

Copyright © 2019 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
 Russian Journal of Astrophysical Research. Series A
 Has been issued since 2015.
 E-ISSN: 2413-7499
 2019, 5(1): 17-26

DOI: 10.13187/rjar.2019.1.17
www.ejournal28.com



Comet Hazard

Vladimir P. Kulagin ^{a,*}

^a RTU MIREA, Russian Federation

Abstract

The article explores the problem of comet hazard. This problem is isolated from the problem of asteroid-comet hazard due to essential features. Features comets are described in the article. The classification of comets is given in the work. The article analyzes the origin of comets. The structure of the comet is investigated in the aspect of the object that poses a threat in collision with the Earth. As an example, four famous comets are considered. The article reveals the content of the information approach to the study of the problem of comet hazard. The article identifies the main objectives of the information approach: informational description of comets, dynamic modeling of the behavior of comets, forecasting the situation with a comet, cataloging dangerous space bodies.

Keywords: space research, comets, space threats, space body, comet hazard.

1. Введение

Важность проблемы астероидно-кометной опасности (АКО) (Tsvetkov, 2016; Kulagin, 2017), в иностранной литературе называемой NEO problem является общепризнанной (Micheli et al., 2016; Perna et al., 2018). Проблема опасности от возможного взаимодействия небесных тел с Землей были признаны ООН несколько десятилетий назад. В числе космических угроз (www.businessinsider.com) выделяют три основные проблемы (Kulagin, 2017): астероиды и кометы, экстремальные солнечные события и орбитальный космический мусор (Barmin et al., 2014). Астероиды и кометы объединяют в одну группу, которую называют группой астероидно-кометной опасности (АКО) (Катастрофические воздействия небесных тел, 2005). Существует различие между астероидной и кометной опасностями. Для астероидов характерно ударное воздействие, для комет ударное и экологическое. Столкновение с небольшим астероидом или кометой при определенных условиях может создать глобальные последствия. Прохождение хвоста комета через атмосферу Земли может вызвать экологические последствия. Проблема кометной опасности комплексная. Структурно ее можно разбить на следующие части: исследование генезиса; проблема идентификации; проблема логического моделирования последствий и оценки риска; проблема противодействия и уменьшения ущерба; проблема организации взаимодействия сообществ. В работе мы кратко обсудим состояние проблемы по кометной опасности с выделением основных факторов.

Цель исследования – анализ проблемы кометной опасности.

* Corresponding author
 E-mail addresses: vpkulagin@mail.ru (V.P. Kulagin)

2. Материалы и методы

В качестве материала использовались исследования в области анализа комет, угроз их столкновения с поверхностью Земли, угроз их прохождения через атмосферу Земли. Основой методики исследования является системный анализ, информационный подход и методы сравнительной планетологии (Tsvetkov, 2018).

3. Результаты

Классификация

Классификацию комет проводят по астрономическим и временным критериям. В астрономическом аспекте кометы классифицируют по периоду обращения вокруг Солнца. Это дает возможность выделить короткопериодические и долгопериодические кометы. Периодичность комет лежит в очень широких пределах – от нескольких лет до десятков и даже сотен миллионов. Короткопериодическая комета имеет период обращения менее 200 лет. Долгопериодическая комета формально имеет период обращения более 200 лет. Долгопериодические кометы фактически могут иметь периоды обращения в сотни тысяч лет. Временной критерий характеризует возраст существования кометы.

Происхождение

Кометы приходят с далеких окраин Солнечной системы. По оценкам более 100 миллиардов кометных ядер населяют окраины, которые отстоят от Земли на четыре порядка дальше, чем Солнце. Существует предположение, что кометные ядра образовывались синхронно со всей Солнечной системой. В силу этого существует вероятность, что они могут содержать образцы первичного вещества, из которого образовались планеты и их спутники. Эти первозданные свойства ядра комет могли сохранить благодаря своему отдалению от Солнца и больших планет. Гипотезы захвата комет из межзвездного пространства также существовали

В 1950 году Ян Оорт, исследуя ряд долгопериодических комет, обнаружил, что их афелии концентрируются вблизи границы Солнечной системы. На основе этого факта Оорт еще раз обосновал идею Эпика о хранилище кометных ядер на "окраине" Солнечной системы. Из его исследований вытекало, что зона, оккупированная кометами, простирается в поясе от 30 до 100 тыс. а. е. от Солнца. Кометы являются наиболее старыми объектами в Солнечной Системе, оставшимися со времени её формирования из протопланетного облака.

