

В. К. ГУСЯКОВ

ОТ ЧИКСКУЛУБА ДО ЧЕЛЯБИНСКА

Космические катастрофы на Земле

Угроза космических катастроф на Земле – фантазии увлекающихся ученых или реальность мироздания, которой пренебрегают? Еще в декабре 2004 г. Международный совет научных союзов (ICSU) провел конференцию «Кометно-астероидная опасность и будущее человечества». Ученые и эксперты из 18 стран попытались привлечь внимание международного научного сообщества к проблеме опасности, угрожающей Земле из космоса. В докладах и дискуссиях были приведены свидетельства по меньшей мере трех глобальных катастроф, оказавших огромное влияние на климат и условия обитания человека и имевших, по-видимому, космические причины.

Изучением этих катастрофических событий, произошедших уже после последнего оледенения, занимается международная рабочая группа HIWG (Holocene Impact Working Group), созданная после конференции. Десять лет назад автор этой статьи, один из членов-учредителей HIWG, опубликовал статью, где привел основные свидетельства в пользу космогенной теории этих глобальных катаклизмов. Сейчас он вернулся к этой теме, так как за прошедшие годы появилось множество новых наблюдений и фактов, не говоря уже о таких событиях, как падение в 2013 г. на территории России реального космического тела, известного под именем Челябинского метеорита, что создало чрезвычайную ситуацию федерального уровня. В этой публикации дается анализ сегодняшнего понимания реальности космических угроз для современной цивилизации

Ключевые слова: природные катастрофы, космические опасности, импактные кратеры, кометы, астероиды.

Key words: natural catastrophes, cosmic hazards, impact craters, comets, asteroids



ГУСЯКОВ Вячеслав Константинович – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией математического моделирования цунами Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (Новосибирск). Председатель Комиссии по цунами Международного геодезического и геофизического союза (МГГС) (1995–2003 гг.), заместитель председателя Комиссии по геориску МГГС. Участник многих экспедиций в России и за рубежом по изучению следов разрушительных цунами. Автор и соавтор 120 научных работ

© В. К. Гусяков, 2021

Туманность NGC6960.
© Hubble Space Telescope, NASA/ESA

Мадагаскар – четвертый по величине остров Мирового океана, его даже называют «маленьким континентом» из-за огромного разнообразия видов животных и растений, большинство из которых нигде в мире больше не встречается.

Сентябрь 2006 г. Наша экспедиционная группа находится на самой южной оконечности острова – там, где на снимках Google Earth видны четыре системы громадных песчаных дюн, протянувшихся на десятки километров от побережья вглубь острова. Мы стоим на вершине одной из дюн и смотрим на юго-запад, откуда нам в лицо дует ровный теплый ветер. Справа ярко синее небо, слева – Индийский океан, окаймленный белой линией прибоя, доносящего отголоски «ревуших сороковых» в тысяче километров к югу. Тысячелетиями этот прибой перерабатывает береговые обрывы и скалы Мадагаскара, превращая их в песок, накапливающийся на пляжах и подводном склоне острова. Вокруг – такие же песчаные холмы высотой в десятки метров, простирающиеся до самого горизонта.

Мы думаем о той силе, которая подняла этот гигантский – не менее 1 км^3 – объем песка из прибрежной зоны и вынесла его так далеко



вглубь острова. Это могло быть разрушительное цунами, возникшее где-то в юго-западной части Индийского океана. Однако в том районе нет крупных разломов земной коры, там не происходят сильные землетрясения и извержения вулканов. Следовательно, источником такого цунами могло послужить только внешнее событие – например, падение крупного метеорита или кометы.

«Камни не могут падать с неба»

Отношение к космическим угрозам существенно менялось на протяжении человеческой истории. Для первобытного человека, проводившего большую часть жизни под открытым небом, наблюдение за ним и осмысление происходящих там явлений было частью повседневности. Так, обычными явлениями для австралийских аборигенов были появления ярких хвостатых комет, взрывы, раскалывающие небо над головой и валившие деревья, падения метеоритов, оставивших на земле огромные воронки, – они наблюдали их в течение десятков тысяч лет и прочно запечатали в своих мифах, обрядах, танцах, наскальных рисунках.

Падение метеоритов не было чем-то сверхъестественным для древних египтян и греков. Кинжал в золотых ножнах, найденный в 1925 г. рядом с мумией Тутанхамона, был сделан из метеоритного железа – египтяне уже в XIII в. до н.э. знали о небесном происхождении этого редкого тогда металла. Использование метеоритного железа было хорошо известно и в Хеттском царстве, и на Крите минойской эпохи.

На южном побережье Мадагаскара (слева) расположена Фенамбоси – крупнейшая из четырех систем шевронных дюн на острове. Название этих дюн идет от шеврона – нарукавного военного знака в форме уголка острием вверх. Подобные дюны образуются гигантскими волнами: когда вода уходит с затопленной территории, она формирует песчаный «шеврон» острием в сторону суши. Вверху – участники экспедиции 2006 г. в шевронных дюнах Мадагаскара. Фото автора

От античности до раннего Средневековья сохранялась твердая вера в небесное происхождение не только каменных и железных метеоритов, но и прочих необычных предметов, которые находили случайно или при обработке земли. Среди них были и орудия труда древнего человека (каменные зубила и наконечники копий), и ископаемые морские раковины, и огромные акулы зубы (считалось, что они падают на Землю во время лунных затмений).

Однако в период Возрождения все эти факты были либо забыты, либо отрицались как порождение темных и невежественных людей. Передовая европейская наука долго не верила в возможность падения твердых тел сверху, из «небесных чертогов», где они просто не могли находиться согласно закону всемирного тяготения, открытому великим Ньютоном. Свидетельства очевидцев, подобные сообщению о замеченном 7 ноября 1492 г. над территорией Эльзаса ослепительном болиде и найденном после этого в глубокой воронке рядом с г. Энсисхайм черном камне весом около 150 кг, не могли поколебать скепсис ученых, твердо веривших в непогрешимость открываемых ими законов природы.

«Камни с неба падать не могут, им там неоткуда взяться!» – таков был вердикт, вынесенный специальной комиссией парижской Академии наук в 1772 г. Сам Ньютон полагал, что небольшие тела не могут находиться в космосе дальше орбиты Луны. Следовательно, наверху нет источника материала для «небесных камней», если только они не образовались в верхних слоях атмосферы вследствие слипания частичек пыли под воздействием молний или не попали туда при вулканических извержениях.

Точку в затянувшемся противостоянии фактов и научных воззрений того времени поставил метеоритный дождь, выпавший 26 апреля 1803 г. над коммуной Л'Эгль в Бретани, очевидцами которого стали многие местные жители. Новость быстро достигла Парижа. Молодой астроном Жан-Батист Био (будущий автор закона Био-Савара), посланный министерством внутренних дел Франции, провел тщательное «полевое обследование» и представил в Академию подробный отчет, где привел доводы в пользу небесного происхождения найденных в большом (до 3 тыс.) количестве камней. В их составе было обнаружено много никеля –



Один из метеоритов, «упавших с неба» 26 апреля 1803 г. в окрестностях Л'Эгля (Франция). Галерея минералогии и геологии Национального музея естественной истории (Париж). © Мари-Лан Таи Памарт

