ко все более серьезному ущербу. Это же событие развенчало и многие мифы, которые вольно или невольно были созданы специалистами за два десятка лет.

Почему именно двадцать лет? Потому что примерно столько насчитывает история научного подхода к проблеме астероидно-кометной опасности. Так, главная программа наблюдения за потенциально опасными космическими объектами — аме-

риканский Обзор космической охраны (Spaceguard Survey) стартовала в 1998 году. Поначалу его целью было составить каталог 90% опасных объектов диаметром более одного километра. Впоследствии задача расширилась: к 2020 году составить каталог 90% сближающихся объектов диаметром более 140 метров. Свою лепту в ускорение поисков мелких космических тел, пролетающих рядом с Землей, внесла и цифровая революция, которая позволила автоматизировать процесс обнаружения и снабдила армию астрономов-любителей мощным средством наблюдения. В результате частота выявления таких тел резко выросла, а поскольку современная наука сильно зависит от общественного мнения, в новостях стало больше сообщений о них.

Видимо, для успокоения публики и были придуманы мифы о том, что астероиды если и подлетают к Земле на расстоянии, меньшее орбиты Луны, то редко; что объекты диаметром в десять — двадцать метров уж точно не опасны, поскольку сгорают в атмосфере; что реально опасные объекты диаметром в километр все пересчитаны и внезапно к Земле подлететь не смогут, а если и станут представлять опасность, то с ними разберутся, поскольку технологии в общем-то

имеются. Кроме того, публика возлагает надежды на систему противоракетной обороны: мол, опасные объекты размером с ракету эта система должна фиксировать и по крайней мере предостерегать население от опрометчивых поступков вроде наблюдения через стекло за взрывом в атмосфере.

Все это не так. Противоракетная оборона не предназначена для наблюдения объекта, быстро летящего на большой высоте по необычной (для ракеты) траектории. Опасные объекты сериями по несколько штук летают между Землей и Луной. Взрыв объекта диаметром всего в семнадцать метров на высоте в два десятка километров оказался опасным, с сотнями пострадавших, а если бы он взорвался ниже, случилась бы катастрофа. Трезвый анализ угроз от перемещающихся в Солнечной системе объектов показывает, что такие объекты следует делить на четыре класса и для каждого требуется свой арсенал методов, которых в настоящее время нет.

## Звезда Полюнь

Первый, самый опасный класс — это кометы. Их можно разделить на два типа. Первый — кометы Солнечной системы. С ними связано немало загадок, и главная — их происхождение. Считается, что резервуаром хвостатых звезд служит облако Оорта — скопление космических объектов на границе Солнечной системы, которое, впрочем, никто пока не наблюдал. Время от времени тот или иной объект из этого облака теряет устойчивость своей «облачной» орбиты и начинает двигаться по эллипсу, приближаясь к Солнцу и пересекая по дороге орбиты планет, что чревато столкновением. Есть мнение, что раньше, в процессе формирования планет, бомбардировка кометами была частой, сейчас такие события редкость.

Так называемые короткопериодические, то есть с периодом обращения в десятки лет и менее, кометы наблюдать довольно легко, поскольку при приближении к Солнцу они дают яркий хвост, тянущийся порой на миллионы километров. Заметив комету, можно рассчитать ее орбиту и определить степень опасности. Точность такого расчета оказывается хуже, чем для астероида, — комета под действием Солнца теряет вещество, и его потоки работают как реактивный двигатель, который придает незапланированные импульсы и корректирует орбиту в пределах десятков тысяч километров. Свой вклад вносит и ловец комет Юпитер: пролетев мимо него, комета изменит свою орбиту, а как именно — рассчитать тоже нелегко.

Американский обзор неба выявил по состоянию на март 2013 года 93 кометы, сближающиеся на расстояние в 0,5 астрономической единицы (а. е. — среднее расстояние от Земли до Солнца). По этому критерию объекты причисляют к категории «сближающихся с Землей». В следующую категорию — «потенциально опасных», то есть подлетающих к Земле на 0,05 а. е., или 22 радиуса орбиты Луны, ни одной кометы не попало.

