

# ВНУТРЕННИЕ СПУТНИКИ САТУРНА



**ЭПИМЕТЕЙ** Южный полюс Эпитиметей со следами сильного удара. По мнению ученых, это столкновение могло привести к уплощению южной части спутника.

Среди самых близких к Сатурну спутников есть бесформенные каменные глыбы и другие необычные тела, покрытые ледяными гейзерами и вулканами.

**П**о последним данным, у Сатурна насчитывается 62 спутника, которым были даны названия. Многие из них – крошечные тела с широкими эксцентрическими орбитами, удаленные на миллионы километров от самой планеты. Данный факт указывает на то, что эти тела первоначально представляли собой небольшие глыбы из камня и льда, которые вращались вокруг Солнца по собственным орбитам, а в систему спутников Сатурна они попали уже позднее.

## МАЛЫЕ ВНУТРЕННИЕ СПУТНИКИ

Ближе всего к Сатурну расположены спутники-пастухи – бесформенные глыбы из льда и камня диаметром всего несколь-

ко десятков километров, которые обращаются вокруг знаменитых колец планеты. Приводим их список в порядке удаленности от Сатурна: Пан, Дафнис, Атлас (вокруг кольца А), Прометей и Пандора (с обеих сторон узкого кольца F).

За главными кольцами находятся еще два маленьких спутника, заслуживающие особого внимания, – Эпиметей и Янус. Эти два объекта, вращающиеся почти по одной орбите, столь малы, что их открыли лишь в 1966 году.

Раз в четыре года эти два спутника сближаются. Взаимная гравитация замедляет движение более близко расположенного к Сатурну спутника и выталкивает его на самую верхнюю орбиту, в то время как более удаленный спутник ускоряется и, наоборот, приближается к Сатурну, пока они в конце концов не меняются местами. Подобный «маневр» уникален для Солнечной системы, хотя в системе Са-



### НАШИ СВЕДЕНИЯ

### ОТ ПАНА ДО ЭНЦЕЛАДА

Первые 12 спутников Сатурна, от Пана до Энцелада, открытые в 1789–2005 годах:

Название	Средний орбитальный радиус	Диаметр	Тип
Пан	133 584 км	35 x 35 x 23 км	Спутник-пастух кольца А
Дафнис	136 505 км	7 км	Спутник-пастух кольца А
Атлас	137 670 км	46 x 38 x 19 км	Спутник-пастух кольца А
Прометей	139 380 км	119 x 87 x 61 км	Спутник-пастух кольца F
Пандора	141 720 км	103 x 80 x 64 км	Спутник-пастух кольца F
Эпиметей	151 422 км	135 x 108 x 105 км	Корбитальный спутник
Янус	151 472 км	193 x 173 x 137 км	Корбитальный спутник
Мимас	185 404 км	397 км	Главный спутник
Мефона	194 440 км	3 км	«Алкионида»
Анфа	197 700 км	2 км	«Алкионида»
Паллена	212 280 км	4 км	«Алкионида»
Энцелад	237 950 км	504 км	Главный спутник



САТУРН И ЕГО ВНУТРЕННИЕ СПУТНИКИ



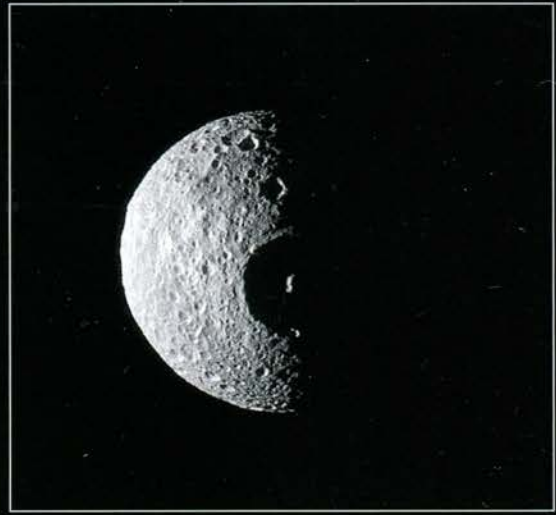
турна также есть два внешних спутника, которые отличаются сложными взаимоотношениями с более мелкими объектами, вращающимися вокруг них.