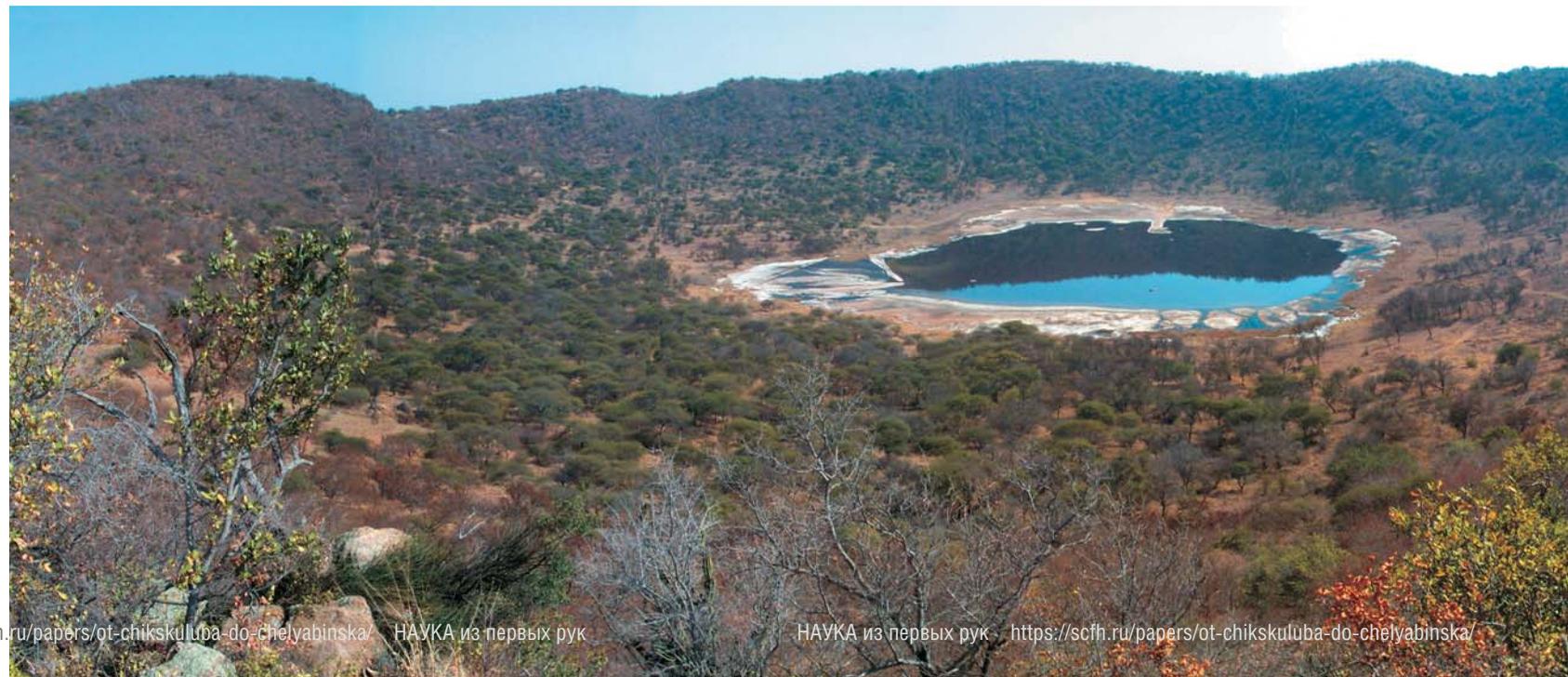
редкого элемента для земных пород, который многие геологи считали веществом космического происхождения.

Только теперь Французская Академия наук, столетие упорно отрицавшая многочисленные сообщения о падениях метеоритов на том лишь основании, что их свидетелями были, как правило, неграмотные крестьяне и обыватели, официально признала их внеземное происхождение.

В современных каталогах и базах данных содержатся сведения примерно о 200 доказанных *импактных* (ударно-взрывного происхождения) кратерах на поверхности

Земли. Еще несколько сотен известных кольцевых структур ожидают подтверждения их происхождения. Возрастной диапазон «достоверных» кратеров широк: от 2,1 млрд лет (300-километровый кратер Вредефорт в Южной Африке возрастом в 2,1 млрд лет) до практически нашего современника – кратерного

Метеоритный кратер Цванг в Южной Африке диаметром более 1 км сегодня заполняет соленое озеро. Кратер образовался около 220 тыс. лет назад



поля на Дальнем Востоке РФ, порожденного падением Сихотэ-Алиньского метеорита в 1947 г.

Конец эпохи динозавров

С концом «эпохи динозавров» связывают космическую катастрофу, свидетельством которой является кратер Чиксулуб – третий по величине среди известных импактных структур.

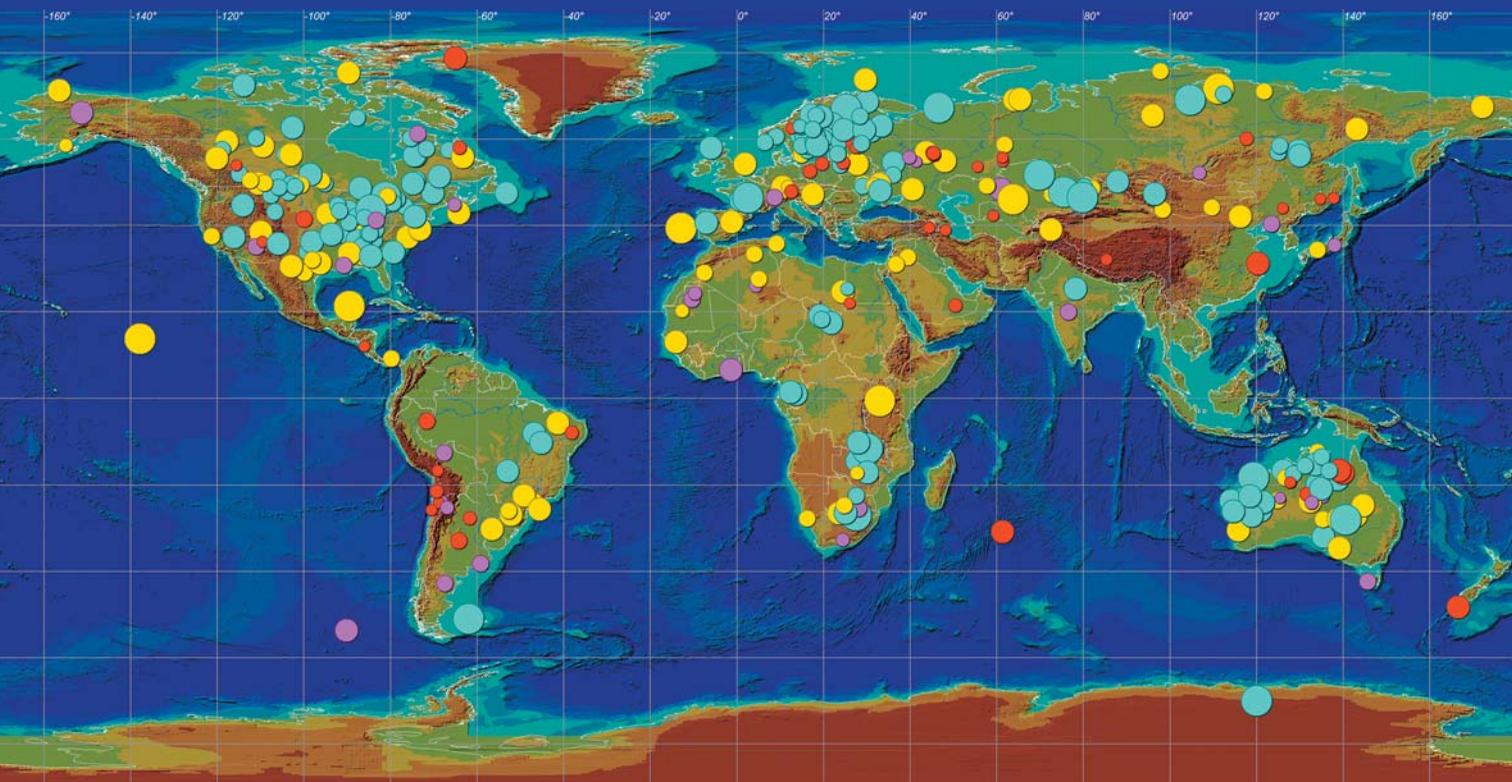
Сама идея, что причиной массового вымирания на рубеже мелового и третичного периодов мог стать удар крупного астероида, была впервые высказана Нобелевским лауреатом Л. Альваресом в 1980 г. В статье, опубликованной в *Science*, он с коллегами сообщил об обнаружении высокого содержания иридия и других элементов платиновой группы в тонком глинистом слое, залегающем в нескольких обнажениях известняковых толщ того периода в Италии, Дании и Новой Зеландии. По мнению ученых, это могло быть следствием удара крупного астероида около 65 млн лет тому назад.

Чтобы вызвать глобальную катастрофу, астероид должен был упасть где-то в пределах экваториального пояса, иметь диаметр порядка 10 км и оставить кратер диаметром около 200 км. Таких больших кратеров на суше на тот момент известно не было, и авторы статьи с самого начала предполагали, что найти его будет нелегко.