Считают, что большинство комет появляются из периферии солнечной системы. Это зона на расстоянии примерно от 0,5 до 2 или даже 3 световых лет от Солнца, иначе говоря, до границы его гравитационного влияния, которую называют облако Оорта. Она имеет сферическую форму и предположительно содержит нескольких триллионов кометных ядер, суммарную массу которых оценивают в сорок масс Земли.

Ещё несколько миллиардов комет предположительно находятся, за орбитой Плутона в поясе Койпера. Орбиты комет зависят от возмущений планет-гигантов (Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна). Именно эти планеты на ранних стадиях формирования солнечной системы вывели часть кометных ядер на гравитационную границу Солнца, а теперь эпизодически втягивают их во внутреннюю часть системы.

Многие из орбит проходят под большими углами к эклиптике. Столкновения Земли с кометными ядрами, видимо, не столь уж редки - по одним данным они происходят в среднем раз в 55 тыс. лет для комет с ядром размером свыше 130 м, по другим раз в 150-300 лет для комет размером порядка 100 м.

Эволюция

В процессе многократных прохождений вблизи Солнца кометы либо становятся похожими на астероиды, либо рассеиваются, превращаясь в метеорные потоки. Количество вновь открываемых комет растёт. Частично это происходит из-за повышения разрешающей способности наземных обсерваторий и увеличения наблюдательных возможностей. По оценкам наблюдений поток комет во внутренние области Солнечной системы не ослабевает. Поэтому, логично полагать, что взамен исчезающих комет откуда-то постоянно «приходят» новые.

Кометы как объекты исследований

Полагают, что ядра комет представляют собой покрытые тёмной органической коркой соединения рыхлого льда, состоящие из водяного и замороженных газов, с включениями

камней и пыли. При подходе к Солнцу на расстояние до миллиарда километров корка прогревается (сотни градусов) и лёд начинает испаряться отдельными струями.

Вследствие этого процесса вокруг ядра образуется большое разреженное облако – кома. Дальнейшее сближение с Солнцем приводит к активизации фотохимических процессов в ядре и образованию пылевого, газового и ионного хвоста или хвостов. Ионный хвост направлен строго от Солнца, пылевой тянется за кометой по её орбите, слегка сдуваемый солнечным ветром, газовый, состоящий в основном из водорода, занимает промежуточное положение. Длина кометного хвоста достигает сотни миллионов километров, голова кометы может превосходить размеры Солнца. Диаметр твёрдой части – ядра – составляет всего несколько километров, а масса – сотни миллиардов тонн. Встречаются кометы, не имеющие хвоста или имеющие хвост без головы.

Классиками теории комет являются русский учёный Фёдор Бредихин, который в 60-х годах XIX века разработал подробную математическую модель, описывающую поведение кометных хвостов, и голландский астроном Ян Оорт, предложивший в 30-х годах XX века теорию происхождения комет.

Комета Галлея

Эдмунд Галлей доказал, что движение комет периодически. Он предсказал появление этой кометы в 1758 г. (хотя сам до этого не дожил). На рис.1 ядро кометы Галлея, имеющей периодичность около 77 лет, сфотографировано европейским аппаратом "Джотто" в 1986 г. вскоре после прохождения кометой самой близкой к Солнцу точки. Естественно, что такая комета относится к короткопериодическим кометам.

