

# КРАТЕРЫ РАСКРЫВАЮТ СЕКРЕТЫ

Ударные кратеры оказывают влияние на рельеф всех твердых тел Солнечной системы и раскрывают важную информацию об истории планет.

**Н**е так давно многие астрономы ставили под сомнение возможность образования кратеров от ударов космических объектов. Единственным объектом с кратерами, известным на тот момент, была Луна. Через телескопы можно было рассмотреть лишь самые крупные лунные кратеры, которые, скорее всего, образовались подобно земным вулканическим кальдерам (см. «Глоссарий»).

Теория ударного происхождения кратеров, которую в 1893 году предложил Гров Карл Джильберт (см. «Звезды космоса»), стала популярной лишь в начале XX века, по мере того как геологи находили ударные кратеры на Земле (см. «Важные открытия»).



ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

ГРОВ КАРЛ ДЖИЛЬБЕРТ (1843–1918)

**С**тал первым ведущим геологом Геологической службы США с момента ее образования в 1879 году. Прославился благодаря важным географическим исследованиям. Так, в 1890 году Гров предположил, что Большое соленое озеро в Юте представляет собой остатки более крупного внутреннего моря, которое он назвал озером Бонневилль.

В 1893 году Джильберт первым предложил гипотезу о том, что лунные кратеры образовались в результате ударов – ученый провел эксперименты, чтобы продемонстрировать, как удар метеорита мог повлечь за собой изменения рельефа.

#### ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЬ

Джильберт первым выдвинул идею о том, что лунные кратеры образовались в результате ударов.



#### МАРСИАНСКИЙ

**КРАТЕР** Космический аппарат ЕКА «Марс-экспресс» запечатлел кратер Маундера. При ширине 90 км его отличает незначительная глубина – всего 900 м. Изначально впадина была намного глубже – позднее ее заполнил материал марсианской поверхности.





#### ЛУННЫЙ КРАТЕР

На фото хорошо видна ступенчатая внутренняя стена Дедала – кратера на обратной стороне Луны.

Однако о том, насколько кратеры оказались распространенными на спутнике Земли и насколько они разнятся по размерам, стало известно только с началом подготовки программы НАСА «Аполлон» по высадке на Луну.

### ЗЕМЛЯ ПОД ЗАЩИТОЙ

Относительно небольшое количество кратеров на нашей планете можно объяснить наличием защитного «экрана» – земной атмосферы – и постоянным обновлением коры благодаря тектоническому движению.

Однако по мере того, как космические аппараты достигали более удаленных уголков Солнечной системы, становилось ясно, что кратеры оставили свой след в истории всех ее объектов.

Ударные кратеры образуются, когда тело, движущееся в космосе на большой скорости, врезается в твердую поверхность более крупного космического объекта. Когда такое тело приземляется на твердую поверхность, ударные волны расходятся от центра к краям, образуя движущийся фронт. Энергия удара разогревает, расплавляет и сжимает любой материал. По мере удаления от места удара энергия постепенно уменьшается.



#### ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

### КРАТЕР БАРРИНДЖЕРА

Первым метеоритным кратером, обнаруженным на Земле, стал кратер Барринджера, расположенный в аризонской пустыне, неподалеку от города Флагстафф. Хотя он был известен еще до колонизации Америки и его изучал Гров К. Джильберт, никто не относил это образование к метеоритным кратерам, пока его исследованием не занялся горный инженер Дэниел Барринджер.

Земля вокруг кратера была усыпана кусками железа, и Барринджер надеялся откопать метеорит, который, по его мнению, находился во впадине. Инженер начал бурить участок в 1903 году и вскоре нашел доказательства того, что кратер образовался в результате сильного сжатия, вызванного ударом метеорита. Однако поиски минералов не увенчались успехом. Барринджер продолжал бурить участок до 1929 года, однако метеорит, который, по мнению инженера, весил 10 миллионов тонн, так и не был найден.



**БАРРИНДЖЕР** Кратер диаметром 1200 м и глубиной 170 м – достопримечательность аризонской пустыни.

По мере движения ударной волны образуется область с более низким давлением – т. н. волна разрежения. Благодаря этому расплавленный, распыленный материал быстро расширяется, выбрасываясь коническим фонтаном со всех краев растущего кратера.