Однако уже в следующем году на конференции Американского общества разведочной геофизики был представлен анализ карт гравитационной и магнитной съемки западной части Мексиканского залива, который выявил область необычных концентрических аномалий с максимальным диаметром 200 км. Структура, которую интерпретировали как остатки крупного палеовулкана или импактного кратера, позднее получила название Чиксулуб по имени индейской деревушки на северном побережье Юкатана. Дальнейшие исследования, включая бурение, обнаружили множество признаков ее импактного происхождения, вплоть до геологических следов мощного цунами, прокатившегося по территории нынешнего штата Техас.

Процесс доказательства импактного происхождения конкретной кольцевой структуры весьма сложен, трудоемок и подчас растягивается на годы и даже десятилетия. Он включает сбор доказательств как минимум на четырех уровнях. Первый – морфологический с точки зрения ландшафта: наличие краевого вала, радиальных разломов, центрального поднятия (для крупных кратеров). Второй – геологический: присутствие раздробленных и расплавленных пород, *ударных конусов* – специфических образований, возникающих в породах мишени только при мгновенном (ударном) воздействии больших давлений. Третий, петрологический уровень, подразумевает поиск пород и минералов, образование которых связано с высокими давлениями и температурой. И, наконец, «микроразрешение», наиболее важный во всей цепочке: наличие минералов типа козсита и штисовита (импактного кварца), характерные дефекты в кристаллических структурах минеральных зерен.

Для первой доказанной импактной структуры – кратера Барринджер в Аризоне (США) диаметром около километра, этот процесс занял почти полвека. Метеоритную гипотезу образования оз. Кимгау в восточной Баварии ее сторонникам приходится отстаивать и поныне, несмотря на десятки доказательств, собранных на всех четырех уровнях (за исключением наличия импактного кварца)



Карта расположения 362 импактных кратеров с высоким индексом достоверности из Экспертной базы данных по импактным структурам Земли (EDEIS, 2021), поддерживаемой в лаборатории цунами Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (Новосибирск). Всего в базе EDEIS на данный момент содержатся сведения о 1190 импактных структурах. *Размер цветных кружков пропорционален диаметру кратера*

Возраст кратеров, тыс. лет



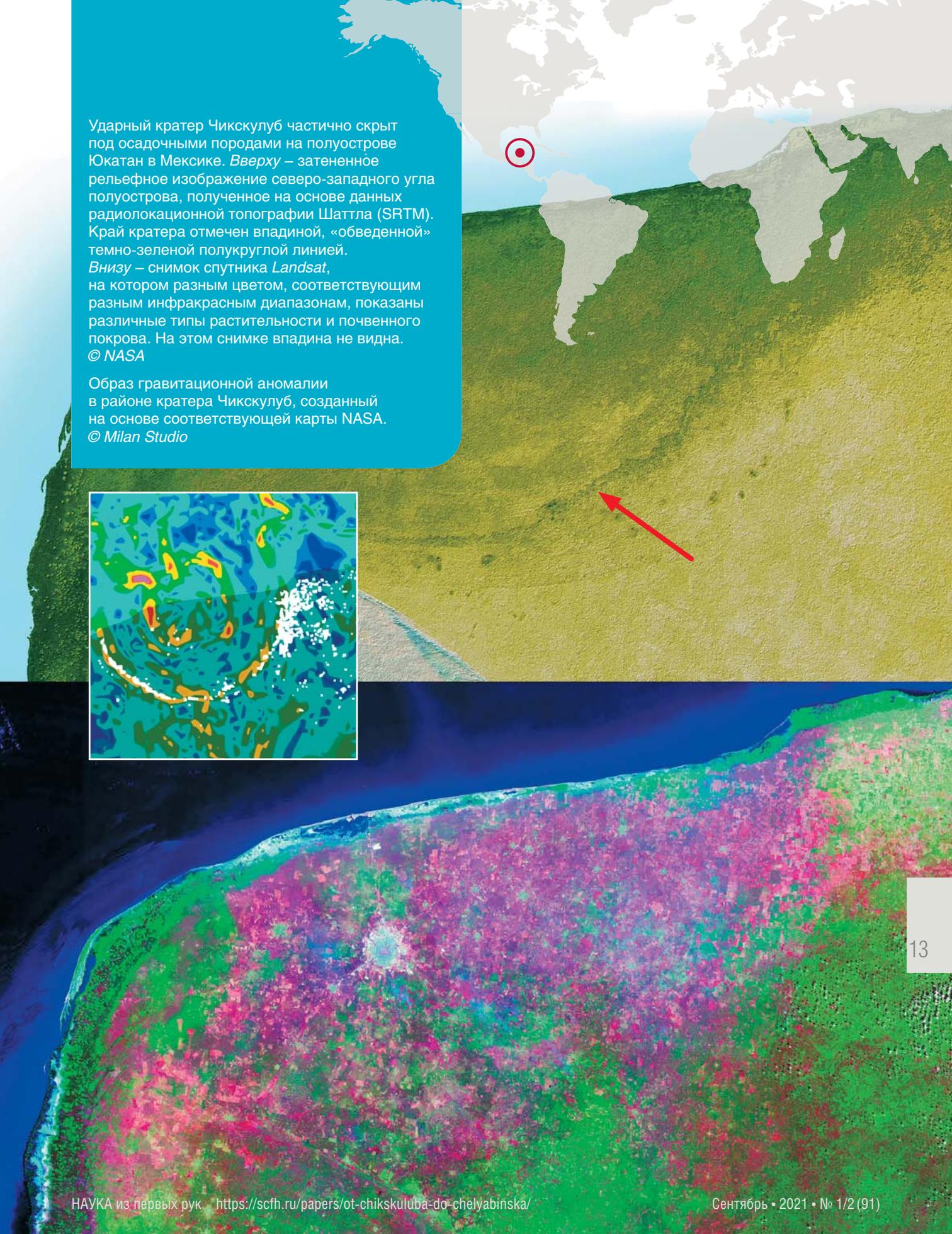
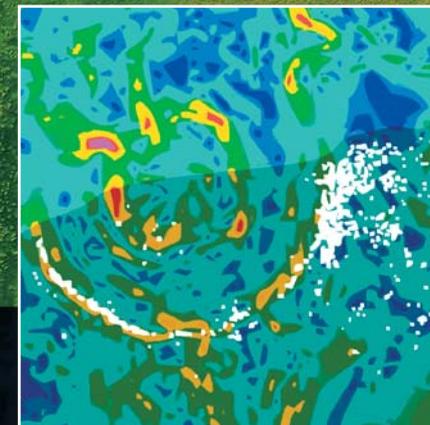
Ударная гипотеза образования кольцевой структуры на полуострове Юкатан была признана, и кратер Чикскулуб включили в эталонную базу, поддерживаемую Планетарным и космическим центром Университета Квебека (Канада). Позже А. Хилдебрандт с коллегами (1991) предположили, что Чикскулуб является той самой структурой, образование которой вызвало глобальную катастрофу, сопровождавшуюся массовым вымиранием.

Но с этой идеей согласились не все геологи и палеонтологи. Противники указывали, в частности, на тот факт, что процесс вымирания растянулся на многие десятки или даже сотни тысяч лет. В качестве альтернативы предлагалась, к примеру, гипотеза, согласно которой динозавры погибли от резких изменений в составе земной атмосферы, вызванной дегазацией земных недр в ходе начавшегося эпизода глобального базальтового вулканизма – именно в это время возникло знаменитое базальтовое плато Декан, закрывшее мощным покровом почти всю центральную Индию. Но есть мнение, что и само излияние базальтов в Индии (почти точки-антипода по отношению к Юкатану) было инициировано падением астероида, пробившего земную кору на многие десятки километров.

По мнению известного сторонника теории катастроф А. А. Баренбаума (2010), единичный удар даже крупного астероида не мог вызвать столь значительного вымирания, затронувшего не только динозавров, но и до трети всей остальной биоты. Катастрофическое изменение условий обитания в этот период могло стать результатом интенсивной бомбардировки Земли галактическими кометами, продолжавшейся несколько сот тысяч лет.

