

ПОРТРЕТ ИО Это изображение Ио в естественной цветовой гамме было сделано «Галилео» в 1999 году. Бледные цвета этого спутника приобретают более насыщенный оттенок вблизи центров вулканической активности.



ИО Ближайший крупный спутник Юпитера – уникальный космический объект, который постоянно деформируют мощные приливные силы и сотрясают извержения серных вулканов.



**ПАСПОРТ
СПУТНИКА**

ИО

СРЕДНЕЕ РАССТОЯНИЕ ОТ ЮПИТЕРА 421 700 км	ГРАВИТАЦИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С ЗЕМЛЕЙ 0,183 g
ДИАМЕТР ПО ЭКВАТОРУ 3643 км	СПУТНИКИ Отсутствуют
МАССА $8,93 \times 10^{22}$ кг	ВРЕМЯ ОДНОГО ОБОРОТА 1,77 земного дня
МАССА ПО СРАВНЕНИЮ С ЗЕМЛЕЙ 0,015	ПЕРИОД ОБРАЩЕНИЯ 1,77 земного дня
ПЛОЩАДЬ ПО СРАВНЕНИЮ С ЗЕМЛЕЙ 0,082	СРЕДНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА НА ПОВЕРХНОСТИ -110 °C
ОБЪЕМ ПО СРАВНЕНИЮ С ЗЕМЛЕЙ 0,023	НАКЛОН ОСИ 0°
УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ НА ЭКВАТОРЕ 1,8 м/с ²	СРЕДНЯЯ ОРБИТАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ 17,3 км/с

Диаметр Ио – 3643 км, немного больше, чем у Луны. Орбита первого спутника гораздо меньше, чем у второго – Ио делает оборот вокруг Юпитера за 42 часа. Ее открыл Галилео Галилей, который начал использовать для наблюдений телескоп.

До недавнего времени Ио и ее «компаньоны» оставались для нас лишь крошечными светящимися точками – мощности земных телескопов не хватало. И только после того как в начале 1970-х первые космические аппараты совершили облеты Юпитера, у нас появилось больше информации о том, как выглядят эти миры.

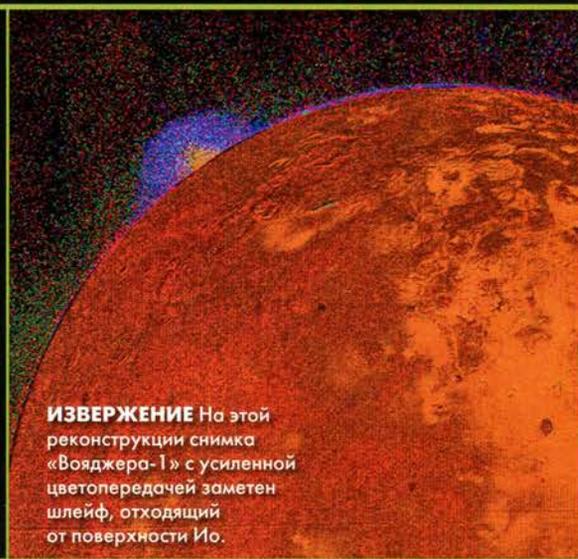


ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

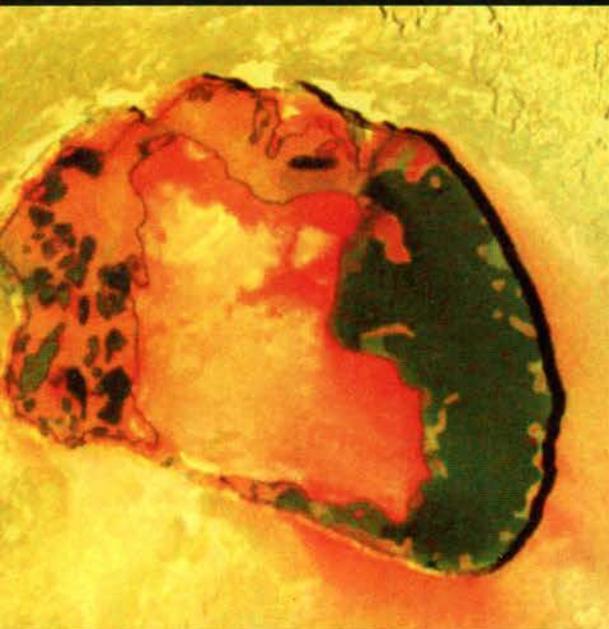
ОБНАРУЖЕНИЕ ШЛЕЙФОВ

Перед облетами обоих «Вояджеров» команду Лаборатории реактивного движения НАСА больше всего волновала точная навигация космических аппаратов. Одним из методов, применявшихся для решения этой проблемы, было выполнение снимков спутников и планет на фоне звезд – чтобы «неподвижные» положения более дальних звезд можно было использовать для определения местонахождения движущихся объектов. Восьмого