### ВТОРИЧНЫЕ КРАТЕРЫ

Первые выбросы (см. «Глоссарий»), образующиеся при ударе, имеют наивысшую скорость. Этот материал дальше всего отбрасывается от кратера. Когда он обретает форму чаши, энергия, выталкивающая выбросы, уменьшается. Крупные глыбы материала могут образовывать вторичные кратеры вокруг первого удара, а более мелкие фрагменты, отброшенные на боль-

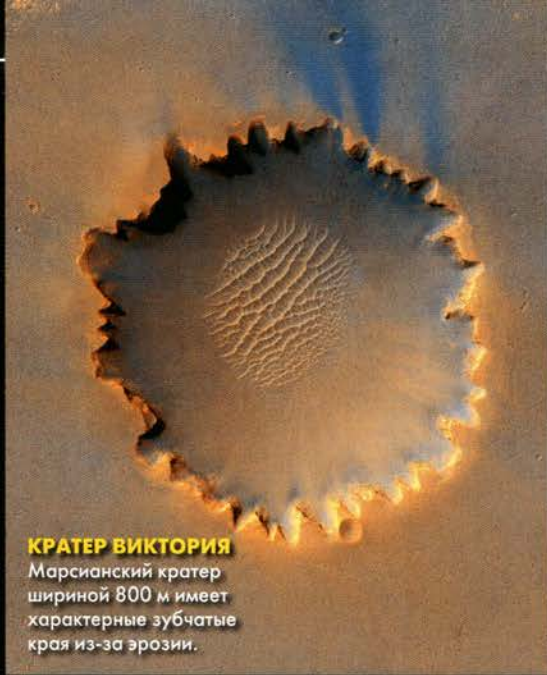
#### ГЛОССАРИЙ

##### Кальдера –

образование зачастую округлой формы, которое появляется там, где над подземным резервуаром вулканической магмы происходит обрушение грунта.

##### Выбросы –

расплавленная или осколочная порода и другие материалы, выброшенные ударом на большой скорости.



### КРАТЕР ВИКТОРИЯ

Марсианский кратер шириной 800 м имеет характерные зубчатые края из-за эрозии.

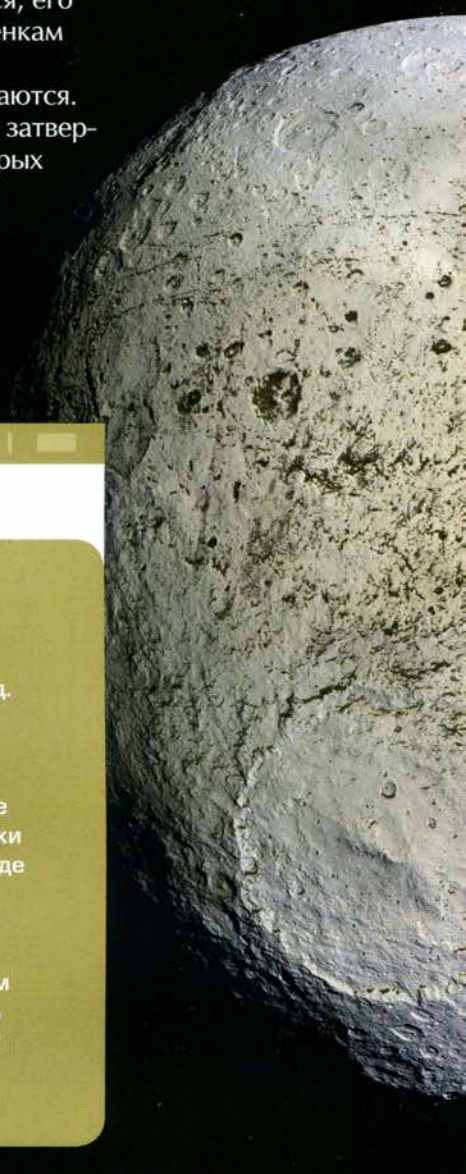
шее расстояние, формируют лучи. Они особенно заметны на Луне.