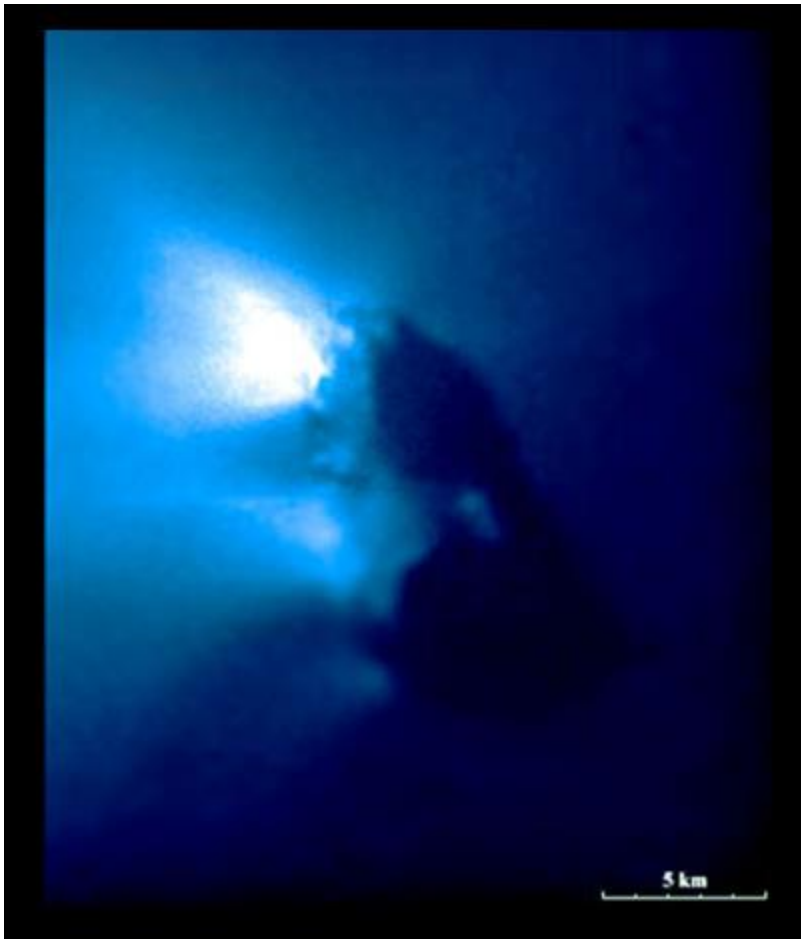


Рис. 1. Комета Галлея

Ядро этой кометы размером 16x8x8 км покрыто тёмной коркой (альbedo всего 4 %), из под которой фонтанирует газ. При изучении комы и ядра с пролётных аппаратов

(советских, японских и европейского) оказалось, что основная масса вещества выбрасывается несколькими узкими (расходимость порядка 10 градусов) струями из небольших по диаметру "сопел", занимающих в общей сложности примерно 20 % освещённой Солнцем стороны, со скоростью 0,8 км/сек.

Состав выбрасываемого газа примерно такой: 80 % водяного пара, 10 % угарного газа, 3 % двуокиси углерода, 2 % метана, 1,5 % аммиака и небольшое количество других газов. Вместе с газом выбрасывается до трети по массе пыли и мелких твёрдых частичек с малой плотностью, содержащих большое количество органики (вроде бензина, толуола, пурина, этанола и проч.). Получаемой от Солнца энергии недостаточно, чтобы обеспечить и половину выделяемой кометой энергии. Форма струй указывает на наличие длинных сужающихся в глубине ядра каналов, через которые происходит выброс вещества.

Ядро кометы Галлея имеет объём примерно 500 км³, массу порядка 100 млрд тонн и плотность всего 0,2 г/см³ (как у пробки). Лет через пять после прохождения перигелия, когда комета находилась уже между орбитами Сатурна и Урана (и уже год как потеряла свою кому) она неожиданно вспыхнула, увеличив свою яркость примерно в 300 раз. Вокруг неё образовалось огромное пылевое облако, которое какое-то время продолжало держаться. Некоторые учёные склоняются к мысли о наличии в ядре кометы (хотя бы этой) собственного источника энергии.

Комета Боррелли

Ядро кометы Боррелли (Borrelly), сфотографированное американским зондом "Deep Space 1" 22 сентября 2001 г. с расстояния 2 170 км ([Рисунок 2](#)).



Рис. 2. Комета Боррелли

Разрешение составляет около 50 м на пиксель. Ядро имеет длину примерно 8 км, т.е. сравнимо с ядром кометы Галлея, однако в отличие от неё, Borrelly имеет период всего 6,8 года – то есть также является короткопериодической. Бросается в глаза отсутствие кратеров и очень неравномерная и контрастная окраска ядра кометы. Самые светлые области являются источниками газопылевых струй. В результате этого пролёта учёные обнаружили, что облако вокруг кометы несимметрично и ядро значительно смещено относительно центра комы. Также измерена температура заряженных частиц, вылетающих из кометного ядра, на расстояниях от 90 000 км до 2 000 км. Она оказалась равной примерно 1 млн. км.

Комета Хиакутакэ

На [Рисунке 3](#) фотография головы кометы Хиакутакэ, сделанная в рентгеновских лучах немецким спутником-обсерваторией ROSAT.