Ударный кратер Чикскулуб частично скрыт под осадочными породами на полуострове Юкатан в Мексике. *Вверху* – затененное рельефное изображение северо-западного угла полуострова, полученное на основе данных радиолокационной топографии Шаттла (SRTM). Край кратера отмечен впадиной, «обведенной» темно-зеленой полукруглой линией. *Внизу* – снимок спутника *Landsat*, на котором разным цветом, соответствующим разным инфракрасным диапазонам, показаны различные типы растительности и почвенного покрова. На этом снимке впадина не видна. © NASA

Образ гравитационной аномалии в районе кратера Чикскулуб, созданный на основе соответствующей карты NASA. © Milan Studio





Автор (слева) вместе с Нобелевским лауреатом Луисом Альваресом и его женой Милли на геологической экскурсии в самом большом в Европе метеоритном кратере Сильян, расположенном в Швеции. Фото автора

Ученый обосновывает идею тем, что не только рубеж «мел-палеоген», но и вся геохронологическая шкала в геологии являются отражением катастрофических бомбардировок Земли кометными ливнями, которые обрушивались на нее при прохождении Солнечной системой галактических рукавов.

«Вина кометы брызнул сок...»

В последние годы появляется все больше публикаций, свидетельствующих о реальности быстрых и глобальных по масштабу изменений климата Земли в течение *голоцена* (последних 12–13 тыс. лет) и их значительном влиянии на биосферу и ход исторических процессов.

В силу своей масштабности и уровня междисциплинарности вопрос об источниках и механизмах распространения таких резких климатических изменений является остро дискуссионным. Значительная часть специалистов (астрономов, геологов, археологов, историков) игнорирует само их существование, считая данные других наук отрывочными, противоречивыми и, следовательно, недостоверными.

В других дисциплинах, имеющих дело с прямыми наблюдениями и фиксацией разнообразных природных трендов, существование глобальных аномалий не отрицается, однако мнения об их причинах расходятся. В качестве последних, к примеру, извержения крупных вулканов, пыльные бури, многолетние засухи, задымление от длительных пожаров. При этом геологи и климатологи указывают, по крайней мере, на три глобальные климатические катастрофы за этот период, имевшие явно космические причины (кометные и астероидные удары): около 12,8 и 4,4 тыс. лет назад, а также в 536 г. нашей эры.

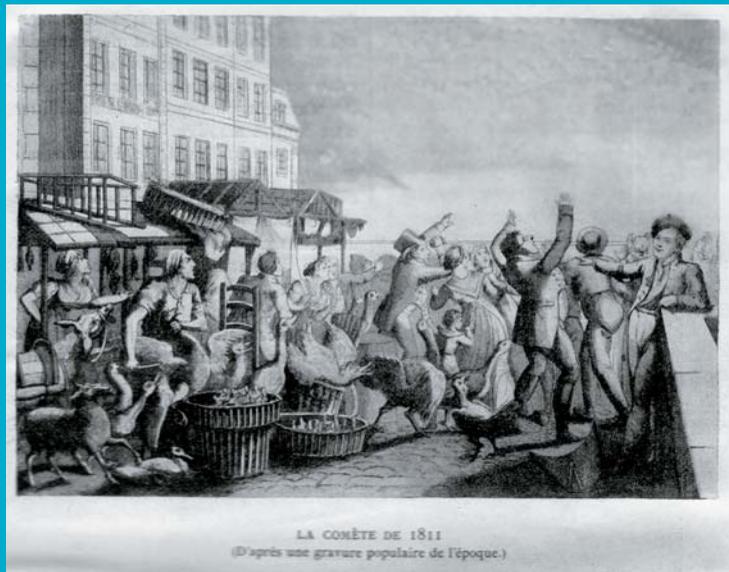
В то же время в истории и археологии господствующей парадигмой является убеждение, что нет никаких прямых свидетельств каких-либо

Примерно 65 млн лет назад, на границе мелового и третичного периодов («К-Т»), астероид диаметром около 10 км врезался в место, где расположен нынешний полуостров Юкатан, образовав кратер Чиксулуб. Огромное количество обломков, выброшенное в атмосферу, осело по всей Земле, образовав так называемую пограничную глину К-Т. Справа – образец пограничной глины К-Т с юго-востока Испании с желтовато-оранжевым окисленным железистым слоем толщиной 2–3 мм у основания, обогащенным химическими элементами (Ir, Co, Cr и Ni) из болида. © James St. John



В Скалистых горах Альберты были найдены окаменевшие останки тираннозавра, названного «Черной красавицей». Оригинал находится в Королевском музее палеонтологии Тиррелла (Драмхеллер, Канада), а реплики экспонируются по всему миру. © Mike Beaugard





Большая комета, известная также как комета Наполеона, была видна невооруженным глазом с 11 апреля 1811 г. по 20 января 1812 г. Слева – рисунок из книги Ж.-М. Файдита «Императорская комета 1811 года» (1822); справа вверху – гравюра из французского журнала *Le Magasin Pittoresque* (1853). *Public domain*

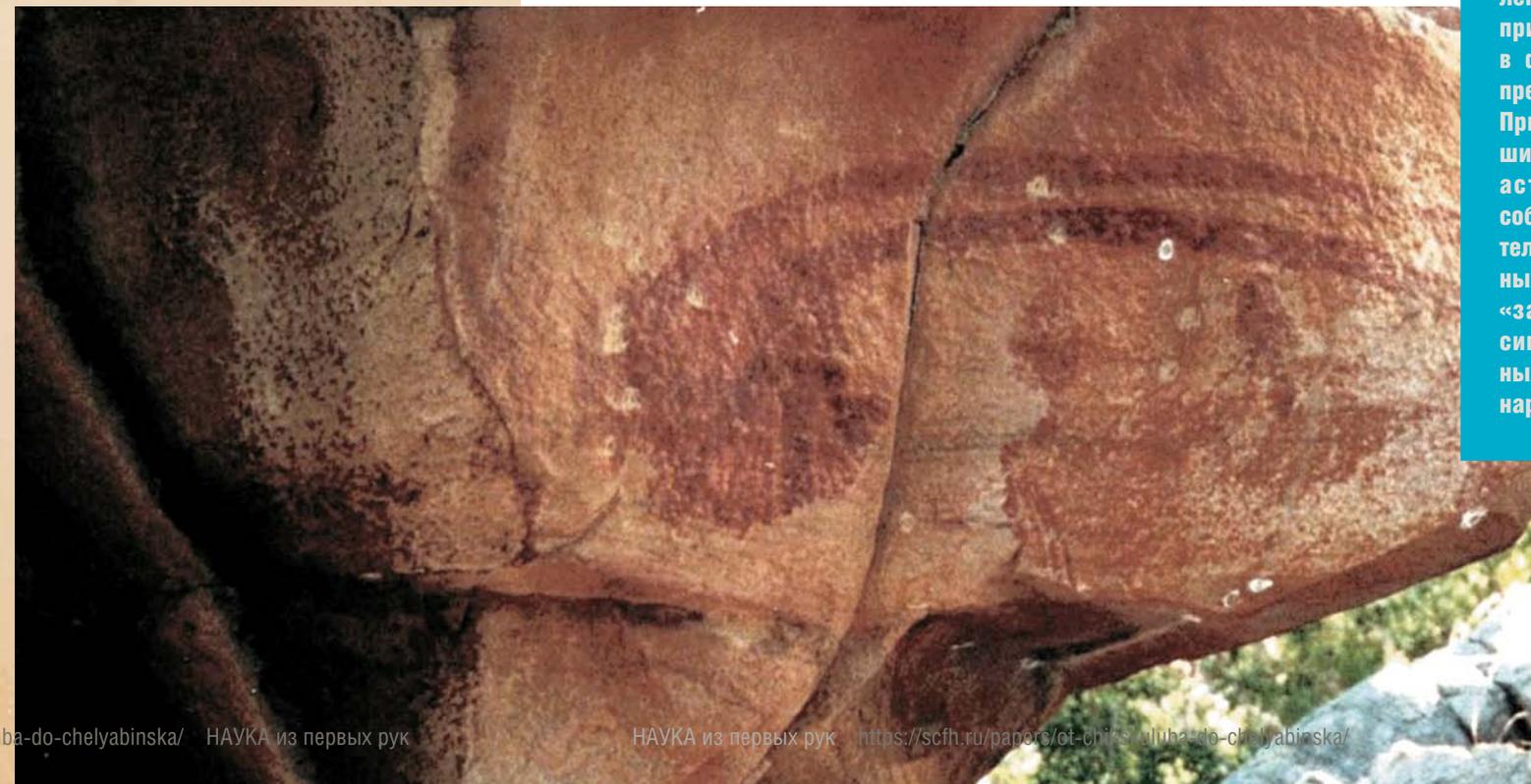
«космических» влияний на ход культурно-исторического процесса, по крайней мере, со времен зарождения письменности, т. е. в последние 5–6 тыс. лет.