**«ИЗБИТЫЙ» МИМАС**

У спутников Сатурна прослеживается тенденция к увеличению в размерах по мере удаления от планеты до орбиты Титана. Первый из спутников среднего размера, имеющий достаточную величину и гравитацию, которые обеспечивают ему форму практически идеального шара, – Мимас. Самая яркая отличительная черта этого объекта – огромный кратер Гершеля диаметром 130 км, что почти в три раза меньше диаметра самого Мимаса. Похоже, что огромные трещины на противоположном полушарии спутника стали своего рода «отпечатком» границ кратера. Глубина кратера –

**ВНУТРЕННИЕ СПУТНИКИ** На схеме показаны внутренние спутники Сатурна.

**МИМАС** Удар, едва не разрушивший спутник Мимас, оставил свой след в виде огромного ударного кратера Гершеля.



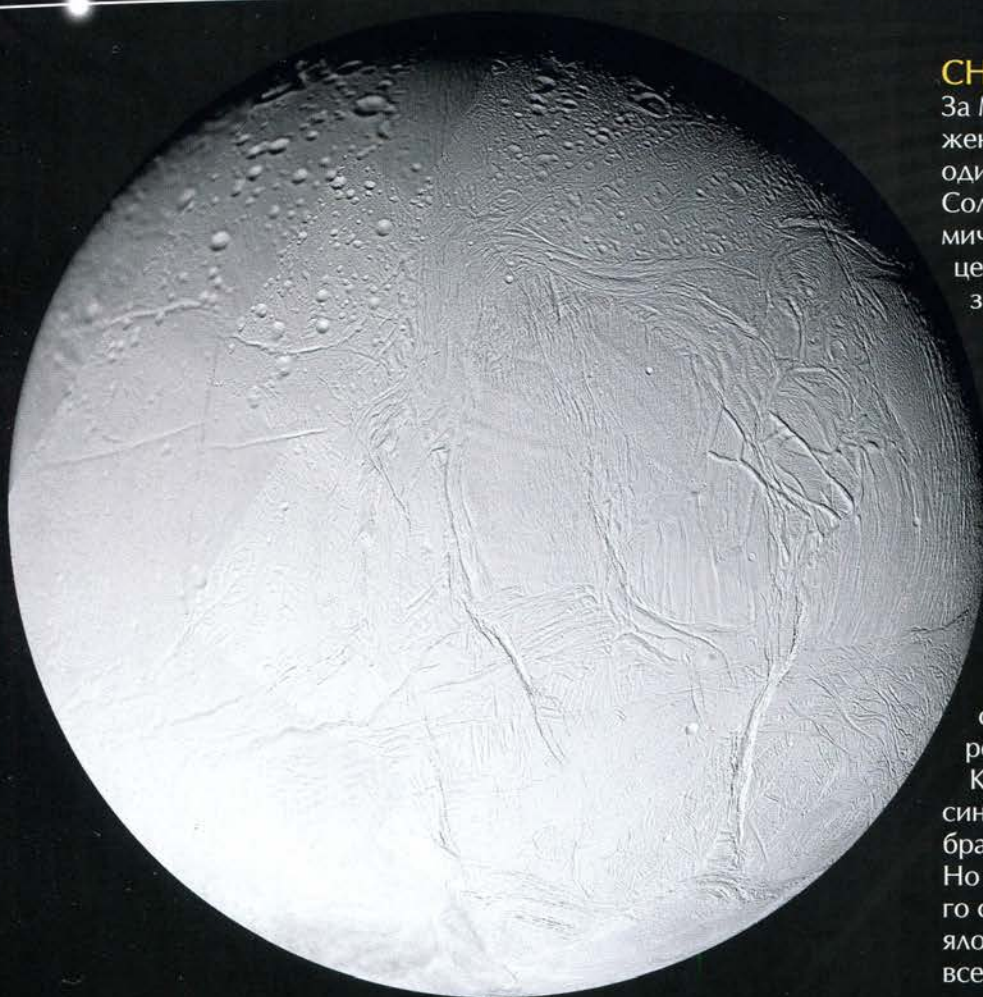
10 км ниже среднего уровня поверхности спутника, а пики в центре кратера достигают 6 км над окружающей территорией. Помимо Гершеля на Мимасе имеется множество других кратеров.

И все же поверхность Мимаса не столь повреждена кратерами, как, например, у спутника Юпитера, Каллисто (см. 25-й выпуск). Можно сделать предположение, что когда-то Мимас претерпел изменения в результате геологической активности, которая стерла следы многих старых кратеров и выровняла поверхность. Этот странный процесс, называемый криовулканизмом, подробно рассмотрен в рубрике «Космическая наука» (стр. 22–23).