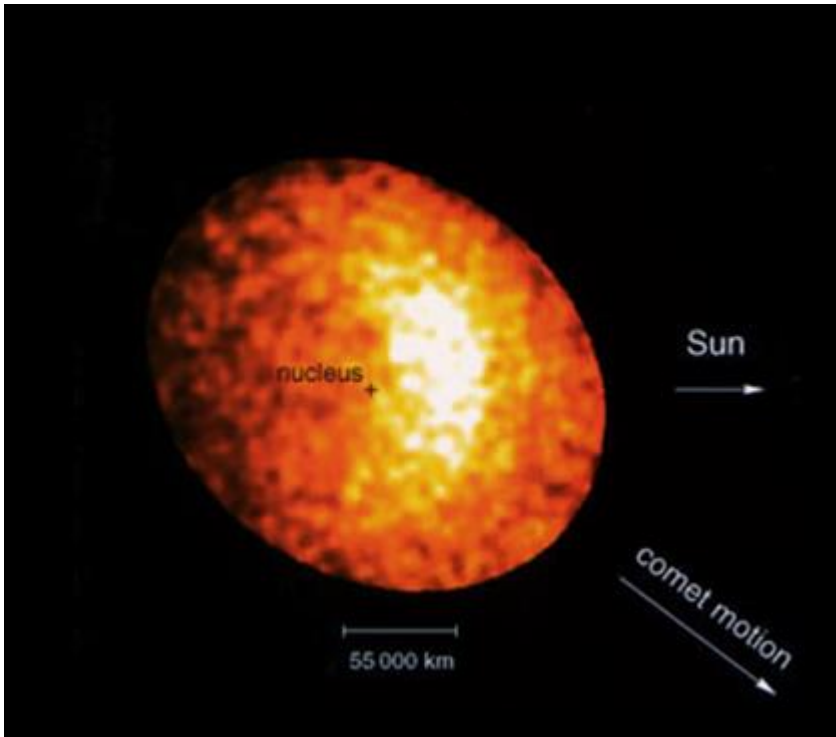


Рис. 3. Комета Хиакутакэ

Когда комета находилась примерно в 15 млн. км от Земли, учёные попытались получить её рентгеновский снимок, рассчитывая на многочасовую выдержку при съёмке, так как теоретически кометы должны излучать в этом диапазоне очень слабо. Неожиданно для них оказалось, что комета светится на два порядка интенсивнее и для получения снимка достаточно нескольких минут. Кроме того, наблюдались сильные изменения в яркости рентгеновского излучения, как в меньшую, так и в большую сторону, происходившие всего за несколько часов. Как видно из фотографии, наиболее интенсивно излучает область перед ядром (примерно в 30 000 км от него), имеющая форму полумесяца, обращённого к Солнцу. Удовлетворительных объяснений этому явлению пока не нашли. Внизу та же комета, сфотографированная с помощью обычного телескопа. Хиакутакэ относится к долгопериодическим кометам.

Комета Вайлд 2

31 декабря 2003 года зонд Stardust вошёл в кому этой кометы, собрал частички кометной пыли и сделал 72 фотографии. Капсула с частичками пыли должна вернуться на Землю в январе 2006 года. На [рис. 4](#) фотография кометы.

Это короткопериодическая комета открыта в 1978 году. Она имеет возраст более 4.5 миллиардов лет. До 1974 года комета имела орбиту большими эксцентриситетом и большой полуосью и находилась практически все время во внешней Солнечной системе, но после прохода около Юпитера орбита изменилась. Ее период уменьшился с 40 до 6 лет, а величина большой полуоси составляет 1.6 астрономических единиц. В 2004 году к комете приблизился зонд Стардаст, который собрал образцы ее вещества и сделаны снимки хвоста и поверхности.