Ударная волна возвращается назад – она проходит через ударное тело, разрушая его. Тело, вызвавшее удар (ударник), разламывается на куски, расплавляется, его фрагменты разбрасываются по стенкам растущего кратера.

Наконец, ударные волны рассеиваются. Участок внутри кратера остывает и затвердевает, дно поднимается. В некоторых случаях из центра появляется пик. Превысив определенный размер, кратер с крутыми стенками становится нестабильным. Стенки не выдерживают тяжести, осыпаются внутрь, образуя ступенчатые края.

### СПУТНИК САТУРНА

Поверхность Япета густо усеяна кратерами. Ширина самого крупного из них (слева внизу) – более 500 км. Высота края кратера – 15 км.



### НАШИ СВЕДЕНИЯ

## ПОЗДНЯЯ ТЯЖЕЛАЯ БОМБАРДИРОВКА



### МОРЕ ВОСТОЧНОЕ

Лунный «бычий глаз» появился в результате удара тела величиной с астероид.

Существует несколько теорий, объясняющих волну мощных ударов, которые совпали с внезапным сокращением количества кратеров во внутренней области Солнечной системы. Эти события происходили примерно 3,9 млрд лет назад. Проще всего объяснить подобное явление можно тем, что к тому времени большинство материала Солнечной системы сосредоточилось в крупных телах – современных планетах и спутниках, а также внушительных планетезималях диаметром в десятки сотен километров. Сохраниться в первозданном виде удалось лишь небольшому числу планетезималей в поясе астероидов.

Согласно этой гипотезе, т. н. пятая планета небольшого размера, находившаяся между Марсом и поясом астероидов, потеряла свою устойчивость, разлетевшись на астероиды, устремившиеся во внутреннюю область Солнечной системы, а затем упала на Солнце (см. «Необъяснимо, но...» в 18-м выпуске «Солнечной системы»).



### КАК ЭТО РАБОТАЕТ

## ФОРМИРОВАНИЕ КРАТЕРА

Серия иллюстраций демонстрирует, что происходило, когда в каменистую планету или спутник ударялся метеорит диаметром 10 км. Кратер намного больше ударника. При ударе метеорит обычно испарялся. На месте могла оставаться какая-то часть его осколков.



**ВАЛГАЛЛА** Центральная часть многокольцевого ударного кратера диаметром 3800 км и шириной 600 км на поверхности Каллисто, спутника Юпитера.



Так что же нам могут рассказать кратеры о поверхности, на которой они образовались?

Кратеры помогают определить возраст космических тел: чем чаще на определенном участке встречаются углубления, тем дольше он подвергался бомбардировке.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА КРАТЕРОВ

Благодаря образцам пород, собранным на Луне, мы можем сделать некоторые выводы. В нашей Солнечной системе присутствует ограниченное количество обломочного материала, который со временем рассеивается в пространстве, следовательно, во времена зарождения планет кратеры образовывались более интенсивно.

При помощи радиометрического датирования геологам удалось определить точ-

ный возраст образцов пород, взятых из разных мест. Специалисты обнаружили, что переход от изобилия обломочных материалов в Солнечной системе к нынешнему ее состоянию произошел 3,9 млрд лет назад. Большая часть остаточного материала исчезла в первые 600 млн лет после образования планет, завершив эпоху поздней тяжелой бомбардировки, последнего града из астероидных тел, который оставил огромные кратеры (лунные моря). После окончания бомбардировки процесс образования углублений продолжился более медленными темпами.

Выбросы и лучи близ кратеров запечатывают другие образования, указывая на их более солидный возраст. Соответственно, образования, находящиеся поверх выбросов кратера, наоборот, будут моложе.

**В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ:** ПОДРОБНО О МЕТЕОРИТАХ И О ТОМ, КАКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИСХОЖДЕНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ ПРИ ИХ ПОМОЩИ.