**ЯНУС** Этот спутник неправильной формы можно увидеть чуть ниже главных колец Сатурна.







## СНЕГА ЭНЦЕЛАДА

За Мимасом и рядом с недавно обнаруженными мелкими спутниками находится один из самых удивительных миров нашей Солнечной системы. Еще до того как космические аппараты приблизились к Энцеладу для детального изучения, ученые знали о некоторых необычных особенностях этого спутника. Энцелад имеет белую блестящую поверхность, характеризующуюся максимально высоким альбедо (см. «Глоссарий») в Солнечной системе.

Метеоритные удары со временем запорашивают пылью поверхность космического тела, поэтому яркая окраска характерна для недавно образовавшихся объектов.

И действительно, когда «Вояджер-2» отправил подробные снимки поверхности Энцелада, кратеров там оказалось совсем мало. Крупноплановые фото, сделанные «Кассини», зафиксировали широкое разнообразие типов ландшафта на Энцеладе. Но главное то, что вся поверхность этого спутника устлана белым снежным «одеялом», которое покрывает на своем пути все, кроме «молодых» кратеров. Астроно-

**ЭНЦЕЛАД** Длинные трещины на этом ледистом теле заметно отличаются окраской от окружающей их поверхности (здесь трещины показаны темно-голубым).

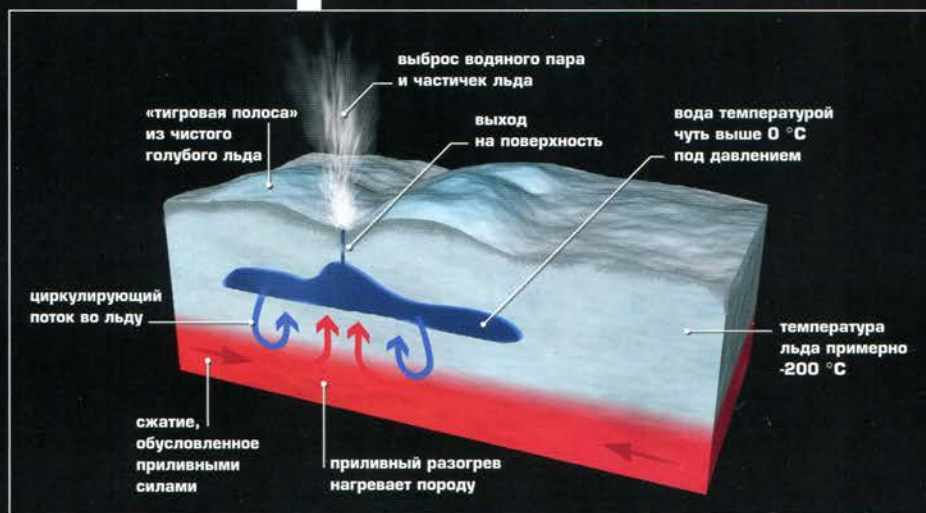
### КАК ЭТО РАБОТАЕТ ГЕЙЗЕРЫ ЭНЦЕЛАДА

Согласно общепринятой гипотезе об Энцеладе, шлейфы, выталкивающие молекулы воды на значительную высоту над спутником с такой силой, что иногда они полностью преодолевают его гравитацию, зарождаются в гейзерах, напоминающих земные.

Гейзер представляет собой резервуар очень горячей воды, которая сохраняет свою жидкую форму при гораздо более низкой, чем обычно, точке кипения, что обусловлено очень высоким давлением под поверхностью спутника. Если вода находит слабое место

на поверхности, она вырывается наружу, моментально закипает и поднимается стремительной струей. Чтобы выброс гейзера произошел на Земле, вода должна быть разогрета до температуры  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выше – именно тогда она закипает в обычных для Земли атмосферных условиях. На Энцеладе, где атмосфера очень слабая, воде для закипания достаточно иметь жидкую форму при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  или чуть выше.

**ВОДЯНЫЕ ШЛЕЙФЫ** Считают, что эти трещины на Энцеладе появились от воды, вырвавшейся на поверхность из «супергорячих» гейзеров.







**ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ**

**ШЛЕЙФ**

**В** 2005 году, описывая спиральную траекторию вокруг Сатурна, «Кассини» несколько раз сближался с Энцеладом. Это дало возможность изучить не только сам спутник, но и окружающую его среду. Хотя первые изображения предполагаемого ледяного шлейфа были получены еще в январе – феврале, об открытии не сообщалось: феномен мог оказаться иллюзией, возникшей в результате работы камер «Кассини».