Однако наши знания о кометах принципиально неполны. Во-первых, существуют мертвые кометы, из которых все, что могло испариться, уже испарилось. Яркость таких объектов мала, хвосты за ними не образуются, поэтому обнаруживать их на большом расстоянии трудно, а размер у них вполне кометный — от 0,5 до 25 км в диаметре. Другая проблема — долгопериодические кометы, то есть такие, которые приближаются к Солнцу раз в несколько веков или реже. Заранее предсказать встречу с такой кометой нельзя в принципе, а обнаруживают ее за считанные месяцы до пролета мимо Солнца. Например, недавняя «пасхальная» комета C2011L4 (период обращения 100 тысяч лет), которая весь март 2013 года украшала ночное небо на широте Новосибирска, была впервые замечена в июне 2011 года. Знаменитую комету Шумейкерв — Леви, на наших глазах бомбардировавшую Юпитер в июле 1994 года, обнаружили в марте 1993 года. Комету, попавшую в Юпитер в



2009 году, и вовсе никто не заметил, наблюдали только след от падения. Комету C/2013 A1, которая в 20-х числах октября 2014 года с вероятностью 1:600 попадет в Марс, заметили в обсерватории Сайдинг-Спринг в январе 2013 года. При обнаружении такой кометы, метящей в Землю, времени для принятия мер почти не остается, тем более что ее относительная скорость может оказаться огромной; так, упомянутая комета встретится с Марсом на скорости 56 км/с, поскольку летит ему навстречу. Это в разы больше, чем скорости, которые развивают имеющиеся у нас средства доставки ядерных зарядов, отсюда серьезные проблемы с наведением. Опыт попадания в кометы у людей имеется — американцы в 2005 году успешно попали медной болванкой в комету Темпеля, но эту экспедицию готовили несколько лет, тщательно выбирая объект для атаки. Экспедиция Европейского космического агентства «Розетта» и вовсе отложила старт из-за неготовности ракеты и была вынуждена отправиться в полет совсем к другой комете (она достигнет ее через десять лет после старта, в 2014 году). Очевидно, что опасная комета едва ли будет двигаться по удобной для нас траектории и в удобное время.

Еще хуже дело обстоит с так называемыми галактическими кометами, которые не принадлежат ни к одной звездной системе. Расчеты показывают, что при многократном пересечении орбит таких комет Солнечной системой последняя работает гравитационной линзой, раз за разом концентрируя их поток. Скорость галактических комет огромна — 200 км/с, поэтому заметить такой объект современными приборами практически невозможно. Также невозможно предпринять какие-то действия по отклонению объекта от ударной траектории — маневрировать на таких скоростях наши ракеты не умеют, да и разогнаться до них тоже. В лучшем случае в подобную комету удастся попасть несколькими ядерными зарядами и попытаться ее раздробить на границе атмосферы. Впрочем, многие астрономы отвергают идеи и существования галактических комет, и частых встреч Земли с ними.

Статистика падений комет на поверхность Земли так же темна, как и их происхождение. Наиболее «катастрофическим» представляется мнение, что интенсивность кометной бомбардировки периодически меняется и в максимуме частота падений составляет одна комета в две тысячи лет. Видимо, мы живем в спокойное время, поскольку последнее гипотетическое падение кометы, вокруг которого идут ожесточенные споры, если и случилось, то 12 тысяч лет назад, вызвав оледенение позднего дриаса (см. «Химия и жизнь», 2010, № 11). Однако можно встать на точку зрения, согласно которой по крайней мере некоторые из многократных оледенений последнего миллиона лет были вызваны кометными бомбардировками. Тогда датой последнего события окажется 1311 год — начало Малого ледникового периода. С этой позиции кометные бомбардировки невозможно считать экзотическими событиями, не имеющими для нас практического значения.

С развитием научных представлений об астероидно-кометной опасности доказательство или опровержение гипотезы о комете позднего дриаса становится насущной задачей, так же, как и выявление свидетельств о падении комет в современ-



ную нам эпоху голоцена. Необходимо углубиться, насколько удастся, в предшествовавший ему плейстоцен, чтобы найти ответ на вопрос о частоте таких событий. Для этого нужно тщательно изучить распределение ударных частиц по высоте кернов льдов из Антарктиды (для событий Южного полушария) и Гренландии (для событий Северного полушария), как это сделали для доказательства кометы позднего дриаса.