марта 1979 года «Вояджер-1» прислал один из таких снимков, на котором было видно небо над краем диска Ио. Сотрудница из команды, отвечавшей за навигацию, Линда Морабито, обработала изображение, чтобы увеличить видимость тусклых звезд. В результате на фото «проявилось» огромное сияющее облако над Ио. Первый из восьми шлейфов, обнаруженных на снимках «Вояджера-1», вскоре получил название Пеле в честь гавайской богини вулканов.



ИЗВЕРЖЕНИЕ На этой реконструкции снимка «Вояджера-1» с усиленной цветопередачей заметен шлейф, отходящий от поверхности Ио.



ЦВЕТА КРАТЕРА Этот вулканический кратер на поверхности Ио отличается странным цветным узором – его образовала лава и соединения серы.

ПОТОКИ ЛАВЫ На этом снимке, сделанном, когда Ио находилась в тени Юпитера, видны участки извергающейся магмы – желтые и красные точки.

гейзеров. Оказываясь в безвоздушном небе, жидкость превращается в пар, сера конденсируется и медленно оседает на поверхность спутника, образуя красновато-коричневые пятна. Испаряющееся вещество шлейфов участвует в создании тонкой атмосферы Ио (см. «Наши сведения»).

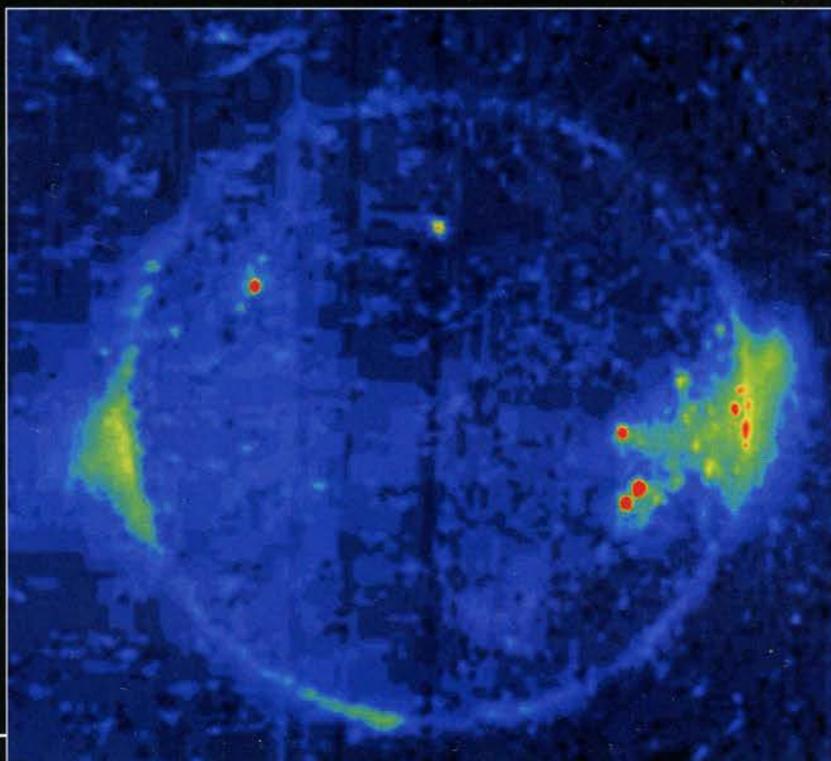
Патеры представляют собой огромные ямы, настолько глубокие, что в некоторых местах кора Ио обрушивается внутрь. Трещины внутри и вокруг патер способствуют частым извержениям, а сами ямы зачастую заполнены бурлящими озерами расплавленной породы. Они выплескиваются на поверхность или иногда образуют тонкую кору. В отличие от вулканов Земли, Венеры или Марса, патеры Ио не образуют вулканических щитов (см. «Глоссарий»).