Такая точка зрения поддерживается и многими представителями астрономического сообщества, занимающимися проблемой столкновений Земли с астероидами и кометами. Их основной метод состоит в подсчете малых космических тел в Солнечной системе, которые могут опасно сблизиться с Землей. По этим оценкам, средняя повторяемость столкновений Земли с крупными (диаметром около 1 км) астероидами составляет около 1 млн лет. Соответственно, вероятность крупной космической катастрофы в течение голоцена, т. е. за 12 тыс. лет, в сто раз меньше (около 1%).

Современная наука недооценивает космическую опасность, по-видимому, еще и потому, что XX в. оказался сравнительно беден на яркие небесные события. В XIX в., к примеру, наблюдалось около десятка больших комет и несколько впечатляющих метеоритных дождей, что нашло отражение в живописи и литературе. Вспомним пушкинское «вина кометы брызнул сок»: здесь речь идет о яркой комете, наблюдавшейся в августе–декабре 1811 г., которую в России сразу же связали с ожидавшимся вторжением Наполеона.

Повторяемость крупной региональной катастрофы типа падения Тунгусского метеорита сегодня оценивается астрономами в 1 тыс. лет. Но эта оценка может быть сильно занижена, если вспомнить, что только в прошлом веке крупные взрывы болидов случались по крайней мере еще дважды: на границе Перу и Бразилии в 1930 г. и в Британской Гвиане в 1935 г. А в последней четверти XVIII в. еще более мощный взрыв,

Наскальное изображение головы кометы, сделанное австралийскими аборигенами вблизи г. Каламбур (Западная Австралия). Фото Е. Брайент



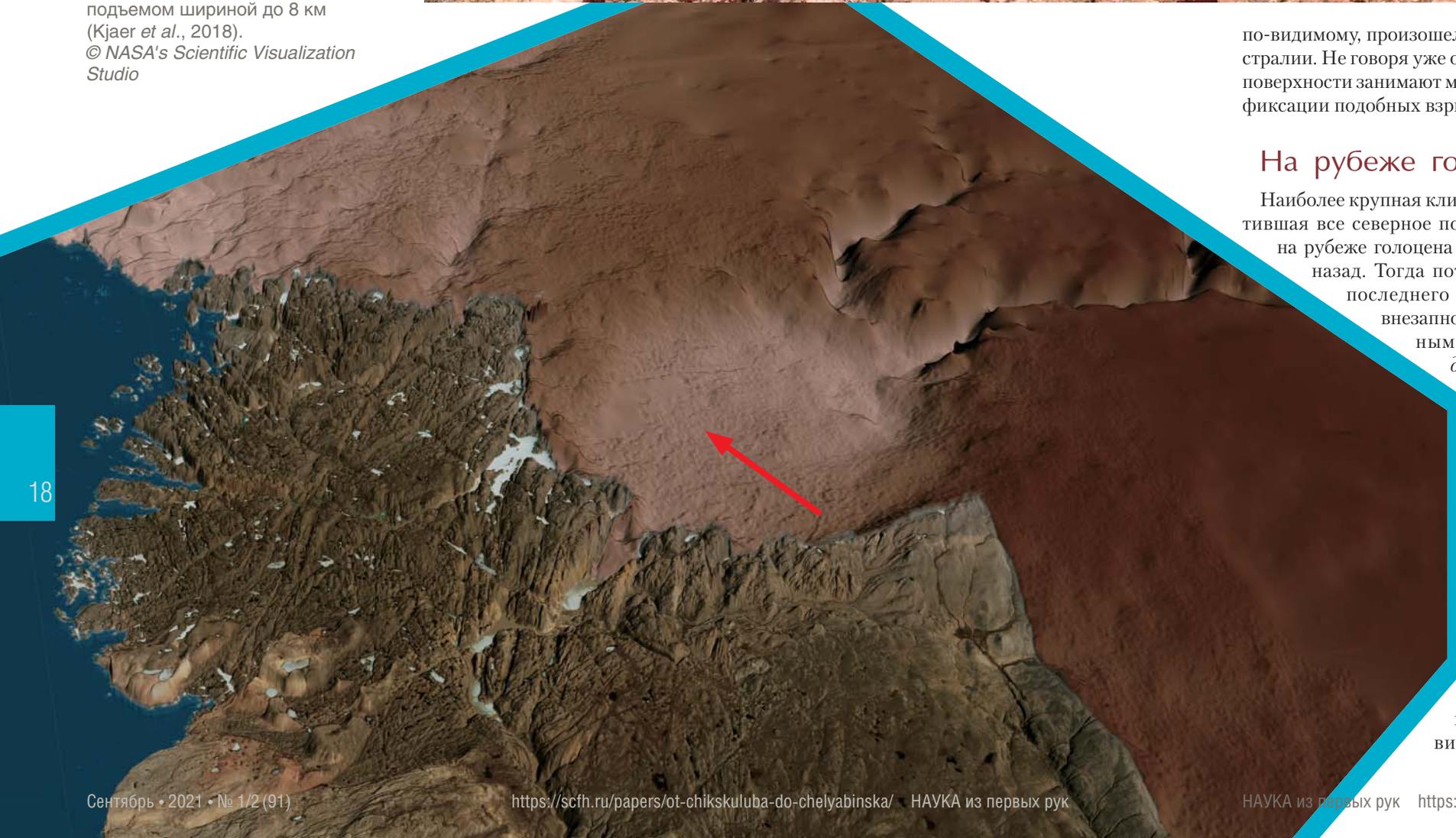
Копилка фактов, свидетельствующих о большой неоднородности климата на Земле в голоцене, стремительно пополняется как за счет появления нового исследовательского материала (длинных дендрохронологических рядов, колонок бурения гренландских и антарктических ледников, озерных осадков, образцов торфяников, коралловых рифов и пещерных отложений), так и за счет внедрения тонких аналитических методов изучения и датирования (SEM-фотографии, анализ микропроб).

Биологические свидетельства включают в себя внезапное исчезновение либо появление в ареале новых видов животных и растений и аномалии в годичных кольцах древесины, исторические и археологические – резкие колебания численности населения, внезапные миграции, разрушение городов и запустение давно обжитых областей.

Свою долю вносят и общественные науки. В последние десятилетия введены в научный оборот многочисленные свидетельства о необычных природных явлениях, рассеянные в фольклоре, легендах, сагах, преданиях и мифах народов мира. Приходит осознание, что за большинством из них стоят реальные астрономические и природные события, имевшие настолько значительные последствия для первобытных сообществ, что они оказались «записаны» в устных преданиях, символике и древних традиционных обрядах практически каждого народа

Кратер Бэрринджера (или Аризонский кратер) в американском штате Аризона диаметром 1200 м и глубиной 180 м образован относительно «небольшим», 50-метровым метеоритом, упавшим здесь около 50 тыс. лет назад.
© Ivy Mike

Кратер Гайавата скрыт под 930-метровой толщиной гренландского ледника. Если «снять» ледовый покров, то рельеф дна четко показывает импактную структуру. Кратер имеет круглое ложе с приподнятым краем, охватывающим относительно плоскую впадину диаметром около 31 км и глубиной около 320 м, с центральным подъемом шириной до 8 км (Kjaer *et al.*, 2018).
© NASA's Scientific Visualization Studio



по-видимому, произошел над южным побережьем Австралии. Не говоря уже о том, что три четверти земной поверхности занимают моря и океаны, где вероятность фиксации подобных взрывов крайне мала.

На рубеже голоцена

Наиболее крупная климатическая катастрофа, охватившая все северное полушарие Земли, произошла на рубеже голоцена примерно 12,8 тыс. лет тому назад. Тогда потепление, начавшееся после последнего ледникового периода, было внезапно прервано событием, известным как похолодание *молодого дриаса*, которое продлилось почти 900 лет. Сам эпизод похолодания, парадоксально наступивший в момент интенсивного таяния и отступления ледников, был известен геологам с конца XIX в., но относительно причины его возникновения имелись только догадки.