Поскольку ядро кометы, состоящее из смеси камней и воды с добавками углеводородов, непрочное, оно с немалой вероятностью распадается в атмосфере и выпадает каменно-ледяным дождем. Это не значит, что такое событие не способно наделать бед на поверхности планеты. Даже просто от теплового взрыва быстролетящего километрового объекта получится мощная взрывная волна, однако может случиться и химический взрыв с участием разогретой воды и органики, содержащихся в теле кометы. При каком размере и скорости непрочная комета долетает до поверхности планеты и создает ударный кратер — пока что предмет дискуссий. Не исключено, что подробности этого процесса удастся увидеть в октябре 2014 года, если упомянутая комета не разминется с Марсом. Уровень подготовки к наблюдению такого события позволит публике проверить, способны ли специалисты и финансирующие органы организовать взаимодействие даже в таком простом случае. А заодно их способность принимать какие-либо экстренные меры при внезапном появлении опасного объекта такого класса.

## Камни большие

Источников камней, которые падают на Землю, несколько. Наиболее значимый из них — астероиды группы Аполлона. Их орбиты простираются от Юпитера до Венеры, хотя одни долетают до Солнца, а другие отлетают к Нептуну. Пересекая орбиты всех трех каменных планет, аполлоны время от времени в них попадают. Чебаркульский метеорит был как раз из этой группы. Следующая, гораздо меньшая группа — атоны; они пересекают орбиту Земли изнутри, то есть большую часть времени проводят между Землей и Солнцем. Две другие группы астероидов, амуры, расположенные снаружи орбиты Земли, и атиры, двигающиеся внутри нее, представляют меньшую опасность — чтобы возникла угроза столкновения, нужно дестабилизировать их орбиты.

Основной резервуар астероидов — Главный пояс между Марсом и Юпитером. Одно время была популярна точка зрения, что это обломки планеты Фаетон, разрушенной либо столкновением с каким-то телом, либо вследствие приливных сил, вызванных Юпитером. Однако недавно созданные компьютерные модели образования планетных систем показали, что пояса астероидов могут образовываться и сами по себе, представляя остатки материала, не использованного при формировании планет (см. «Химию и жизнь», 2012, № 5). Из-за многочисленности объектов столкновения в Главном поясе случаются чаще, после чего астероид может оказаться в группе аполлонов и стать опасным для Земли.

Второй источник камней — материал, выбитый при столкновении с Марсом или Луной. Третий источник — фрагменты комет, через орбиты которых проходит Земля. На своем пути кометы, будучи непрочными телами, оставляют шлейф мелких частиц, выпадающий на Землю дождями метеоров. Иногда такие дожди могут сопровождаться многотонными «градинами».

Камни, падающие с небес, принципиально можно разделить на два типа: большие и маленькие. Что есть критерий? По большому счету — легкость их обнаружения существующими телескопами: нынешние программы поиска опасных объектов ориентируются на объекты с минимальной светимостью в 22-ю звездную величину. Это примерно соответствует диаметру в 140 метров, хотя светимость сильно зависит от

материала, слагающего объект. До челябинского события такой выбор объясняли тем, что меньшие объекты сгорают в атмосфере нашей планеты и опасности для обитателей ее поверхности не представляют. Событие 15 февраля 2013 года поставило крест на этой точке зрения: атмосферного взрыва для катастрофы в густонаселенном месте оказалось вполне достаточно. Видимо, теперь придется передвинуть нижнюю планку опасности до диаметра 20 метров. Такие объекты уже никак нельзя назвать крупными.

Впрочем, можно считать большими объекты диаметром более километра, падение которых может привести к глобальной катастрофе. Как свидетельствует статистика открытия опасных объектов этого класса (ее ведет соответствующая группа НАСА, <http://neo.jpl.nasa.gov/stats>), задача, поставленная в 1998 году, выполнена. Пик находок пришелся на 2000 год — более 90 штук, потом это число стало уменьшаться и с 2008 года вышло на плато: примерно 10 новых объектов в год. Общее число километровых астероидов, сближающихся с Землей, сейчас составляет 861, из них потенциальную опасность представляют 154. Впрочем, ни с одним из них столкновение нам не грозит.