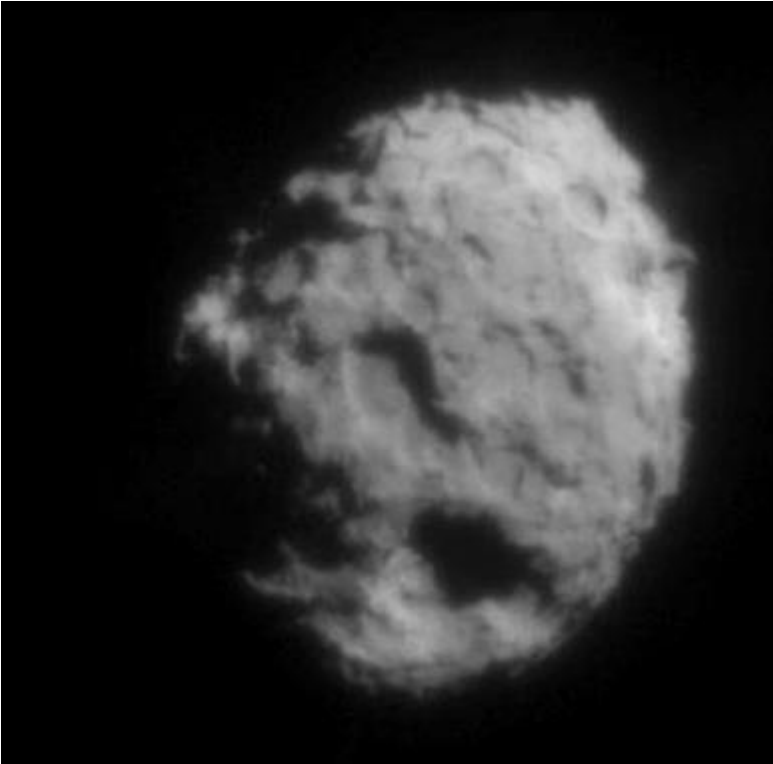


Рис. 4. Комета Вайлд 2

Опасность

Уже в конце XVII в. высказывались предположения о возможных столкновениях комет с Землей и неизбежном в результате такого столкновения «конце света». Хотя опасных для Земли комет гораздо меньше, чем АСЗ, динамические и физические особенности комет таковы, что опасность эта вполне реальна. Так как фактор внезапности, непредсказуемости появления играет важную роль, то наибольшую опасность представляют параболические и близпараболические кометы. Среднее количество таких комет, открываемых в год, за последние несколько лет составило 10-15. Наклоны орбит этих комет могут принимать значения от 0 до 180° (в отличие от короткопериодических комет, наклоны орбит которых невелики), а это означает, что для части комет возможно столкновение с Землей на встречных курсах. При этом скорость столкновения может достигать 72 км/с.

Потенциально опасными могут считаться кометы, перигельные расстояния которых меньше 1.3 а. е. Статистика показывает, что наибольшее количество таких комет находится на параболических и около параболических орбитах. Это означает, что такие кометы впервые в истории человечества оказываются в области внутренних планет Солнечной системы. По оценкам специалистов, столкновения Земли с такими кометами случаются примерно один раз в 175 млн лет. Учет около параболических и гиперболических комет увеличивает частоту столкновения с непериодическими кометами и кометами очень долгих периодов до примерно одного столкновения за 110 млн лет.

При оценке опасности применяют термин импактное событие или импакт. Импактное событие (англ. *impact* — «удар, столкновение») идентифицируют как столкновение крупного метеорита, астероида, кометы или иного небесного тела с Землей или другой планетой или спутником. На месте такого столкновения, как правило, образуется кратер.

Импактные события для Земли могут быть разрушительны, так как способны вызвать пожар, землетрясение или цунами (Popescu et al., 2018). По некоторым теориям, именно крупнейшие импактные события стали причиной массовых вымираний. Импактные события преобразуют горные породы в процессе, называемом импактным, или ударным метаморфизмом. С этим процессом связаны некоторые месторождения полезных

ископаемых, к примеру, залежи меди и никеля в кратере Садбери и золотоносные породы гор Витватерсранд.

Пока при прохождении Земли через кометные хвосты не было замечено никаких, даже самых незначительных эффектов. Однако достаточно одной кометы с хвостом, содержащим негативные для атмосферы Земли вещества, чтобы бы жизнь человечества прервалась.

Опасность для Земли также представляют кометные ядра. Часто приводят ссылки на явление «Тунгусского метеорита (объекта)», случившееся 17 (30) июня 1908 г. в безлюдном районе Сибири, в бассейне реки Подкаменная Тунгуска, что и определило название данного события. Событие характеризовалось мощным взрывом в атмосфере, на высоте около 10 км. Энергия взрыва составила 10^{16} – 10^{17} Дж, что эквивалентно 10-мегатонной бомбе. В результате взрыва произошел массовый вывал леса в радиусе 15–30 км. Пока ни вещества небесного тела, ни кратера от его падения найдено не было. Отсутствие найденных космических обломков стало одним из основных аргументов в пользу кометной природы Тунгусского тела. Если оно состояло из замерзших летучих веществ, то могло полностью испариться при резком торможении и взрыве в земной атмосфере. Астрономы И.Т. Зоткин и Л. Кресак независимо показали, что координаты радианта Тунгусского метеорита (т.е. направление, откуда он двигался) совпадают с координатами радианта метеорного потока Таурид, связанного с кометой Энке (2P/Encke).