Однако на фото, сделанных камерами «Пионера-10» и «Пионера-11», можно было разглядеть только то, что Ио представляет собой оранжевый диск.

Секреты Ио удалось раскрыть только следующей паре космических аппаратов – «Вояджерам». Подробные изображения показали, что Ио – пестрый желто-оранжевый мир, и, как ни странно, на поверхности спутника нет ударных кратеров.

ШЛЕЙФЫ И ЯМЫ

Новые сведения об Ио появились, когда «Вояджер-1» запечатлел один из его вулканов в действии (см. «Важные открытия»). На спутнике есть два основных вида вулканической активности – шлейфы и патеры. Первые – огромные фонтаны раскаленной серы наподобие земных





КАК ЭТО РАБОТАЕТ СЕРНЫЕ ТОРЫ ИО

Ио отличает сложное взаимодействие с магнитосферой Юпитера – сильным магнитным полем, которое образуется глубоко внутри планеты и вращает ее. Поле движется быстрее, чем Ио по собственной орбите, поэтому оно вбирает в себя серу, кислород, натрий и хлор из тонкой атмосферы спутника со скоростью примерно 1 тонна в секунду. Часть этих веществ остается в виде нейтральных атомов и образует облако, напоминающее пончик или тор и висящее над Юпитером. А оставшаяся часть превращается в электрически заряженную плазму и разгоняется до такой скорости, что вращается вокруг Ио так же быстро, как и магнитное поле. В результате взаимодействия между планетой и магнитосферой Юпитера возникает электрический ток, из-за чего магнитное поле газового гиганта расширяется настолько, что его отголоски доходят до Сатурна.



СЕРНЫЙ ШЛЕЙФ Шлейф вулкана на Ио, Прометея, в лучах солнечного света.



ЧТО «ЗАПУСКАЕТ» ВУЛКАНЫ

Вулканическая активность Ио в основном обусловлена двумя факторами. Первый – необычайно сильный эффект приливных сил самого Юпитера. Во время движения Ио вокруг планеты изменяющаяся сила тяжести газового гиганта толкает и вытягивает недра спутника в разных направлениях, разогревая слои пород, трущихся друг о друга, и поддерживая нагрев недр Ио.

Второй фактор – присутствие огромного количества серы в коре Ио. Ученые измерили температуру лавовых потоков и те-

ГЛОССАРИЙ

Щитовидный (щитовой) вулкан – вулкан, образовавшийся в результате многократных излияний жидкой лавы.

Взброс – массив породы планеты, который под воздействием сил, давящих на кору планеты, поднимается над другой частью той же породы, оставшейся на месте.



НАШИ СВЕДЕНИЯ

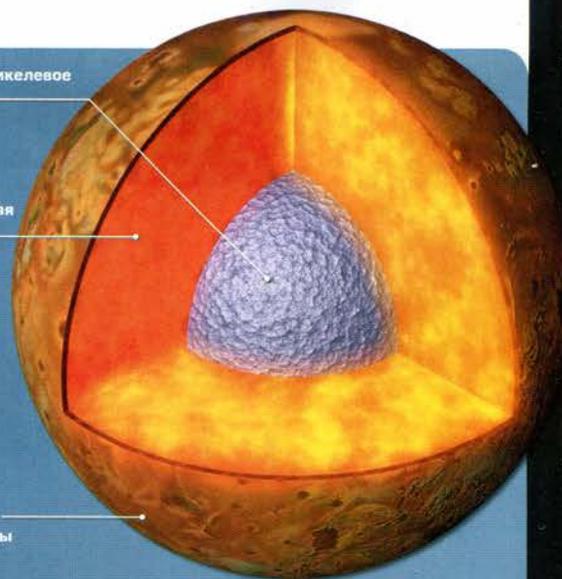
ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ИО

На поверхности Ио находится огромное количество серы, однако в ее недрах преобладают силикатные породы – этим спутник напоминает объекты внутренней области Солнечной системы. По одной из гипотез, тепло, выделившееся при образовании Юпитера, превратило в пар часть льда, находившегося в облаке материала, из которого зародились спутники. Ио появилась в той части облака, где были только обломки твердого, каменистого материала. Предполагают, что у Ио есть твердое ядро с большим содержанием железа, а вокруг него располагается полурасплавленная мантия из силикатных пород. Внешняя часть коры глубиной 20–30 км представляет собой смесь базальтовых пород, напоминающих земные вулканические породы.