Километровый астероид — очень удобный объект. Его относительно легко наблюдать, к нему можно организовать экспедицию и даже посадить спускаемый аппарат (как это было сделано с астероидом Эросом), а потом забрать материал и вернуться на Землю (астероид Итокава). А значит, технически возможно доставить на него ядерный заряд, правильно его установить и разнести опасный объект на куски либо попытаться изменить его траекторию. Главное — располагать достаточным запасом времени для изготовления оборудования и для полета: считается, что взрывать надо на противоположной от Земли стороне орбиты астероида, а она может находиться далеко за Марсом, то есть лететь до нее несколько лет. С большой вероятностью все это мероприятие будет носить чисто тренировочный характер, потому что, как полагают некоторые астрономы, опасность от таких объектов нам грозить не может в принципе. Причина такова: все, что могло упасть, уже упало, а оставшаяся популяция тел Солнечной системы пришла в равновесие. Нарушать такое равновесие могут или некие сторонние силы, например изменение гравитационного поля вследствие пересечения Солнечной системой галактического экватора (что она делает с периодичностью 30—35 млн. лет), или столкновения между малыми телами пояса астероидов. Первые силы действуют на слишком больших масштабах времени, чтобы представлять реальную угрозу, что касается вторых, то от подобных столкновений страдают, как правило, мелкие тела, а чем астероид больше, тем стабильнее его орбита. Разве что какая-нибудь комета может столкнуться с астероидом с орбиты, но, чтобы это случилось, да еще в направлении Земли, требуется уникальное стечение обстоятельств. Близкое же прохождение рядом с массивной планетой, скорее всего, не подействует, поскольку в жизни способного на такие сближения астероида это случалось не раз, и если бы он мог, то давно бы с кем-нибудь столкнулся.

В пользу практически полной безопасности километровых астероидов свидетельствует и тот факт, что последний раз такой астероид на территории России падал очень давно — 36 млн. лет тому назад, образовав Попигайский кратер в Якутии (стокилометровый диаметр кратера соответствует диаметру астероида около 5 км). Самый свежий — Эльгыгтынский кратер на Колыме возрастом 3,5 млн. лет и диаметром 18 километров — до следа километрового объекта немного не дотянул, а вообще, вероятность столкновения с километровым объектом оценена в один раз на 600 тысяч лет. Меньшие астероиды падают чаще. Самый большой из кратеров возрастом менее тысячи лет — Амгид, диаметр 450 м — находится в Алжире. Падение объекта, который создал его, человечество успешно пережило.

## Камни малые

Мелкие небесные камни диаметром в десятки и сотни метров — вот что действительно опасно, потому что они падают не когда-то, а здесь и сейчас. Их орбиты значительно меняются при столкновениях небесных тел. Более того, наблюдения в рамках программы поиска опасных космических объектов уже создали новую картину мира, в соответствии с которой Земля не летит в условно пустом пространстве, а продирается через плотный поток мелких космических объектов. Простейший поиск по новостям показал, что за год совсем рядом с Землей (за критерий близости возьмем радиус орбиты Луны — 384 тысячи км) пролетело по меньшей мере десять объектов размером от 3 до 50 метров. Самый крупным, пролетевшим недавно мимо Земли, был 2005YU55 диаметром 70—220 м: 9 ноября 2011 года он прошел на расстоянии 325 тысяч км. Предыдущим, видимо, был полукилометровый 4581 Асклепий (1989FC), разминувшийся в марте 1989 года с Землей на шесть часов, заметили же его спустя восемь дней — программа поиска опасных объектов еще не работала. Вообще, о дате, когда тот или иной объект был замечен астрономом, свидетельствует цифровой индекс в названии. Как видно, пролетающие мимо объекты размером менее 100 метров открывают в лучшем случае за несколько месяцев до пролета (2012DA14 — за год, отчего за ним так и следили), а порой — за несколько дней. Или, подобно чебаркульскому метеориту, они становятся видимыми за минуты до взрыва в атмосфере.

Можно попытаться построить статистику падений астероидов. Так, есть оценка, что на квадратный километр поверхности Земли падает один метеорит в миллион лет. При площади поверхности в 504 млн. км<sup>2</sup> получается, что для этого ежегодно на планету должно падать 504 метеорита, но это явно много, если речь идет об объектах, способных достичь поверхности планеты. Другую оценку можно получить из расчета плотности потока. Так, если взять соотношение площадей кругов с радиусами Земли и орбиты Луны, то