**4 ОТЛОЖЕНИЕ** Выброшенный материал опускается, образуя «одеяло» вокруг места удара.

**5 РАССЕЙВАНИЕ** Дно кратера поднимается, по мере оседания материала выталкивая центральный пик.

**6 ОСЕДАНИЕ** Кратер охлаждается и затвердевает. Стенки оседают внутрь.

# NEAR

Первый представитель поколения новых низкобюджетных космических зондов, NEAR выполнил и перевыполнил поставленные перед ним задачи.



## СТАТИСТИКА МИССИИ

**ЗАПУСК:** 17.02.1996

**ГЛАВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ:** Первый запуск аппарата малозатратной программы НАСА «Дискавери»

**МАССА:** 487 кг

**К**осмический аппарат NEAR (его полное название – Near Earth Asteroid Rendezvous – можно перевести как «Встреча с околоземным астероидом»), запущенный 17 февраля 1996 года, переименовали в «NEAR-Шумейкер» в честь Юджина М. Шумейкера (см. «Звезды космоса»).

NEAR должен был изучить астероид Эрос, находясь на его орбите в течение года. Эрос в тысячи раз крупнее соседей и относится к группе т. н. околоземных астероидов. Считают, что эти тела

были выброшены из главного пояса астероидов, который находится между Марсом и Юпитером.

NEAR запущен в рамках программы НАСА «Дискавери» (см. «Наши сведения»).

## НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

Космический аппарат оснастили прибором для измерения магнитного поля астероида, спектрометром для изучения его химического состава, а также электронной камерой и лазерным высотомером для определения формы астероида.



## ГЛОССАРИЙ

**При прямом движении** спутник вращается на орбите вокруг тела в том же направлении, что и само тело.

**Попытным движением** называют аппарата, который вращается на орбите вокруг тела в противоположном ему направлении.

## КРАТЕР ЭРОСА

Изображение Психеи, крупнейшего кратера этого астероида, полученное при облете NEAR вокруг Эроса на расстоянии 100 км (сентябрь 2000).

## ЗАПУСК

NEAR стартовал 17 февраля 1996 г. с мыса Канаверал, находясь на борту трехступенчатой ракеты-носителя «Дельта-2».



## НАШИ СВЕДЕНИЯ

ПРОГРАММА НАСА «ДИСКАВЕРИ»

**В** рамках программы планировали собрать небольшие космические корабли, на полную разработку которых (включая полет) уходило не более 3 лет. Их общая стоимость не должна была превышать 150 млн долларов.

В подготовке миссий «Дискавери» могут принимать участие любые промышленные и коммерческие организации, государственные лаборатории и университеты. Бюджет «NEAR-Шумейкер» составил 220,5 млн долларов, включая 43,5 млн на ракету-носитель и 60,8 млн на работу миссии после запуска.



#### НА ОРБИТЕ

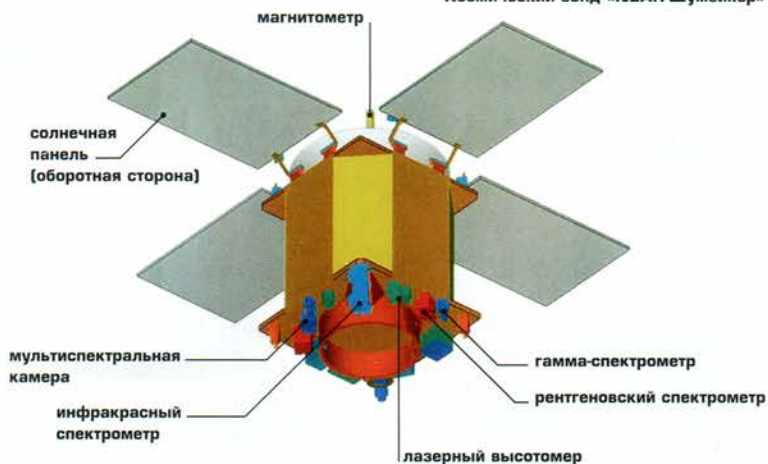
На рисунке – NEAR на орбите астероида (433) Эрос.

#### ПЕРЕД ПОЛЕТОМ

Последняя проверка зонда перед запуском в космос в Космическом центре им. Дж. Кеннеди.