Наибольшую опасность для биосферы Земли представляют массивные долгопериодические кометы. Они реже попадают в зону планет земной группы, примерно в десять раз по сравнению с короткопериодическими. Однако их появление может быть неожиданным из-за произвольной ориентации плоскостей орбит и больших периодов обращения. На встречных траекториях скорость столкновения этих комет с Землей высока — до 72 км/с, Их энергия при столкновении может вызвать колоссальный взрыв.

Предполагают, что одно из самых массовых вымираний флоры и фауны за последние 230 млн. лет произошло 65 млн. лет назад. И имело космическую причину. Тогда исчезло около 2/3 всех биологических видов, включая динозавров. С этим же моментом в геологических отложениях связан слой с повышенным содержанием очень редкого на Земле элемента иридия.

Ученые Л. Альварес и С. Ванденберг показали, что содержание иридия в тот период на земной поверхности могло резко увеличиться в результате падения крупного кометного ядра, имевшего повышенное содержание этого элемента. Был даже найден кратер с подходящим возрастом и соответствующими морфологическими особенностями, который мог при этом образоваться. Это кратер Чиксулуб диаметром 180 км. на полуострове Юкатан в Мексике. Но причиной вымирания стала не повышенная концентрация иридия, а сильнейший взрыв при столкновении кометного ядра с Землей, который привел к выбросу в атмосферу огромного количества пыли.

Глобальное запыление атмосферы неизбежно приводит к резкому падению температуры ее нижних слоев (на 10–15°C), так как пыль экранирует солнечные лучи. Такое изменение средней температуры может сохраняться до 1 года, вызывая эффект «ядерной зимы» (неизбежный при массовом применении ядерного оружия, откуда и родилось его название). Вполне вероятно, что такой эффект, вызванный падением крупного кометного ядра или астероида, привел 65 млн. лет назад к катастрофической гибели живых организмов.

Еще одно событие характеризует реальности столкновения с кометой. Оно произошло в июле 1994 г., когда в Юпитер врезались фрагменты кометы Шумейкеров-Леви-9. Ее обнаружили в окрестности Юпитера в начале 1993 г. уже после того, как она распалась на 20 фрагментов, цепочкой растянувшихся вдоль орбиты. Вероятно, это кометное ядро было разорвано на части приливными силами Юпитера в момент близкого прохождения мимо него. Падение обломков кометы размером от 1 до 10 км со скоростью около 60 км/с происходило с 16 по 22 июля 1994 г. Эффект был грандиозным. Следы взрывов в виде огромных темных пятен остались в атмосфере Юпитера.

Но столкновения с кометами могут приводить не только к катастрофам. Ряд ученых считает, что сразу после своего формирования охладившаяся поверхность Земли была очень суха (как сейчас лунная), и что практически вся вода и другие летучие соединения были принесены на Землю ядрами комет.

Информационный подход к анализу комет

Широкое применение информационных технологий приводит к необходимости применять методически информационный подход для анализа опасных комет. Информационный подход выявляет три задачи исследования комет: создание моделей для формального описания комет, решение задач математического моделирования динамики комет, создание моделей технологий исследования комет. Для моделирования комет необходимо использовать уже проверенные информационные модели и методы их конструирования. Это идеология применения более простых информационных единиц для построения составных информационных единиц. Для моделирования воздействия комет необходимо использовать модели информационных ситуаций (Tsvetkov, 2012), в которых может находиться комета в процессе взаимодействия с другим объектом. Импакт можно рассматривать как динамическую информационную ситуацию.

Для анализа комет в информационной ситуации необходимы модели, сравнительной планетологии. Концептуально аспекты взаимодействия могут быть отражены процессуальными информационными конструкциями (Rozenberg, 2016), которые выражают отношение и структуру таких взаимодействий. При эвристическом анализе необходимо использовать виртуальное моделирование (Deshko, 2016).

Для систематизации и сопоставления информационных моделей и информационных конструкций необходимо применять модели информационных единиц. Информационные единицы (Tsvetkov, 2014a) играют роль алфавита в теории информационного моделирования и позволяют находить общее и различие в различных информационных моделях, описывающих ОКТ и процессы, в которых они участвуют.

Информационный подход позволяет выделить информационные задачи кометной опасности. Это четыре основные задачи: создание адекватного информационного описания, проведение динамического моделирования, выполнение прогнозирования, каталогизация опасных космических тел, включая кометы.