РАССЛЕДОВАНИЕ

окажется, что вероятность попадания в Землю астероида, чей путь пролегает внутри лунной орбиты, равна  $2,7 \cdot 10^{-4}$ , то есть три объекта из десяти тысяч. Даже если взять зафиксированный СМИ в 2012—2013 годах явно неполный поток из десяти опасных объектов, то окажется, что в планету должно попадать чуть менее трех таких тел за тысячу лет. Однако в XX веке упало или взорвалось в атмосфере около 10 крупных объектов, то есть гораздо больше, чем три события за тысячелетие. Отсюда мораль: пока что астрономы наблюдают лишь малую долю объектов диаметром менее ста метров, пролетающих между Луной и Землей. О том же свидетельствует и статистика наблюдений. Число сближающихся с Землей объектов диаметром от 300 до 1000 метров в три с лишним раза превосходит число километровых объектов. Так и должно быть — чем меньше размер, тем больше объектов. Однако объектов размером от ста до трехсот метров меньше, не достигающих ста метров — еще меньше. Очевидно, что мелкие объекты современные приборы видят очень плохо. Это и неудивительно: они маленькие, светятся слабо. А летят чрезвычайно быстро: тот же чебаркульский метеорит за сутки покрывал расстояние в полтора-два миллиона километров! Его скорость была в два раза больше второй космической — той, которую космический корабль, запущенный с Земли, должен развить при помощи разгонных блоков для выхода на межпланетную орбиту (11,2 км/с). Без качественного

### Астероидная хроника с марта 2012 по март 2013 года

26 марта 2012 года астероиды 2012FP25 и 2012FS35 размерами около 10 и 3 метров прошли на расстоянии 154 и 58 тысяч км от центра Земли соответственно. Специалисты НАСА сразу же сказали, что групповой проход — явление крайне редкое. Действительно, 1 апреля на расстоянии 230 тысяч км пролетел один астероид 2012EG5 диаметром 46 м; зато 28 и 29 мая с разницей в 15 часов пролетели астероиды 2012KP24 и 2012KT42, диаметром 11—36 и 3—10 м на расстоянии 57 и 20 тысяч км соответственно. Следующая серия случилась в октябре: 7 октября 2012TV диаметром 24—55 м прошел на расстоянии 254 тысячи км от Земли, а 12 октября — 2012TC4 диаметром 9—28 м на расстоянии 88 тысяч км. И как бы в насмешку над утверждением о редкости множественных проходов, 15 февраля 2013 года 2012DA14 диаметром 45 м благополучно миновал Землю на расстоянии 28 тысяч км, чебаркульский метеорит диаметром 17 метров в нее попал, был еще некий метеор, взорвавшийся над Кубой, сообщили также о взрывах над США, Японией и в других местах. Март принес еще одну серию: 4 марта 2013EC диаметром 5—17 метров прошел на расстоянии 362 тысячи км, 9 марта 2013EC20 диаметром 3—12 м на расстоянии 135 тысяч км. 23 марта многие наблюдали загадочный болид над Восточным побережьем США, астрономы подробностей об этом объекте не сообщили (см. [http://ria.ru/tv\\_science/20130323/928662346.html](http://ria.ru/tv_science/20130323/928662346.html)). Всего же за год число потенциально опасных объектов в базе данных НАСА (более 140 метров диаметром, пролетающих на расстоянии в 22 радиуса орбиты Луны) увеличилось на 90 штук и достигло 1382.

### Хроника XX века

1908 год. Тунгусский метеорит — самое сильное зафиксированное событие, с мощностью взрыва от 10 до 100 Мт, предположительно от объекта диаметром 60 м.

1922 год. Метеоритный дождь в районе Царева (Волгоградская область). Собрано полторы тонны обломков, а самый большой фрагмент весил 234 кг и долго оставался третьим по величине каменным метеоритом из найденных на Земле.

1930 год. Амазонский метеорит мощностью в 1 Мт.

1947 год. Сихотэ-Алинский метеоритный дождь от железного объекта диаметром в 2,5 м, самый большой обломок весил 1745 кг.

1972 год. Над США и Канадой пролетел объект диаметром 80 м, к счастью по касательной сквозь атмосферу, и улетел прочь. Его назвали Большой дневной огненный шар.