В то же время благодаря показаниям магнитометрического оборудования аппарата

у ученых начали накапливаться свидетельства о тонкой атмосфере спутника, сконцентрированной над его Южным полюсом. «Кассини» пролетел 14 июля в 168 км от Южного полюса, и приборы зонда определили присутствие облака водяного пара, содержащего следы азота, метана и углекислого газа. Наконец, камеры «Кассини» сделали совершенно четкий снимок шлейфа из материала, который поднимался над поверхностью Энцелада во время ноябрьского сближения зонда со спутником.

**ОСЛЕПИТЕЛЬНЫЙ ШЛЕЙФ**

Подсвеченная Солнцем тонкая струя ледяного материала поднимается над Южным полюсом Энцелада.

**ГЛОССАРИЙ**

**Альbedo** – величина, характеризующая способность поверхности отражать падающий на нее поток электромагнитного излучения или частиц. Альbedo равно отношению отраженного потока к падающему.

мы предположили, что именно эта особенность обуславливает неизменно яркий блеск поверхности, однако об источниках снега – огромных шлейфах фонтанирующей воды – стало известно лишь в 2005 году (см. «Важные открытия»).

**ЭНЦЕЛАД В ДЕЙСТВИИ**

Похоже, что разнообразные ландшафты спутника являются результатами нескольких разных процессов. Снежные шлейфы сосредоточены вокруг областей голубого, чистого льда, так называемых тигровых полос. Некоторые районы спутника заметно отличаются большим количеством кратеров, чем другие – это дает возможность предположить, что в разных местах снег выпадал в различное время.

Гладкие равнины могут быть результатом широкомасштабных «извержений» льда или воды на поверхность, которые словно стирали предыдущий ландшафт, создавая новый. Характерные расселины, напоминающие геологические разрушения на Земле, и «желоба», подобные бороздам на спутнике Юпитера, Ганимеде, похоже, указывают на области, где в ходе тектонической активности части коры словно растягивались в разных направлениях.

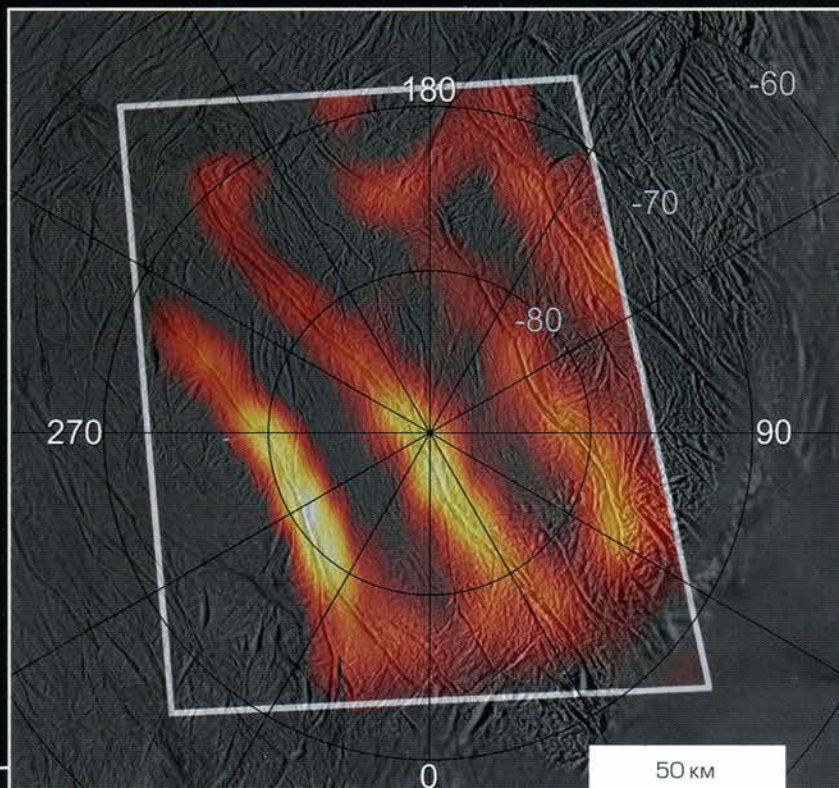
Несмотря на большое сходство с ледяным шаром, Энцелад, вероятно, имеет в своем составе больше каменистой породы, чем остальные спутники Сатурна, а также отдельную каменистую кору, которая могла бы объяснить источник вну-

треннего тепла этого спутника. Согласно другой теории, нагрев вызван приливными силами. Находясь в самом сердце такой сложной системы спутников, Энцелад постоянно подвергается воздействию деформирующих гравитационных сил своих соседей, в частности Дионы, крупного спутника Сатурна, о которой мы расскажем в следующем выпуске.