Новую и достаточно неожиданную гипотезу механизма похолодания предложили физик Р. Файерстоун и геологи А. Вест и С. Ворвик-Смит в 2006 г. На основе

анализа большого комплекса данных ученые пришли к выводу, что наиболее вероятным физическим механизмом, объясняющим весь набор фактов, связанных с резким изменением климата Северного полушария в эпоху молодого дриаса, является удар кометы по ледниковому щиту, покрывавшему в то время Гренландию и большую часть Канады.

Космическая катастрофа привела к гибели практически всех животных весом свыше 40 кг на территории Северной Америки и быстрому исчезновению культуры каменного века *кловис*, распространенной на территории Северо-Американского континента. Разрушение ледника вызвало выброс в Атлантику и Мексиканский залив огромных масс пресной воды, накопившейся в приледниковых озерах в результате постепенного таяния ледника, что привело к изменению режима Гольфстрима и, соответственно, повлияло на климат всей Евразии. А пожары в прериях и лесах Северной Америки вызвали задымление атмосферы, что нашло подтверждение в резком повышении концентрации сажи и других частиц в соответствующих слоях колонок бурения Гренландского ледяного щита.

В рамках импактной гипотезы получили объяснение десятки других фактов и наблюдений из самых различных дисциплин, включая, к примеру, загадку образования так называемых «заливов Каролины» – неглубоких эллиптических депрессий, малозаметных на местности, но четко видимых на спутниковых снимках территории Северной и Южной Каролины.

Слабым местом этой гипотезы было отсутствие свидетельств наличия кратера на месте предполагаемого



Экспедиция на Мадагаскар.
2006 г. Фото автора

кометного удара. Однако в 2018 г. появилось сообщение, что с помощью сонара в западной части Гренландского ледникового щита обнаружена большая круговая депрессия, названная кратером Гайавата (Kjaer *et al.*, 2018). Кратер диаметром 31 км скрыт под почти километровым слоем льда, но хорошо выражен в коренных породах. Его возраст оценивается примерно в 13 тыс. лет. Размер ударника для создания такого кратера предположительно составляет 1,5 км, что превышает минимальный размер космического тела, способного вызвать глобальную климатическую катастрофу.

Несмотря на открытие этого гигантского кратера, импактная гипотеза катастрофического начала голоцена продолжает подвергаться ожесточенной критике со стороны ее многочисленных противников. При этом критики, как правило, не утруждают себя альтернативными объяснениями основных фактов, лежащих в ее основе, оставляя их и сотни других свидетельств резких климатических изменений, происходивших в то время в Северном полушарии, за рамками дискуссии.

Точнее сказать, какие-то объяснения этим явлениям все-таки даются. Примером может служить гипотеза «оверхантинга» как причина исчезновения мамонтов и шерстистых носорогов в Евразии. Ее сторонники при этом мало заботятся о фактах, не утруждая себя сопоставлением численности популяций мамонтов, по некоторым оценкам доходившей до 5 млн особей, и тогдашних жителей Евразии, число которых едва

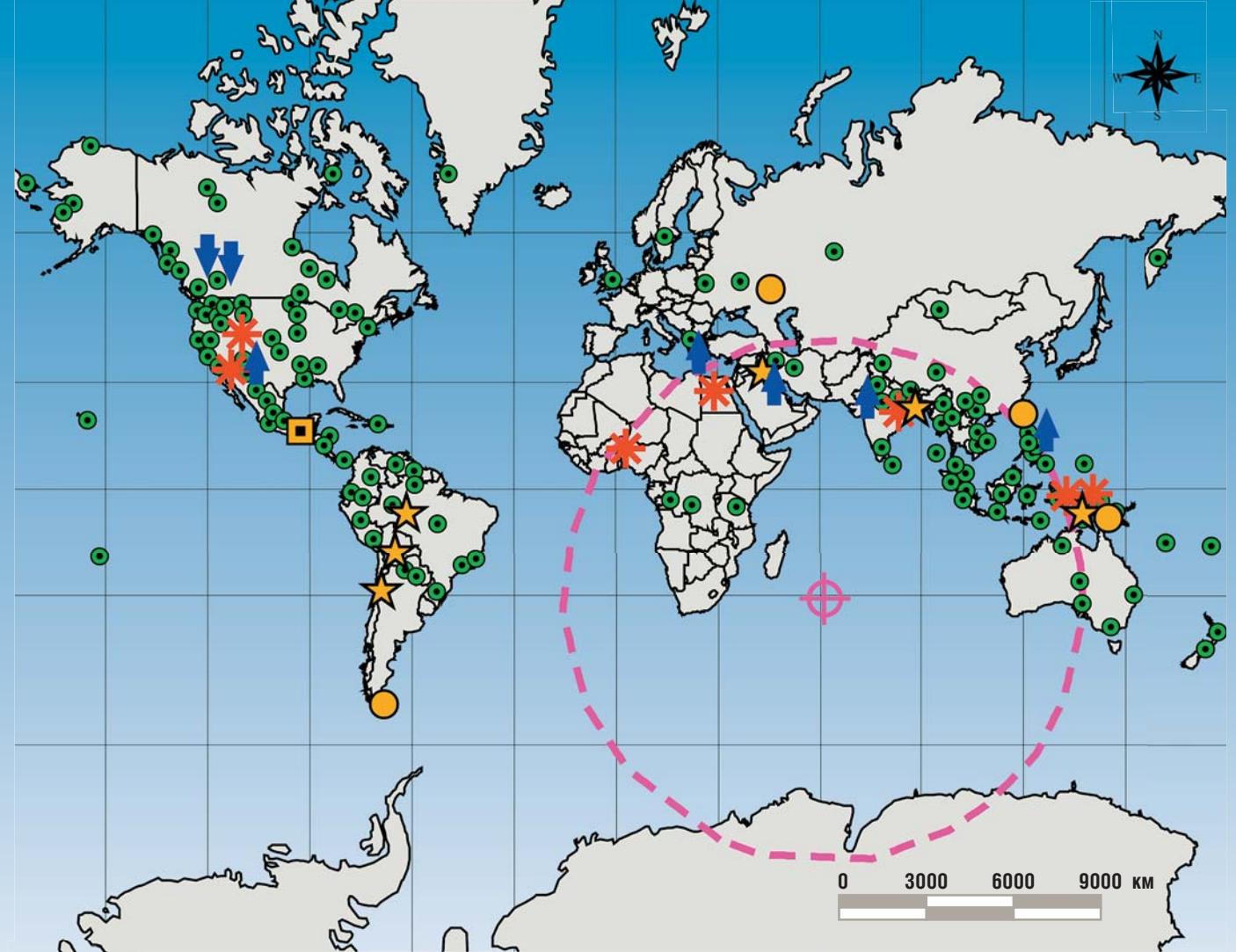


ли достигало 100 тыс. человек. Тогда как изучение пищевых предпочтений древнего человека по составу костных останков на стоянках показывает, что основой питания древних людей были северные олени и гуси – гораздо более вкусная и доступная добыча. Как писал (по другому поводу) Л. Н. Гумилев, любые попытки четко сформулировать такого рода гипотезы лучше всего демонстрируют их несостоятельность.

Следы на песке

Катастрофа «Великого потоп», по-видимому, случившаяся на Земле около 4,5 тыс. лет назад, является одной из наиболее известных в древней истории. Фактически с нее началась геология как наука, поскольку первые натуралисты пытались объяснить все видимые особенности и формы земной поверхности влиянием мощных водных потоков.

По мере накопления полевых наблюдений становилось все более очевидным, что возраст Земли значительно старше 6 тыс. лет, отведенных ей Ветхим Заветом, и что ее поверхность формировалась под действием совершенно других геологических факторов. На длительный период само существование такой катастрофы в истории планеты попало под сомнение. Возврат серьезного научного интереса к этой гипотезе произошел только в последние десятилетия, когда стало понятно, что сведения о катастрофе, унесшей значительную часть населения Земли, имеются не только в Книге Бытия, шумерских легендах и древнеиндийской поэме «Махабхарата»,



-  Кратер Буркле
-  Появление горячей воды в океане или на суше
-  «Грязный» дождь
-  Места бытования легенд о Великом потопе
-  Направление прихода атмосферной бури
-  Горячий дождь
-  Интенсивный нагрев или возгорания на суше перед началом бури
-  Граница разлета пород земной коры, выброшенных в стратосферу

но и в преданиях буквально всех племен и народов мира, чья мифология собрана и переведена на европейские языки.