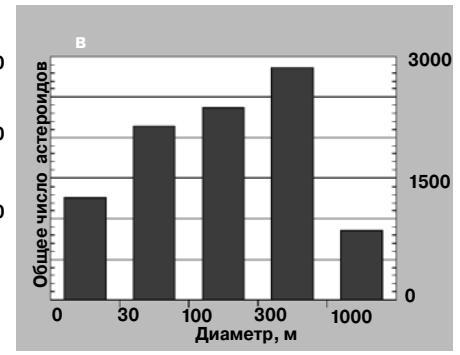
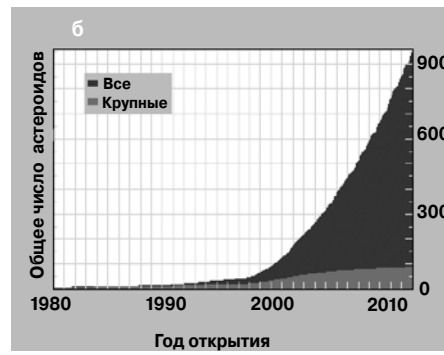
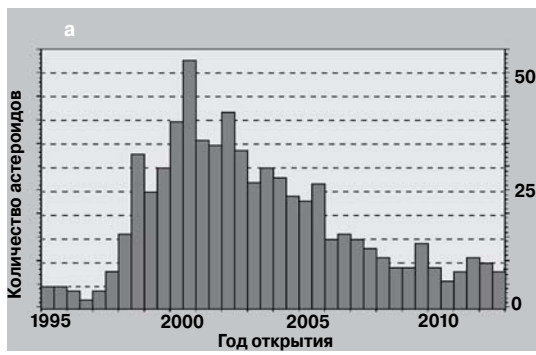
1990 год. Железный метеорит упал под Стерлитамаком, от него остались кусок весом в 315 кг и воронка 10 м диаметром

1991 год. В районе Сасова (Рязанская область) упал метеорит, образовал воронку в 28 метров, выбил в райцентре двери, повредил стены, а стекла перебил в радиусе нескольких километров — силу взрыва оценили в 25—200 кт.

1998 год. Под туркменским городом Куныя-Ургенч упал каменный метеорит, его остаток весил 820 кг.

2000 год. Метеорит диаметром 4—15 метров взорвался в небе на севере Канады с мощностью 2—3 кт (окна не разбились, но задребезжали).

Не исключено, что в Южном полушарии случалось столько же событий, но ввиду малой площади суши, небольшой плотности населения и недостатка средств наблюдения большинство из них остались незамеченными.



*Так меняются наши знания об опасных космических объектах: а — находки сближающихся с Землей астероидов размером в километр и более, б — число известных малых астероидов растет гораздо быстрее, чем больших, в — распределение известных сближающихся объектов по размерам показывает, как много мы еще не знаем*

улучшения средств наблюдений такие объекты отслеживать невозможно, а для прицельного их уничтожения требуются совсем иные скорости и принятия решений, и обработки данных, чем при отражении ракетного нападения.

Возможные методы противодействия — или дробление мощным зарядом, или создание на его пути облака из мелких каменных, стальных или ледяных (чтобы не загрязнять пространство) шариков: при столкновении с ним объект испытает сильные нагрузки и раздробится, еще не войдя в плотные слои атмосферы. Такая гипотетическая технология несколько облегчает задачу наведения, однако практических шагов к ее отработке пока что не сделано.

## Гайки, крышки и молотки

Четвертый тип опасных космических объектов может показаться совсем нестрашным, ведь размер большинства из них исчисляется сантиметрами. Однако они угрожают цивилизации, точнее, всем технологиям, связанным с использованием искусственных спутников Земли и вообще освоению космического пространства. Такие объекты стараниями самого человека уже создали два довольно плотных кольца вокруг Земли — в районе геостационарной орбиты (36 тысяч км), где расположены спутники навигации, телекоммуникации и многие другие, а также низкой околоземной орбиты, менее 2 тыс. км, занятой космическими станциями, спутниками связи и спутниками наблюдения за Землей. Космические аппараты, отработавшие ступени ракет, разгонные блоки, случайно оброненный космонавтами мусор и обломки, получающиеся в результате столкновений, — все это создает реальную угрозу потери орбит, а в будущем и самой возможности выхода человека в космос.

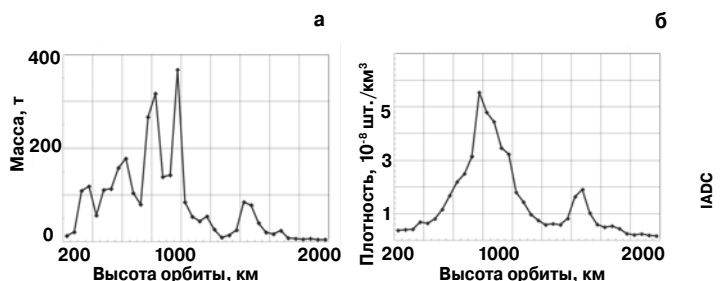
Проблема, как теоретическая, возникла с самых первых шагов человека в космосе, а уже в 1978 году сотрудники Джонсоновского центра НАСА Дональд Кесслер и Бартон Кур-Палас высказали предположение, что по мере развития космонавтики объем космического мусора будет возрастать с ускорением, поскольку обломки множатся, ломаясь при столкновениях. Этот эффект назвали синдромом Кесслера, и, как следует из наблюдений, процесс размножения начался после 1996 года, когда случилось первое крупное столкновение французского спутника с отработавшей ступенью ракеты «Ариан».