**В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ:** МЫ УГЛУБЛЯЕМСЯ В КОСМОС, ЧТОБЫ ПОБЫВАТЬ НА КРУПНЫХ СПУТНИКАХ СИСТЕМЫ САТУРНА.

**«ТИГРОВЫЕ ПОЛОСЫ»**

Как видно из этой термальной карты, тепло исходит из длинных трещин (где находятся гейзеры) в геологически активной области Южного полюса Энцелада.





# «ВОЯДЖЕР-2» У САТУРНА



## СТАТИСТИКА МИССИИ

### МАКСИМАЛЬНОЕ СБЛИЖЕНИЕ:

25.08.1981

### ГЛАВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ:

Впервые в истории пролетел рядом с Энцеладом, Тетией и Реей

**МАССА:** 721,9 кг

Вслед за своим «родственником» «Вояджер-2» вошел в систему Сатурна в августе 1981 года, что дало нам возможность заглянуть в удивительный мир окольцованного гиганта и его некоторых спутников.

**ЯПЕТ** Снимок сделан в августе 1981 года, когда аппарат пролетел мимо Япета на расстоянии 910 000 км.



**ЗАПУСК** «Вояджер-2» стартовал с мыса Канаверал 20 августа 1977 года на борту ракеты-носителя Titan III-E Centaur.

Сатурн стал второй главной целью «Вояджера-2» в рамках его легендарного путешествия к внешней области Солнечной системы, которое подразумевало сближение с Сатурном, Ураном и Нептуном.

Встреча аппарата с Сатурном была обусловлена, главным образом, намеченным полетом к Урану. Кроме того, миссия была спланирова-

на так, чтобы «Вояджер-2» мог изучить и несколько спутников Сатурна – Энцелад, Тетию, Гиперион, Япет и Фебу.

Близнец «Вояджера-1», при создании которого за основу взяли конструкцию аппарата серии «Маринер», пролетел мимо верхнего слоя облаков Сатурна на расстоянии 100 800 км и сделал снимки реактивных потоков и штормов в атмосфере объекта. Кроме того, «Вояджер-2» более подробно изучил особенности колец, обнаруженных своим предшественником, «Вояджером-1».

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

При сближении с Сатурном у аппарата возникли проблемы с поворотной платформой, на которой были установлены оптические приборы.