Космический зонд «NEAR-Шумейкер»



По плану NEAR должен был облететь Солнце, откорректировав траекторию в марте 1997 года, затем, совершив пролет Земли в январе 1998 года, облететь Эрос в декабре того же года. В январе 1999 года был выполнен маневр для встречи с астеро-

редине октября, зонд приблизился на расстояние всего 5,3 км от поверхности Эроса.

Космический аппарат поменял направление движения – с прямого, по околополярной орбите, на попятное (ретроградное), по околоэкваториальной орбите (см.

### « ТЕПЕРЬ МЫ МОЖЕМ СКАЗАТЬ, ЧТО ЭРОС – НЕДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ АСТЕРОИД С ОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРОЙ ».

Д-р Эндрю Ф. Ченг, специалист проекта NEAR

идом, благодаря которому NEAR вышел на 13-месячную гелиоцентрическую орбиту, которая почти точно совпала с орбитой Эроса. Четырнадцатого февраля 1999 года NEAR оказался на орбите Эроса.

В результате дальнейших маневров, предпринятых в се-

«Глоссарий»). К 13 декабря 2000 года NEAR вернулся на низкую 35-километровую орбиту. С 24 января 2001 года аппарат начал серию маневров, подходя к астероиду на расстояние 5–6 км. Затем NEAR подлетел к Эросу совсем близко, оказавшись в 2–3 км от его поверхности.

#### КОНСТРУКЦИЯ

Аппарат отличался простотой конструкции, благодаря чему удалось сократить время на разработку и испытания.

Было принято решение совершить посадку на астероид. Она произошла 12 февраля 2001 года к югу от образования Гимерос. Невероятно, но космический аппарат остался в исправном состоянии и продолжал передавать данные вплоть до 28 февраля 2001 года.



#### ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

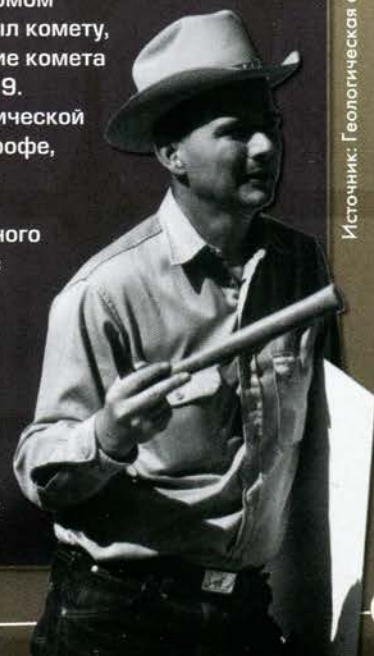
ЮДЖИН М. ШУМЕЙКЕР (1928–1997)

**В**ыдающийся специалист по планетной геологии. Прославился своей работой по внеземным ударам; вместе с супругой, Каролин, занимался исследованием и открытием комет. Стал широко известен в 1993 году, когда с женой и канадским астрономом Дэвидом Леви открыл комету, получившую название комета Шумейкеров – Леви 9.

Вскоре после трагической гибели в автокатастрофе, которая произошла в Австралии в июле 1997 года, прах ученого отправился в космос в капсуле на борту аппарата «Лунар Проспектор», стартовавшего к Луне.

#### ШУМЕЙКЕР

Астроном, в честь которого переименовали зонд NEAR.





# КРАТЕРЫ НА ЗЕМЛЕ

**Несмотря на свой щит в виде атмосферы, Голубая планета подвержена ударам метеоритов. На каждом ее континенте можно найти их следы – кратеры.**

**В** земной атмосфере разрушается большинство космических тел, бомбардирующих Землю. Многие из них столь малы и движутся с такой огромной скоростью, что сгорают в пути. Однако метеорит массой более 10 000 тонн преодолевает атмосферу нашей планеты, оставляя после себя ударный кратер в 20 раз больше собственного размера.

Раз в миллион лет Земля подвергается как минимум одному такому сокрушительному удару. Тектоническая активность сильно изменила «лицо» нашей планеты, уничтожив большинство ранее образовавшихся кратеров. На сегодня известны около 170 следов метеоритов.