Наиболее полно легенды о Всемирном потопе проанализировал один из членов нашей группы *HIWG*, историк и археолог Б. Массе из Лос-Аламосской национальной лаборатории в штате Нью-Мексико (США). В докладе на Международной конференции «Кометная и астероидная опасность и будущее человечества» (2004) он привел результаты изучения 175 легенд и мифов из 40 стран мира, где описывается стихийное бедствие, беспрецедентное по своей силе и охвату территории.

Согласно описаниям, все началось с сильнейшей атмосферной бури, которой во многих местах предшествовали сейсмические сотрясения и пожары; продолжилось многодневным проливным дождем и закончилось наводнением, затопившим все низменные участки суши. Наиболее поразительно, что детали описания и последовательность развития событий, включая черное небо, сильный ветер и гигантские волны со стороны океана, часто совпадают в преданиях племен, живших совершенно изолированно друг от друга в Южной и Северной Америке, Исландии, Индии, Новой Гвинее, Австралии и т. д.

Детальный анализ текстов древних легенд и сказаний о Великом потопе позволил Б. Массе указать примерное место падения гигантской кометы, ставшей причиной Великого потоп, – юго-западная часть Индийского океана недалеко от Мадагаскара. *По: (Masse, 2008)*



Основная толща шевронных дюн на юге Мадагаскара сложена несортированным морским песком с включением тяжелого материала. Примером может служить этот обломок кораллового основания, найденный в дюне Фенамбоси в 3 км от берега на высоте 165 м над уровнем моря. Фото автора

Детальный анализ упоминаний метеорологических и геофизических явлений, содержащихся в древних преданиях и текстах, позволил Массе не только выдвинуть гипотезу о космогенном характере этой планетарной катастрофы, вызванной падением в океан гигантской кометы, но и указать примерное место падения – юго-западная часть Индийского океана недалеко от Мадагаскара.

Сильнейший удар разрушил подстилающие породы земной коры, выбросив в атмосферу Земли миллиарды тонн породы, которая через короткое время начала выпадать на Землю в виде капель расплава, вызвавших пожары в африканской и южноамериканской саванне. Взрыв породил разрушительное цунами, опустошившее близлежащие берега Индийского океана. Но самое главное – взрыв испарил и выбросил в атмосферу огромные массы воды, которая уже через сутки начала выпадать на Землю в виде непрерывного проливного дождя, превратившего равнины всех континентов в сплошные озера с выступающими из них вершинами гор и высоких холмов. Далее к этому процессу подключились ураганы, вынося с сильными ветрами и проливными дождями из зоны падения космического тела избыток тепловой энергии, вброшенной в атмосферу Земли.

Гипотеза Массе дала толчок целенаправленному поиску кратеров на дне Индийского океана. Спустя год другой член нашей группы, морской геолог Д. Абботт из Геологической обсерватории Ламонт-Дохерти (США) при анализе батиметрических карт обнаружила в этом районе кольцевую структуру диаметром 29 км, которую она назвала кратером Буркле. Находится



Шевронные дюны на восточном побережье о. Грут в заливе Карпентария (северная Австралия) очень напоминают гигантские шевронные дюны на юге Мадагаскара. На фото – участники экспедиции 2012 г. на о. Грут. Слева направо: Д. Абботт, Б. Массе, Д. Массе, В. Гусяков



он на глубине около 4,5 км и практически не покрыт донными осадками, что указывает на его относительно молодой возраст.

В пробах бурения дна поблизости от кратера, проведенного в рамках международной программы *DSDP*, Абботт нашла ряд прямых свидетельств его возможного импактного генезиса: следы выброса глубинных пород в самой верхней части разреза, импактный кварц, раздробленные зерна других минералов (полевого шпата, шпинели), а также микрозерна чистого никеля.

Ближайший к кратеру Буркле участок суши – Мадагаскар, и именно на его южном побережье находится одна из самых больших систем тех самых *шеvronных дюн*, хорошо видных на спутниковых снимках. Глубина проникновения их на сушу достигает 45 км, а высота концевых частей – 200 м. При этом азимут простираения длинной оси этих структур прямо указывает на кратер.

В отношении механизма формирования береговых шевронных дюн существуют две конкурирующие гипотезы – ветровая и водная, которые невозможно подтвердить или опровергнуть только на основе спутниковых снимков. В 2006 г. нам удалось обследовать три из четырех систем, включая две крупнейшие в районе заливов Фенамбоси и Ампапаза. И первые же полевые маршруты показали, что дюны сложены грубозернистым несортированным морским песком с включением гальки и обломочного материала, который не может перемещаться ветром.

Находки раковин и остатков кораллов в песчаной толще также свидетельствуют о морском происхождении материала. В песке были обнаружены также многочисленные *микрофоссилии* в виде крошечных окаменевших раковин моллюсков. При этом тонкая структура раковин оказалась

практически неповрежденной, чего не могло быть в случае их транспортировки ветром на расстояние в десятки километров.

«Солнце на год скрылось в тусклой мгле...»

Наиболее близкая к нам глобальная климатическая катастрофа произошла в 536–540 гг. Впервые этот период привлек внимание дендрохронологов, составивших в 1970-х гг. базовый хронологический ряд аномалий колец древесины европейского дуба за 2 тыс. лет. Позднее, когда появились аналогичные длинные ряды для других континентов, стало ясно, что эта аномалия носит глобальный характер. А при анализе колонок бурения ледников Гренландии и Антарктиды выяснилось, что лед в соответствующем временном интервале





Годичные кольца деревьев служат своеобразной летописью изменений состояния окружающей среды. Их повреждения у этой старой монгольской сосны свидетельствуют о суровых климатических условиях 536–537 гг.

Фото Д. Брегер (Университет Дрекселя, США)

При поиске причины катастрофы первое подозрение пало на извержение крупного вулкана, расположенного в экваториальном поясе. Однако вулканологи не могли указать на какой-то конкретный вулкан, извергавшийся в этот период. Анализ донных осадочных колонок из самых разных районов Мирового океана также не выявил наличия прослоек вулканического пепла, которые неизбежно должны были остаться после столь крупного извержения.

Шаг к разгадке причин этой климатической катастрофы сделала в 2005 г. все та же доктор Абботт из геологической обсерватории Ламонт-Дохерти. Изучая батиметрические карты залива Карпентария на севере Австралии, она обнаружила две круговые депрессии – Канмаре и Таббан (диаметром 9 и 12 км соответственно) и предположила, что они могли быть следами двойного кометного удара в юго-восточной части залива. На основе анализа верхней части колонок бурения Абботт смогла выявить признаки, характерные для высокоскоростных взаимодействий, включая высокие концентрации железа, никеля и хрома.

Массивный удар по водной поверхности даже в относительно мелководном заливе должен был вызвать волны типа цунами, следы которых могли остаться на его берегах. При просмотре спутниковых снимков на ближайших островах и западном побережье залива действительно были обнаружены шевронные дюны, которые по одной из гипотез считаются результатом отложений мощных водных потоков.

В 2012 г. нам удалось посетить один район восточного побережья о. Грут, где располагаются наиболее «развитые» дюны. Экспедиционные работы осложнялись тем, что остров находится под управлением аборигенов, а большая часть его территории закрыта даже для австралийцев. После непростых переговоров с представителями племен нам удалось получить разрешение на посещение побережья, где мы увидели примерно ту же картину, что и в гигантских дюнах Мадагаскара: несортированный морской песок с включением обломков кораллов и галечного материала, который никак не мог быть занесен так далеко от берега ветром. Но окончательное решение вопроса о причинах глобальной климатической катастрофы 536–540 гг. требует широкомасштабных междисциплинарных исследований на территории всех континентов.

Земля в космическом тире

Так насколько реальна угроза из космоса? Несмотря на свою непостижимую обыденным человеческим сознанием громадность, космос отнюдь не пустой. Внутри Солнечной системы и в ее ближайших окрестностях, помимо Солнца, планет и их спутников, находится огромное количество других космических объектов самого разного состава и размера, начиная от микронных частиц космической пыли до крупных астероидов и гигантских ледяных комет.

И все эти тела взаимодействуют друг с другом через гравитационное поле, а иногда и непосредственно, путем прямых столкновений. Образование кратеров – один из основных процессов, формирующих поверхность даже крупных астероидов. Неслучайно

одна из наиболее цитируемых работ по этой тематике, написанная британскими астрофизиками, так и называется: «Земля в космическом тире» (Asher *et al.*, 2005).