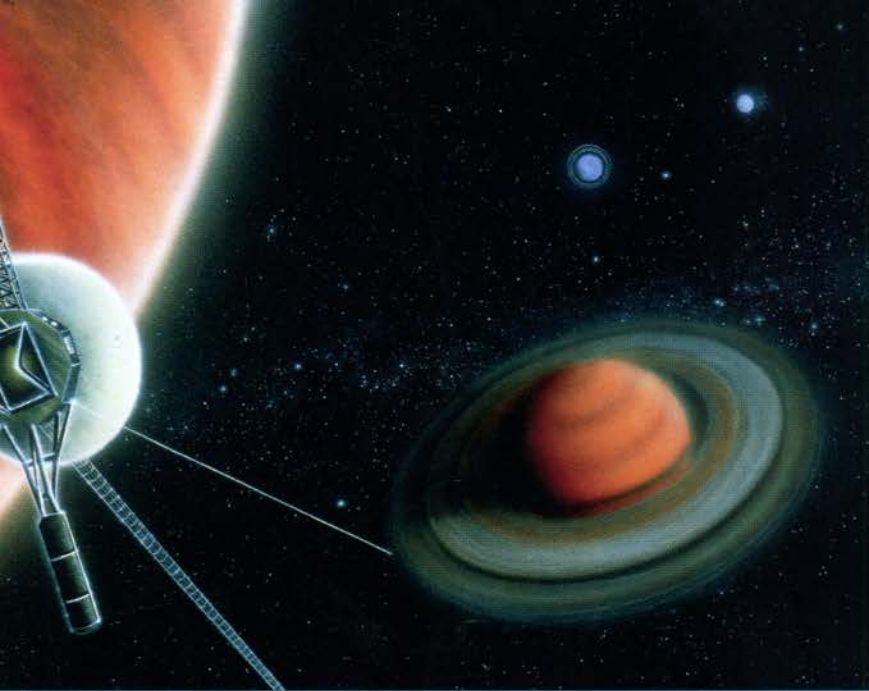


## ТЕХНОЛОГИИ КАМЕРЫ

Как и его предшественник, «Вояджер-2» оснащался несколькими камерами, в том числе и двумя телекамерами с телеобъективами. Среди научного оборудования была и широкоугольная камера с фокусным расстоянием 200 мм, апертурой  $f/3,5$  и полем зрения примерно  $3^\circ$ . Кроме того, на «Вояджере-2» имелась узкоугольная камера с фокусным расстоянием 1500 мм, апертурой  $f/8,5$  и полем зрения менее  $0,5^\circ$ . Благодаря такой камере можно находить объекты диаметром менее 1 км с расстояния 55 000 км.







#### ВЕЛИКОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ

На картине изображен «Вояджер-2» во время путешествия к Юпитеру, Сатурну, Урану и Нептуну.

медленной скоростью. Это позволило выполнить все запланированные научные задания по Урану.

#### УМЕНЬШЕНИЕ МОЩНОСТИ

Аналогично «Вояджеру-1», космический аппарат работал от трех ядерных генераторов. Радиоактивный плутоний-238 при распаде выделяет тепло, которое преобразуется в электричество. Однако со временем мощность таких генераторов уменьшается. По оценкам специалистов, научное оборудование «Вояджера-2» будет функционировать до 2020 года.

После успешного сближения с Ураном (24 января 1986-го) и Нептуном (25 августа 1989-го) миссия «Вояджера-2» получила новое название «Межзвездная миссия „Вояджер“». КА продолжает удаляться от Солнца, стремясь за пределы нашей Галактики.

По состоянию на 8 мая 2013 года «Вояджер-2» находился на расстоянии 15 200 млрд км от Солнца.

**« ОТКРЫТИЕ СПУТНИКА (ИО), ЧЬЯ ВУЛКАНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В СТО РАЗ СИЛЬНЕЕ, ЧЕМ НА ВСЕЙ ЗЕМЛЕ... ВОТ ЧТО ПРИМЕРНО ОЖИДАЛИ ОТ „ВОЯДЖЕРА“ ».**

Эдвард К. Стоун, директор проекта «Вояджер»

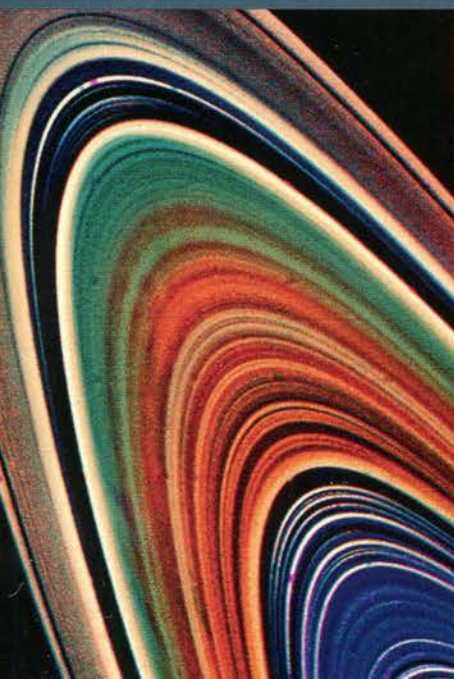


#### ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

**ЭДВАРД К. СТОУН** (РОД. В 1936)

Занимающий в настоящее время должность профессора физики Калифорнийского технологического института, Эдвард К. Стоун в 1991–2001 годах возглавлял Лабораторию реактивного движения НАСА. В космических проектах начал участвовать с 1961 года, проводя эксперименты с космическими лучами на спутниках «Дискаверер». Ученый был главным исследователем девяти миссий НАСА и, кроме того, руководил миссиями «Вояджер».