4. Обсуждение

Часть ученых рассматривает кометную опасность упрощенно. Принимая во внимание только фактор столкновения. В силу это мало ведутся работы по моделированию загрязнения атмосферы кометой, хотя работы по загрязнению атмосферы в случае ядерной войны ведутся. Но воздействие загрязнения кометы родственно и последствия ядерной войны и тепловой катастрофе. Подготовка возможному взаимодействию должно включать учет возможных рисков (Savelyev, 2017). В свою очередь анализ рисков требует учета информационной неопределенности, включая информационную асимметрию (Tsvetkov, 2014b). Эффективное реагирование на ситуацию столкновения требует получения набора методов: дальнего мониторинга, обнаружения ближнего мониторинга, расчета точки соприкосновения, прогнозирования и принятия неотложных мер по защите населения и территорий ликвидации последствий.

5. Заключение

Проблема кометной опасности обсуждается во многих странах. Тем не менее, вторую угрозу – прохождения хвоста кометы через атмосферу Земли многие исследователи игнорируют. Кометы размером от 20 до 100 м (Шувалов и др., 2016), входя в плотные слои атмосферы разрушаются под действием аэродинамических сил и передают свою кинетическую энергию воздуху, на высотах от 20–30 до нескольких километров. Образовавшаяся ударная волна достигает поверхности планеты и может вызывать значительные разрушения на больших расстояниях от места торможения аналогично действию сосредоточенного высотного взрыва. Численное моделирование разрушения позволяет определить высоту эквивалентного точечного взрыва, который генерирует такую же ударную волну, как и падение космического тела с заданными параметрами. Выявлено, что эта высота примерно равна высоте, где скорость кометы уменьшается вдвое. Методически следует отметить малое количество исследований, посвященных информационным подходам и специальным информационным моделям кометной тематике.

Литература

Катастрофические воздействия..., 2005 – Катастрофические воздействия небесных тел. М.: ИКЦ "Академкнига", 2005, 310 с.

Шувалов и др., 2016 – Шувалов В.В., Попова О.П., Светцов В.В., Трубецкая И.А., Глазачев Д.О. (2016). Определение высоты "метеорного взрыва". *Астрономический вестник*, Т. 50, № 1, 3-14.

Barmin et al., 2014 – Barmin I.V., Dunham D.W., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Rings of Debris in Near_Earth Space. *Solar System Research*, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 592-599.

Deshko, 2016 – Deshko I.P., Kryazhenkov K.G., Cheharin E.E. Virtual Technologies. *Modeling of Artificial Intelligence*, 2016, Vol. 9, Is. 1, pp. 33-43.

Kulagin, 2017 – Kulagin V.P. Monitoring of Dangerous Space Bodies. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, 2017, (1), pp. 4-12.

Micheli et al., 2016 – Micheli M., Koschny D., Drolshagen G., Perozzi E., Borgia B., Chesley S.R., Morbidelli A., Jedicke R., Farnocchia D. (2016). eds., *Asteroids: New Observations, New Models*, IAU Symposium. Vol. 318, 274-281.

Perna et al., 2018 – Perna, D., Barucci, M. A., Fulchignoni, M., Popescu, M., Belskaya, I., Fornasier, S., ..., Merlin, F. A spectroscopic survey of the small near-Earth asteroid population: Peculiar taxonomic distribution and phase reddening. *Planetary and Space Science*, 2018, 157, 82-95.

Popescu et al., 2018 – Popescu, M., Perna, D., Barucci, M., Fornasier, S., Doressoundiram, A., Lantz, C., ..., Fulchignoni, M. (2018). Olivine-rich asteroids in the near-Earth space. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 477(2), 2786-2795.

Rozenberg, 2016 – Rozenberg I.N. Information Construction and Information Units in the Management of Transport Systems. *European Journal of Technology and Design*, 2016, 2 (12), 54-62.

Savelyev, 2017 – Savelyev M. Risks of Asteroid and Comet Impact Hazard. *Civil Security Technology*, 2017, Vol. 14, 3 (53), 24-28.

Tsvetkov, 2012 – Tsvetkov, V.Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool. *European Researcher*, 2012, 36(12-1), 2166-2170.

Tsvetkov, 2014a – Tsvetkov V.Ya. Information Units as the Elements of Complex Models. *Nanotechnology Research and Practice*, 2014, 1(1), pp. 57-64.

Tsvetkov, 2014b – Tsvetkov V.Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor. *European researcher*, 2014, 11-1(86), pp. 1937-1943.