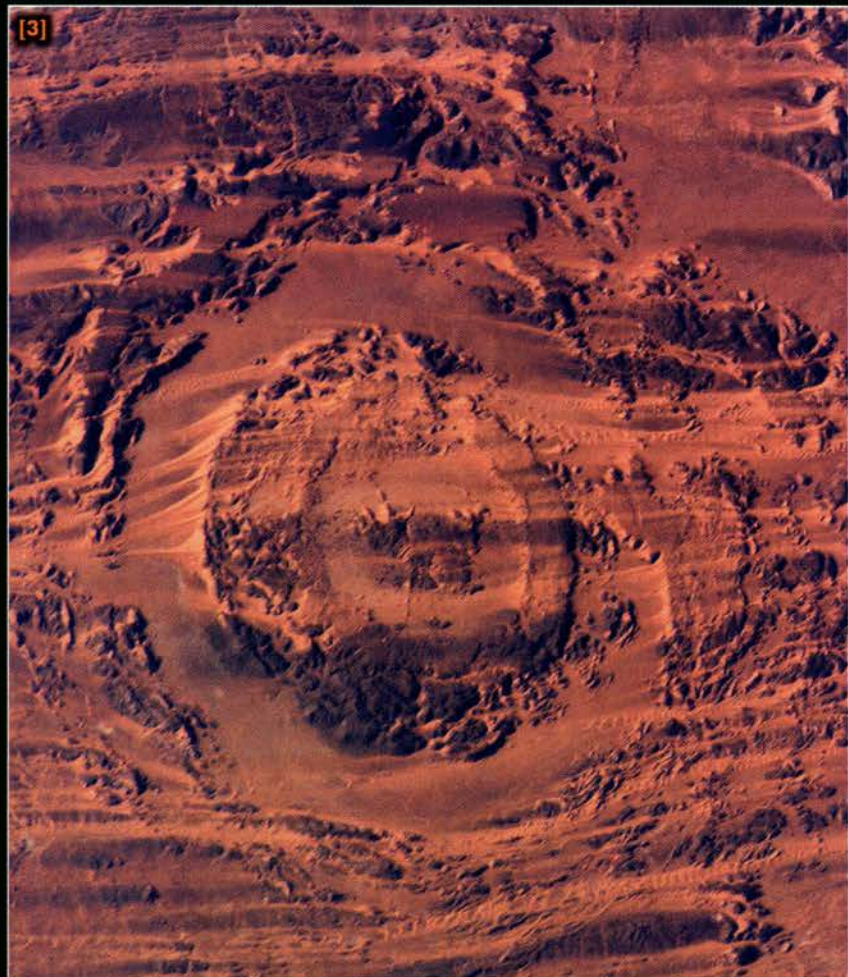


**[1] СЛЕД В ИНДИИ**  
Кратеру Лонар (Махараштра, Индия) почти 50 000 лет. Он давно превратился в соленое озеро диаметром около 2 км и глубиной 170 м.

**[2] ОСТАТКИ МЕТЕОРИТА**  
В кратере Вульф-Крик (Австралия) до сих пор находят обломки метеорита, образовавшиеся при ударе. Необычные каменные шары, содержащие фрагменты железо-никелевого метеорита, разбросаны по краю углубления.

**[3] КРАТЕР-КОЛЬЦО**  
Кратер Аорунга (Сахара) некогда покрывали отложения, которые затем частично эродировали, обнажив кольцеобразную форму кратера.

**[4] ДРЕВНИЙ КРАТЕР**  
Лучи заходящего солнца освещают кратер Барринджера (Аризона, США) шириной 1,2 км. Он образовался 50 000 лет назад от удара железо-никелевого метеорита диаметром 50 метров.