Из-за этого не удалось передать высокоточные снимки Тефии. К счастью, через четыре с половиной года, когда «Вояджер-2» достиг системы Урана, смазка «вернулась» на место и система заработала, хотя и с относительно

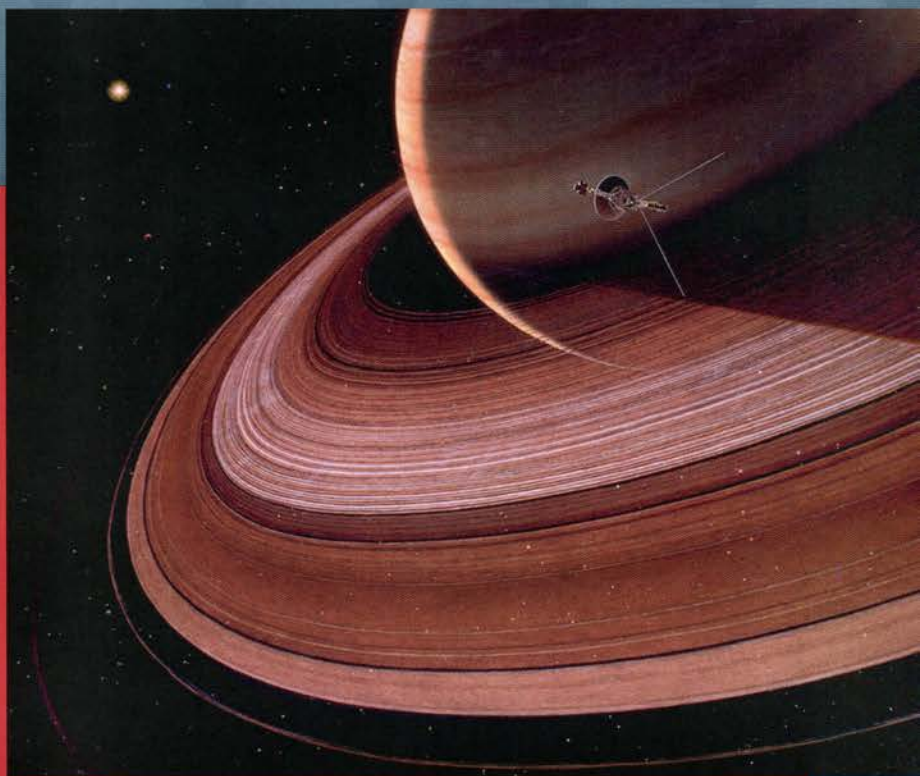


#### КОЛЬЦА

Изображение колец Сатурна (искусственные цвета), смонтированное из снимков, сделанных «Вояджером-2» в августе 1981 года.

#### САТУРН

«Вояджер-2» в момент максимального сближения с окольцованным газовым гигантом.





**[1] СИНЕВА** Мимас движется по своей орбите на синем фоне Северного полушария Сатурна. Темные линии – тени, отбрасываемые кольцами Сатурна.

**[3] ЛОВКИЙ МАНЕВР** Плоский спутник Прометей ловко скользит между кольцами А и F. На этом фото Прометей находится у боковой стороны колец, на максимально близком расстоянии к аппарату «Кассини».

**[2] ДВА СПУТНИКА** Находясь на градус выше плоскости колец, «Кассини» запечатлел два спутника Сатурна. На заднем плане – Эпиметей, на переднем – Энцелад.

**[4] ВИД НА САТУРН** Сатурн нависает огромной глыбой над поверхностью своего внутреннего спутника Мимаса. На изображении хорошо заметна наиболее характерная особенность последнего – огромный ударный кратер Гершеля.



[2]





# МИРЫ внутри КОЛЕЦ

Благодаря путешествиям «Кассини» к Сатурну мы получили уникальную возможность проникнуть в тайны спутников, находящихся внутри системы колец этой планеты.

Ученые знали заранее, что снимки Сатурна, переданные «Кассини», будут необычайно эффектны, ведь в Солнечной системе эта планета считается одной из самых красивых. Однако результаты превзошли даже самые смелые ожидания.

Многочисленные спутники, вращающиеся вокруг Сатурна, разительно отличаются друг от друга размерами, возрастом, происхождением и строением. Благодаря «Кассини» ученые получили более четкое представление о «карте» системы Сатурна, в частности, это коснулось внутренних спутников, которые трудноразличимы с Земли из-за своей небольшой величины и ярких колец Сатурна. Эти внутренние спутники тесно связаны с системой колец газового гиганта. Они движутся у внешнего края колец или внутри самих колец, образуя щели или небольшие колечки.