железо-никелевое ядро

силикатная порода

внешняя часть коры



ПОВЕРХНОСТЬ

МЕНЯЕТСЯ На этих двух снимках, сделанных с интервалом в 8 лет, видны новые извержения вулканов (обведены кругами), затрагивающие участки диаметром порядка 500 км.



ВУЛКАНИЗМ ИО

Эта пара вулканических «достопримечательностей» (слева) известна как Амирани-Мауи – самый длинный движущийся поток лавы в Солнечной системе.

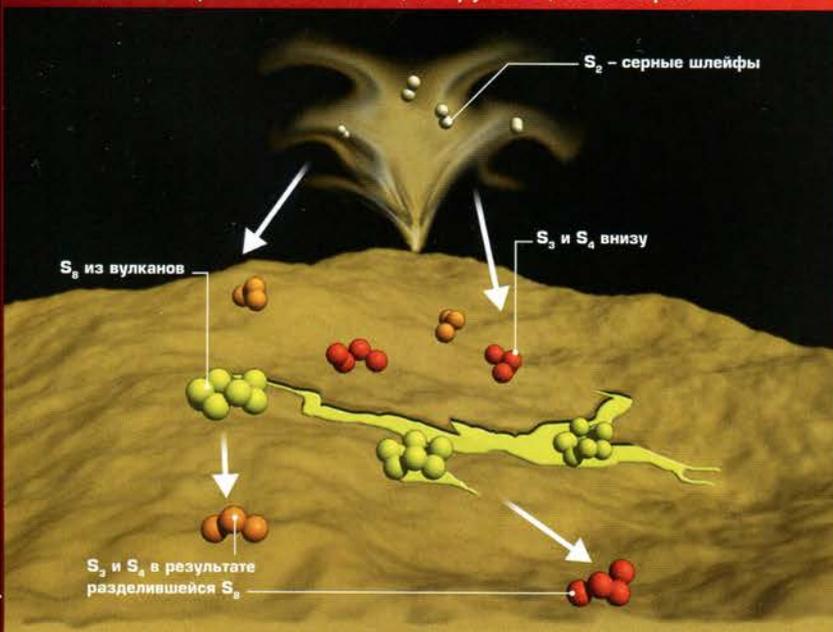


НАШИ СВЕДЕНИЯ

АЛЛОТРОПЫ СЕРЫ

Большинство химических элементов образуют одну-две связи с другими атомами и поэтому, как правило, имеют довольно простые молекулы. Однако сера способна создавать до шести различных связей и, таким образом, формировать гораздо более крупные молекулы. Сами атомы серы могут связываться друг с другом в 30 различных комбинациях и образовывать вещества, различные по строению и свойствам, так называемые аллотропы.

Преобладающий желтовато-зеленый цвет поверхности Ио обусловлен присутствием наиболее распространенного аллотропа серы с молекулой из восьми атомов – S_8 . Вблизи полярных районов эти молекулы, подвергаясь радиации магнитосферы Юпитера, разделяются на более короткие цепочки S_3 и S_4 , там сера приобретает более красноватый оттенок. Более «чистая» сера из шлейфов имеет форму простых двухатомных молекул – S_2 . Однако эти молекулы стабильны только при высоких температурах, поэтому, опускаясь на поверхность, атомы превращаются в цепочки S_3 и S_4 , что объясняет красноватые кольца, окружающие шлейфы.



перь знают, что во многих извержениях на Ио задействуются расплавленные силикатные породы, напоминающие земные.

Избыток серы на Ио также объясняет разноцветные узоры на поверхности этого спутника (см. «Наши сведения»).

ВСЕ МЕНЯЕТСЯ

Помимо вулканической активности на Ио есть признаки континентального дрейфа – крупные горные хребты, которые, предположительно, не имеют вулканического происхождения. Эти горы, высота которых местами достигает 17 км, вероятно, возникли в результате взбросов (см. «Глоссарий») там, где в коре спутника образовывались складки под воздействием сдвигов внутренних пород. Горные районы Ио располагаются в некотором отдалении от патер, что позволяет сделать предположение о том, что они являются проявлениями одного процесса: патеры образовались там, где кора, растягиваясь, сильно истончилась под воздействием натяжения, возникшего в других районах.