Стрельба в этом тире не прекращается ни на день. Каждый человек много раз видел метеорные следы на ночном небе, оставляемые микрочастицами, сгорающими в верхних слоях стратосферы. Время от времени на Землю падают объекты большего размера, которые взрываются на высотах 15–20 км, – эти яркие вспышки заметны даже на дневном небе, а ударная волна может достигать поверхности Земли. Последний широко известный пример такого события – взрыв Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г., тротиловый эквивалент которого оценивается в 450–500 кг.

Челябинский взрыв, вызвавший шоковое состояние не только у непосредственных очевидцев, но и у местных властей, квалифицировался как чрезвычайное происшествие федерального уровня. Не только в СМИ, но и в некоторых научных публикациях это событие преподносилось как совершенно исключительное, крайне маловероятное, ближайшим аналогом которого является Тунгусская катастрофа 1908 г. Однако чуть меньшее по размерам космическое тело, с тротиловым эквивалентом порядка 170 кг, столкнулось с Землей

Озеро Смердячье расположено в Шатурском районе Московской области. Идеально круглое зеркало воды диаметром около 400 м окружено отчетливо выраженным краевым валом. В его толще во множестве встречаются обломки кремнистых сланцев, выброшенных взрывом с глубины около 40 м, что может служить свидетельством импактного происхождения озера. Фото автора

содержит очень высокие концентрации аммония и хлора, что могло свидетельствовать о масштабных пожарах и повсеместном выпадении кислотных дождей.

В историческом плане этот период оказался одним из переломных моментов мировой истории, переходом от древнего мира к современному. «Это была беспрецедентная катастрофа за весь период письменной истории. Внезапно, без всяких видимых причин Солнце на год скрылось в тусклой мгле. Погодные условия на всей Земле резко изменились. Засухи в одних странах и наводнения в других, неурожай в Азии и на Среднем Востоке привели многие древние культуры на грань коллапса. Эпидемия бубонной чумы, начавшаяся в Африке, стерла половину населения Европы. В течение нескольких десятилетий старый мир умер, и ему на смену пришел новый, в значительной степени тот мир, который мы знаем сегодня» (Keays, 1999).



всего 5 лет спустя – к счастью, оно взорвалось над пустынной западной частью Берингова моря.

Как упоминалось выше, минимальный размер астероида, способного вызвать глобальную климатическую катастрофу с самыми серьезными последствиями для цивилизации, составляет 1 км в диаметре, а тротиловый эквивалент его взрыва равен 50–70 Гт. Это примерно в сто раз больше суммарного запаса ядерных зарядов всех стран. Климатические изменения, которые последуют за одномоментным вбросом такого количества энергии в атмосферу Земли, будут столь значительны, что справиться с ними не сможет ни одно государство, даже не затронутое прямым воздействием импактного взрыва (световым излучением, ударной волной, землетрясением, облаками пепла и пыли).

Число километровых тел в астероидном поясе сегодня оценивается примерно в тысячу, и считается, что сейчас уже обнаружено более 90% астероидов этого класса. Среди них на данный момент нет объектов, находящихся на траектории опасного сближения с Землей в ближайшие 50–100 лет.

Число небесных тел в субкилометровом диапазоне (140–1000 м) составляет уже многие десятки тысяч – полное их выявление потребует нескольких десятилетий непрерывных наблюдений. Именно в этой категории находятся тела, о которых время от времени сообщают СМИ как об опасных объектах, угрожающих столкновением с Землей. К их числу, например, относится известный астероид Апофис диаметром 340 м: ожидается, что он подойдет к Земле на близкое (менее 0,1 дистанции до Луны) расстояние в 2029 г. и, возможно, еще в 2036 г. Тротиловый эквивалент взрыва при падении на Землю такого астероида составит более 500 Мт.

Изучение истории глобальных климатических катастроф в голоцене свидетельствует об актуальности проблемы столкновения Земли с космическими телами. В то время как большая часть астрономического сообщества не верит в возможность их космогенных причин, геологи указывают на существование по меньшей мере десятка молодых кратеров и нескольких кратерных полей, образовавшихся за этот период. Наиболее крупные из них – кратеры Мача в Якутии, Хэдбюри в Австралии, Каали и Илуметца в Эстонии, Мораско в Польше, Ум-эль-Бинни в Ираке, Вабар в Саудовской Аравии, кратерные поля Кампо-дель-Сиело и Рио-Кварто в Аргентине, Кимгау в баварских Альпах.

Есть и множество необычных кольцевых структур, ожидающих подтверждения своего импактного происхождения, включая озера круглой формы с необычно большой (до 50–70 м) для равнинных водоемов глубиной и наличием краевого вала на берегах. Только в Центральной России известно несколько таких озер, чье происхождение лимнологи не могут объяснить. Среди них наиболее изученным является оз. Смердячье в 90 км к востоку от Москвы, идеально круглой формы, диаметром около 400 м и глубиной до 36 м. Нижняя граница мощности взрыва, необходимого для создания такой воронки в осадочных толщах, – около 1 Мт в тротиловом эквиваленте.

Исследования подобных глубоких озер, а также анализ свидетельств крупных болидных взрывов типа Челябинского или Тунгусского особенно важны, так как позволяют уточнить частоту падений космических тел на Землю на современном этапе ее геологической истории. Обычные оценки этой частоты, сделанные на основе анализа каталога импактных кратеров Земли и других планет, менее надежны, поскольку временное покрытие в этом случае очень велико (для Земли – 2 млрд лет), а на таких огромных промежутках времени этот показатель может варьировать по чисто астрофизическим причинам. В свою очередь, надежные оценки ожидаемой частоты падений необходимы для сопоставления реальных рисков различных опасных природных явлений.

Падения космических тел на Землю относятся к типу природных катастроф с низкой вероятностью, но потенциально тяжелыми последствиями. Поскольку эффективной системы защиты Земли от космических угроз в настоящее время не существует (и вряд ли она появится в близком будущем), единственной мерой противодействия остается планирование мероприятий по снижению тяжести последствий. И оно должно основываться на результатах изучения поражающих факторов – последствий импактных воздействий на атмосферу и поверхность Земли – и адекватных оценках возникающих рисков.

Болидом называют очень яркий метеор – светящийся атмосферный след крупного метеороида, стремительно летящего к земной поверхности подобно падающему копы. Последним из таких небесных явлений стал Челябинский болид, мощность взрыва которого оказалась в 20–30 раз больше атомной бомбы, уничтожившей Хиросиму. Фото М. Ахметвалеева (Челябинск)

На огромной территории Сибири и Дальнего Востока находится 11 подтвержденных и около 60 предполагаемых импактных структур, включая 100-километровый Попигайский кратер – один из крупнейших на Земле. Только за последние десятилетия в Сибири зафиксировано два взрыва крупных болидов – Чулымского (26 февраля 1984 г.) и Витимского (25 сентября 2002 г.) с тротиловым эквивалентом не менее 10 Кт.

На Сибирь пришелся и самый сильный из достоверно документированных болидных ударов – Тунгусский взрыв 30 июня 1908 г., тротиловый эквивалент которого сейчас оценивается в 5–10 Мт.

Литература

Баренбаум А.А. Галактоцентрическая парадигма в геологии и астрономии. М.: ЛИБРОКОМ, 2010. 544 с.

Alvarez L., Alvarez W., Asaro F., Michel H. Extraterrestrial causes for the Cretaceous-Tertiary extinction // *Science*. 1980. V. 208. P. 1108.

Asher D.J., Bailey M., Emel'Yanenko V., & Napier W. Earth in the cosmic shooting gallery // *The Observatory*. 2005, V. 125. P. 319–322.

EDEIS (2021) Expert Database on the Earth Impact Structures, <https://tsun.sccc.ru/nh/impact.php>

Hildebrand A., Boynton W. Cretaceous ground zero // *Natural History*, 1991. V. 46.

Firestone R., West A., Warwick-Smith S. *The Cycle of Cosmic Catastrophes: How a Stone-Age Comet Changed the Course of World Culture*, 2006.

Kjaer K.H., et al. A large impact crater beneath Hiawatha Glacier in northwest Greenland // *Science Advances*. 2018. V. 4, <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar8173> %JScienceAdvances

Keys D. *Catastrophe: an investigation into the origins of the modern world*. New York: Ballantine Books, 1999. 343 p.