[3]

[4]

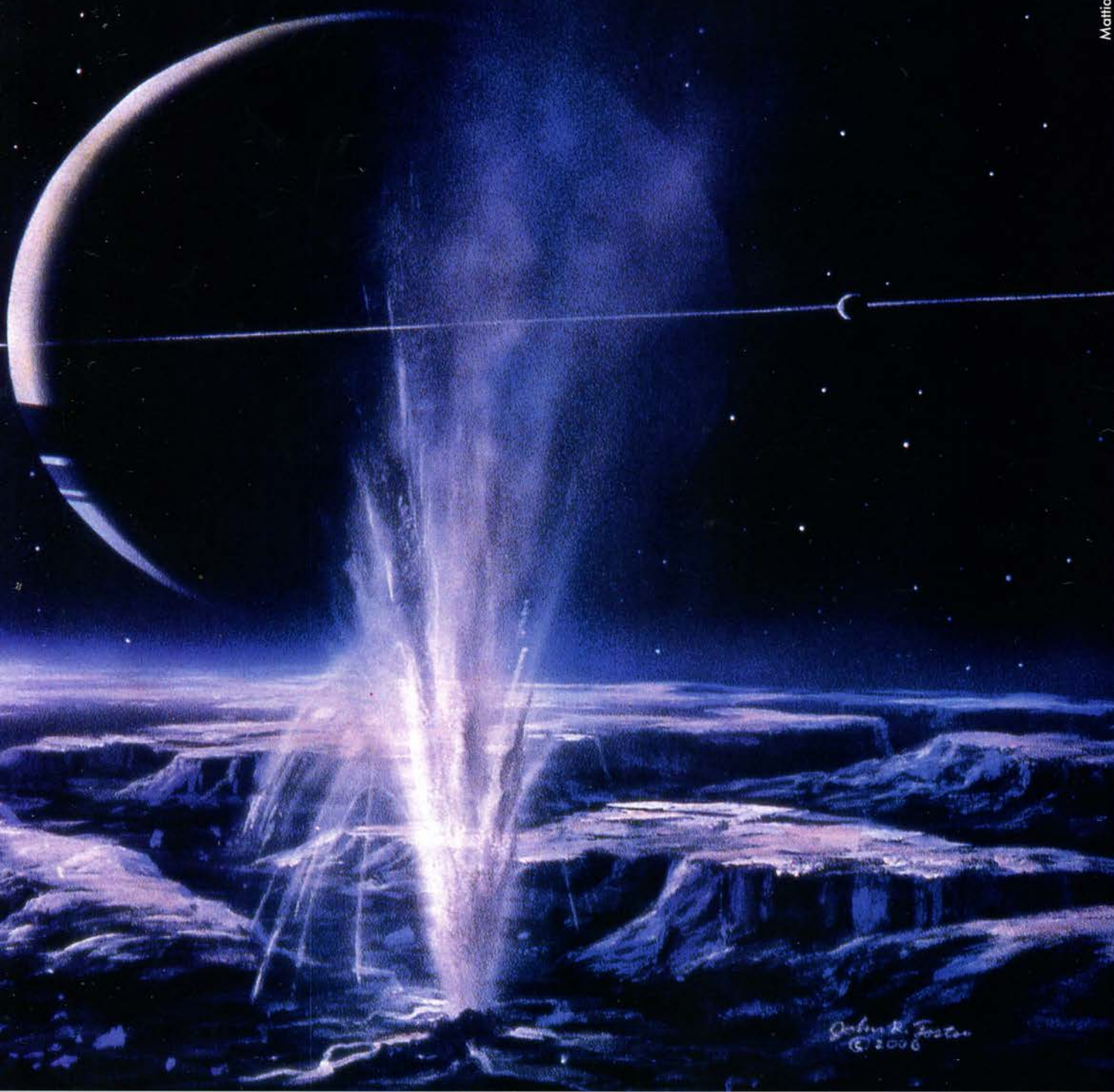




[5]

**[5] ИЗВЕРЖЕНИЯ НА ЭНЦЕЛАДЕ** Картина художника, на которой изображен ледяной пейзаж Энцелада, яркого, блестящего спутника Сатурна. Энцелад знаменит мощными гейзерами. Они извергают из приповерхностных «карманов» воду температурой  $0^{\circ}\text{C}$ , а на поверхности при этом  $-220^{\circ}\text{C}$ .





На заднем фоне – свет Солнца проникает сквозь ледяные частички, вырывающиеся из гейзеров, образуя светящееся гало в небе Энцелада. Еще дальше виднеются очертания Сатурна и его колец.