Такое невероятное разнообразие активности на спутнике означает, что его рельеф претерпевает кардинальные изменения каждые несколько десятилетий. Некоторые «достопримечательности» спутника, например вулканы Пеле и Локки, более долговечны, но участки, окружающие их, постоянно изменяются. Ио не устает удивлять нас своим новым «лицом».

В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ: СПУТНИК ЮПИТЕРА – ЕВРОПА, ОКЕАН, СКРЫТЫЙ ПОД ЛЕДЯНОЙ КОРОЙ.

«ПИОНЕР-10»

«Пионер-10» стал первым искусственным объектом, который покинул пределы Солнечной системы и отправился в далекий космос.



СТАТИСТИКА МИССИИ

ЗАПУСК: 03.03.1972

ГЛАВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ: Первый искусственный объект, покинувший Солнечную систему

МАССА: 258 кг

«Пионер-10», который стал одним из самых успешных космических проектов, стартовал в 1972 году. Аппарат должен был облететь Юпитер и некоторые спутники этой планеты, в частности Ио, и продолжить путешествие, исследуя далекий космос.

учного оборудования, чтобы радиация не помешала работе приборов.

«Пионер-10» запустили с помощью трехступенчатой ракеты «Атлас-Центавр». Третья ступень придала космическому аппарату скорость 51 810 км/ч, благодаря чему «Пионер-10» стал самым бы-

ЗАПУСК Запуск, состоявшийся 3 марта 1972 года, положил начало использованию трехступенчатых ракет-носителей «Атлас-Центавр».

«ЭТО БЫЛА РАБОЧАЯ ЛОШАДКА, КОТОРАЯ ДАВНО УЖЕ ОТРАБОТАЛА ВСЕ СВОИ СРОКИ, И, ДУМАЮ, МОЖНО СКАЗАТЬ, ЧТО ОНА ПОЛНОСТЬЮ ОПРАВДАЛА ПОТРАЧЕННЫЕ НА НЕЕ ДЕНЬГИ.»

Д-р Ларри Лэшер, руководитель проекта «Пионер-10»

«Пионер-10» был одним из самых легких космических аппаратов, его масса составила всего 258 кг, из которых 27 кг приходилось на приборы и топливо. Точно так же, как и «Вояджеры», его питали радиоизотопные термоэлектрические генераторы – их разместили подальше от на-

стрым искусственным объектом, который покинул Землю. Через 11 часов после запуска он миновал Луну, а орбиты Марса аппарат достиг уже через 12 недель.

Пятнадцатого июля 1972 года «Пионер» вошел в пояс астероидов. Успешно миновав его, космиче-

ГЛОССАРИЙ

Космические лучи – поток частиц высокой энергии, преимущественно протонов, приходящих на Землю из мирового пространства (первичное излучение), а также вторичное излучение, рожденное ими в атмосфере Земли в результате взаимодействия с атомными ядрами.



ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

ГРАНИЦЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Выполнив свою миссию по исследованию Юпитера, «Пионер» получил новое задание – найти границу Солнечной системы, где солнечный ветер сталкивается с межзвездным пространством. Солнечный ветер – это поток частиц, движущихся со скоростью 1,6 млн км/ч. Что представляет собой межзвездная среда, до конца не ясно, известно лишь, что в ней есть ядра атомов высоких энергий.

До запуска «Пионеров» ученые считали, что эта граница расположена чуть дальше Юпитера (в 714 млн км от Солнца), но космические аппараты серии «Пионер» выявили, что она пролегает примерно в 11 250–13 500 млн км от Солнца.