В конце XX века астрономы стали требовать от политиков принятия конкретных мер по предотвращению загрязнения космического пространства. Это обращение было услышано, хоть и не быстро: в 2007 году Генеральная Ассамблея ООН одобрила ни к чему не обязывающие «Руководящие принципы Комитета по использованию космического пространства в мирных целях по предупреждению образования космического мусора». Принципы вполне очевидные: проектировать космические корабли надо так, чтобы от них

процессе полета ничего не отлетало (а на заре космонавтики конструкторы любили отстреливать в космос всевозможные крышки от датчиков и прочие мелкие детали), а в отработавших ступенях ракет не должно оставаться взрывоопасное топливо. Надо сводить к минимуму возможности аварий. Надо переводить космические объекты после использования на низкие орбиты, с тем чтобы они в конце концов сгорали в атмосфере, желательно полностью. Надо запускать аппараты так, чтобы они ни с чем не сталкивались, а уничтожать при необходимости — на низкой орбите, чтобы обломки опять-таки сгорели к атмосфере. Если же речь идет о геостационарной орбите, то надо уводить спутники оттуда на высокие орбиты без возможности возврата назад.

Некоторые страны даже стали пользоваться этими принципами. Так, американцы в 2008 году разрушили свой шпионский спутник на низкой орбите в надежде, что обломки сгорят. Однако в целом все эти меры не помогают. По оценкам специалистов, сейчас только на низких околоземных орбитах находится более 10 тысяч тонн искусственных объектов, причем число объектов крупнее сантиметра превышает 600 тысяч. Из них под наблюдением оказалось лишь 5%. Фоновая плотность составляет 5 штук на куб со стороной в тысячу километров, однако на отдельных орбитах имеются всплески до 55 штук.

Дальнейшие перспективы обрисовал опубликованный в январе 2013 года доклад Межагентского координационного комитета по космическому мусору (это межправительственная организация, созданная двенадцатью ведущими космическими агентствами планеты). В докладе обсуждаются результаты моделирования эволюции космического мусора в ближайшие 200 лет. При самых щадящих окружающей среде условиях (никаких аварий, все, что может сгореть, сгорает через четверть века, число запусков такое же, как сейчас) популяция космического мусора вырастет в среднем на треть. Частота катастрофических столкновений, приводящих к разрушению космического объекта, составит один раз в пять—девять лет. Чаще всего катастрофы будут случаться на высотах 700—800 км, 900—1000 и 1400 км, где наблюдается повышенное число обломков: 55, 35 и 20 штук на кубический метр соответственно. На первых двух этих высотах, в частности, находится множество обломков, получившихся при двух крупных инцидентах. Первым был эксперимент, проведенный китайцами в январе 2007 года: запущенной с Земли ракетой они сбили свой отработавший спутник «Fengyun-1C».



*Космический мусор размер более 10 см на низких околоземных орбитах в мае 2009 года: а — распределение масс, б — плотность распределения по пространству*

Неофициальной целью была демонстрация возможностей, в первую очередь для американцев, по уничтожению элементов ПРО космического базирования, результатом же стало увеличение объема космического мусора на 22%. Второй инцидент от злой воли людей не зависел: в феврале 2009 года столкнулись старый советский «Космос-2251» и спутник американской системы связи «Iridium-33». Это было первое и пока единственное столкновение спутников на большой скорости, которое привело к образованию большого числа обломков.

Из доклада становится ясно, что время перехода от слов к делу настало уже давно. Какие могут быть дела? Во-первых, составление полного каталога обломков размером более 1 см, а для геостационарной орбиты — 3 см; глядя в такой каталог, можно маневрировать спутниками, чтобы избежать столкновений. Во-вторых, уборка мусора в соответствии с принципом «чисто там, где убирают», раз уж не получается жить по принципу «чисто там, где не сорят».