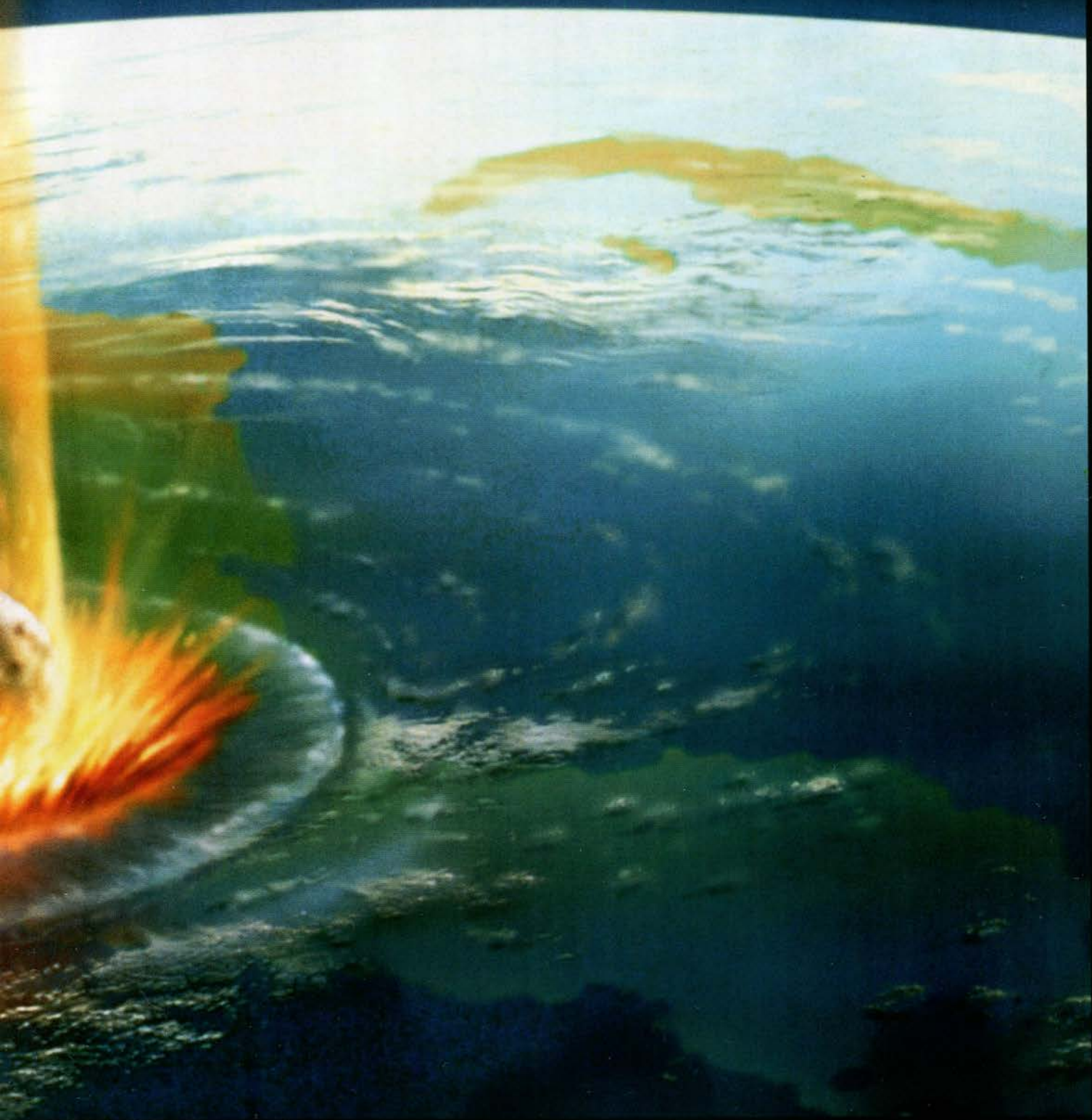






[5]

**[5] СОКРУШИТЕЛЬНЫЙ УДАР** 65 млн лет назад астероид размером с гору диаметром 10 км столкнулся с Землей. Удар пришелся на полуостров Юкатан (Мексика). В результате образовался 180-км кратер Чиксулуб, а в атмосферу выбросило триллионы тонн пыли, что привело к похолоданию



на планете. Ударные волны вызвали глобальные пожары, землетрясения и извержения вулканов. Предположительно, несколько лет после катастрофы поверхность Земли покрывал слой пыли и твердых частиц. Некоторые ученые считают, что этот мощный удар стал причиной вымирания динозавров.