Tsvetkov, 2016 – Tsvetkov V.Ya. (2016). The Problem of Asteroid-Comet Danger. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, Vol. 2, Is. 1, pp. 33-40.

Tsvetkov, 2018 – Tsvetkov V.Ya. The Development of the Direction "Comparative Planetology". *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, 2018, 4(1): 34-41.

References

Barmin et al., 2014 – Barmin I.V., Dunham D.W., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. (2014). Rings of Debris in Near_Earth Space. *Solar System Research*, Vol. 48, No. 7, pp. 592-599.

Deshko, 2016 – Deshko I.P., Kryazhenkov K.G., Cheharin E.E. (2016). Virtual Technologies. *Modeling of Artificial Intelligence*, Vol. 9, Is. 1, pp. 33-43.

Катастрофические воздействия..., 2005 – Катастрофические воздействия небесных тел [Catastrophic effects of celestial bodies]. М.: ИКЦ "Академкнига", 2005, 310 p. [in Russian]

Kulagin, 2017 – Kulagin V.P. (2017). Monitoring of Dangerous Space Bodies. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, (1): 4-12.

Micheli et al., 2016 – Micheli M., Koschny D., Drolshagen G., Perozzi E., Borgia, B., Chesley S.R., Morbidelli A., Jedicke R., Farnocchia D. (2016). eds. *Asteroids: New Observations, New Models*, IAU Symposium, Vol. 318: 274-281.

Perna et al., 2018 – Perna, D., Barucci, M. A., Fulchignoni, M., Popescu, M., Belskaya, I., Fornasier, S., ..., Merlin, F. (2018). A spectroscopic survey of the small near-Earth asteroid population: Peculiar taxonomic distribution and phase reddening. *Planetary and Space Science*, 157, 82-95.

Popescu et al., 2018 – Popescu, M., Perna, D., Barucci, M., Fornasier, S., Doressoundiram, A., Lantz, C., ..., Fulchignoni, M. (2018). Olivine-rich asteroids in the near-Earth space. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 477(2), 2786-2795.

Rozenberg, 2016 – Rozenberg I.N. (2016). Information Construction and Information Units in the Management of Transport Systems. *European Journal of Technology and Design*, 2 (12): 54-62.

Savelyev, 2017 – Savelyev M. (2017). Risks of Asteroid and Comet Impact Hazard. *Civil Security Technology*, Vol. 14, 3 (53): 24-28.

Shuvalov i dr., 2016 – Spuvalov V.V., Popova O.P., Svetcov V.V., Trubeckaya I.A., Glazachev D.O. Opredelenie vysoty "meteornogo vzryva" [The determining of the height of the "meteoric explosion"]. *Astronomicheskij vestnik*, 2016, T. 50, № 1, 3-14. [in Russian]

Tsvetkov, 2012 – Tsvetkov, V.Ya. (2012). Information Situation and Information Position as a Management Tool. *European Researcher*, 36(12-1): 2166-2170.

Tsvetkov, 2014a – Tsvetkov V.Ya. (2014). Information Units as the Elements of Complex Models. *Nanotechnology Research and Practice*, 1(1): 57-64.

Tsvetkov, 2014b – Tsvetkov V.Ya. (2014g) Information Asymmetry as a Risk Factor *European researcher*, 11-1(86): 1937-1943.

Tsvetkov, 2016 – Tsvetkov V.Ya. (2016). The Problem of Asteroid-Comet Danger. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, Vol. 2, Is. 1, p. 33-40.

Tsvetkov, 2018 – Tsvetkov V.Ya. (2018). The Development of the Direction "Comparative Planetology". *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, 4(1): 34-41.

Кометная опасность

Владимир Петрович Кулагин ^{a, *}

^a Российский технологический университет МИРЭА, Российская Федерация

Аннотация. Статья исследует проблему кометной опасности. Эта проблема выделена из проблемы астероидно-кометной опасности в силу существенных признаков. Исследуется особенности комет. Рассмотрена классификация комет. Анализируется их происхождение. Исследуется структура кометы как объекта представляющего угрозу при столкновении с Землей. В качестве примера рассмотрены четыре известные кометы. Описан информационный подход к исследованию проблемы кометной опасности. Выделены задачи исследования: информационное описание, динамическое моделирование, прогнозирование, каталогизация опасных космических тел.

Ключевые слова: космические исследования, кометы, космические угрозы, космическое тело, кометная опасность.

* Корреспондирующий автор
Адреса электронной почты: vpkulagin@mail.ru (В.П. Кулагин)