Нельзя сказать, что ситуация тут хороша. Если в первом направлении астрономы проявляют активность, то заниматься уборкой никто особо не хочет. Более того, есть мнение, что если включить проблему утилизации космического мусора в себестоимость космических технологий, то финансовое бремя окажется неподъемным. Поэтому надо идти путем международной кооперации и координации, принятия соответствующих законодательных актов и подписания международных договоров. Что касается конкретных мер, которые следует принимать сегодня, то, например, глава Роскосмоса В.А.Поповкин прямо сказал на круглом столе в Совете Федерации РФ 12 марта 2013 года: уклонение от частиц космического мусора сильно снижает ресурс работы космического аппарата, поэтому в будущем, видимо, от таких маневров придется отказаться, сохранив их только для пилотируемых полетов.

Какие-то шаги к созданию орбитального мусорщика пока что делают американцы и швейцарцы. Последние планируют не только собирать отработавшие свое крупные объекты, но и создавать из них новые космические конструкции. Как бороться с мелким разнородным мусором, никто себе ясно не представляет — таких объектов очень много, летают они с огромными скоростями, и создание системы их сбора требует от инженеров немалой выдумки, а от финансовых органов — немало средств, выделять которые готовы не все страны. Например, в Федеральной космической программе России на 2006—2015 годы и в Государственной программе «Космическая деятельность России на 2013—2020 годы» словосочетание «космический мусор» не встречается ни разу. Впрочем, как и «астероидно-кометная опасность». Единственное запланированное мероприятие, хоть в какой-то степени относящееся к этой проблеме, — экспедиция к одному из потенциально опасных объектов в 2020 году.

И тут мы переходим к интересному аспекту, связанному с политикой, который и заставляет отечественных государственных деятелей вслушаться в голоса ученых.

## Бомбы в космосе

Дело в том, что и проблема астероидно-кометной опасности, и проблема космического мусора в конечном счете упираются в оборону, ведь все предлагаемые для борьбы с этими угрозами технологии имеют двойное назначение. Например, аппарат для сбора космического мусора может свести с орбиты (а то и доставить на Землю или орбитальную космическую станцию) какой-нибудь спутник-шпион либо космический элемент системы ПРО, обеспечив хозяевам доступ к секретной информации. Мощный лазер, размещенный в космосе для испарения мелких частиц мусора и воздействия на опасные объекты, нетрудно перенаправить на



## РАССЛЕДОВАНИЕ

наземный объект. Пуск ракеты для отражения удара внезапно прилетевшего мелкого астероида может быть воспринят как угроза ракетного нападения. О перспективах размещения в космическом пространстве ядерных зарядов и говорить нечего — это сейчас запрещено «Договором о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела», принятому Генеральной Ассамблеей ООН в 1966 году. Однако именно такой шаг может потребоваться для разрушения опасного космического объекта, поскольку доставка заряда с околоземной орбиты или с Луны на быстролетающее тело требует гораздо меньше энергии, чем при старте с Земли. Размещение на Луне национальной базы для наблюдения за космосом и околоземным пространством (с той же целью экономии энергии на средства доставки) тоже вряд ли обрадует другие государства.

Однако работы в этом направлении идут и — хотя бы в силу действия закона Паркинсона, «Объем работы растет прямо пропорционально выделенному финансированию», а также следствия из принципа Питера, «Труднее занять место (получить финансирование), чем его потерять», — неизбежно приведут к принятию каких-то решений, направленных на расширение работ. А затем в самом деле начнутся и сбор космического мусора, и регламентация запусков новых космических аппаратов, и подготовка к отражению космической угрозы. Более того, Комитет ООН по мирному использованию космоса, который как раз и отвечает за подготовку новых договоров в этой области, ведет активную работу. Страна, обладающая космической техникой, но не предпринимающая ни научных, ни организационных усилий по борьбе с космическим мусором и астероидно-кометной опасностью, лишается права голоса при обсуждении этого документа. Характерный пример: упомянутый доклад Межагентского координационного комитета по космическому мусору составлен без участия Роскосмоса, хотя модели поведения космического мусора у отечественных ученых имеются.

Не имея современных телескопов для наблюдения за астероидами и прочими мелкими космическими телами, сближающимися с Землей, не планируя создания таких телескопов, не занимаясь натурными экспериментами по сбору космического мусора, по доставке средств противодействия к опасным объектам, по изучению механических характеристик этих тел, мы вряд ли можем рассчитывать на уважительный диалог с коллегами, потратившими на такое занятие не один десяток лет. Не исключено, что эта конкретная угроза земного происхождения сдвинет с мертвой точки дело и заставит серьезно отнестись к угрозе космической, которую столь зловеще осветила звезда, упавшая в Чебаркуль.