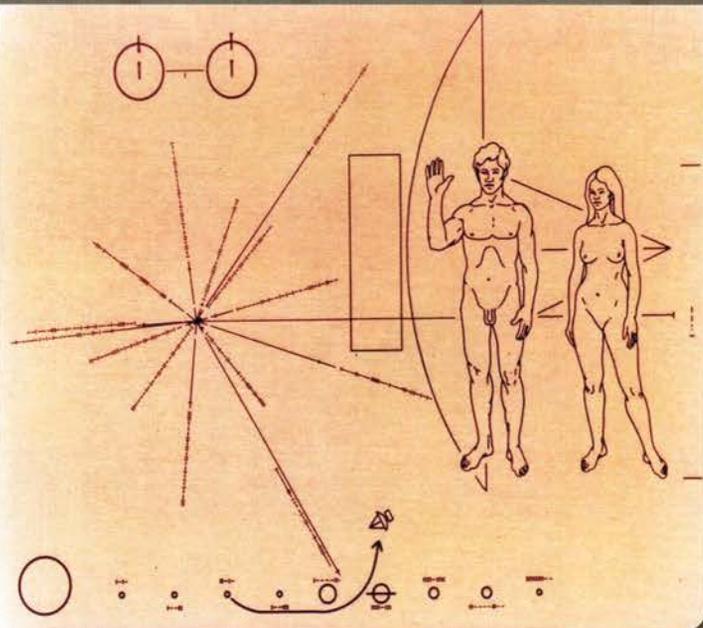




НАШИ СВЕДЕНИЯ
ПЛАСТИНКИ «ПИОНЕРА»

Первыми созданными руками человека объектами, которые покинули Солнечную систему, стали космические аппараты серии «Пионер». Впервые в истории они имели на борту рисованное послание от человечества. На анодированных алюминиевых пластинах изображены фигуры мужчины и женщины вместе с несколькими символами, включая расположение Солнца относительно центра нашей Галактики. Пластинку размером 229 x 152 мм прикрепили к корпусу аппарата так, чтобы она была защищена от разрушения звездной пылью.

ПЛАСТИНКА 120-граммовая пластина была изготовлена из листа анодированного золотом алюминия толщиной 1,27 мм.



ский аппарат направился к Юпитеру. Третьего декабря 1973 года «Пионер-10» прошел в 130 000 км от верха облаков Юпитера. Во время облета космический аппарат сделал первые снимки этого газового гиганта, зафиксировал данные о его сильных радиационных поясах и магнитном поле и подтвердил, что Юпитер является преимущественно жидкой планетой.

Хотя срок службы аппарата должен был составить всего 21 месяц, «Пионер-10» про-

работал более 30 лет. После встречи с Юпитером он направился к отдаленным уголкам Солнечной системы.

ДАЛЕКИЙ КОСМОС

Среди научных задач, поставленных перед «Пионером-10», было изучение солнечного ветра и космических лучей (см. «Глоссарий»), проникающих в нашу часть Млечного

Пути. К февралю 1996 года «Пионер-10» был уже в 9,5 млрд км от Земли. На таком расстоянии радиосигнал от аппарата доходил до Земли примерно за 8,5 часов. Аппарат продолжал вести важные научные наблюдения, пока его миссия не завершилась 31 марта 1997 года. Последний слабый сигнал был получен 22 января 2003 года.



ЮПИТЕР

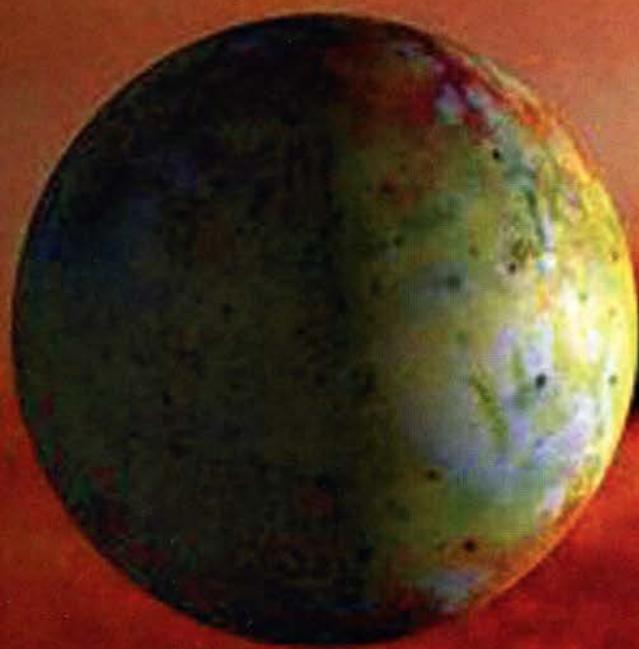
Картина художника, изображающая «Пионер-10» во время близкого облета Юпитера.

СБОРКА

«Пионер-10» на завершающем этапе сборки в лаборатории НАСА (Редондо-Бич, Калифорния).



[1]

**[1] ИО И ЮПИТЕР**

На картине – Ио, четвертый по величине спутник Юпитера, движется на фоне газового гиганта.

[2] ИЗВЕРЖЕНИЕ

Извержение вулкана, снятое «Галилео» в 2000 году. Длина оранжево-желтой «ленты» лавы – более 60 км.

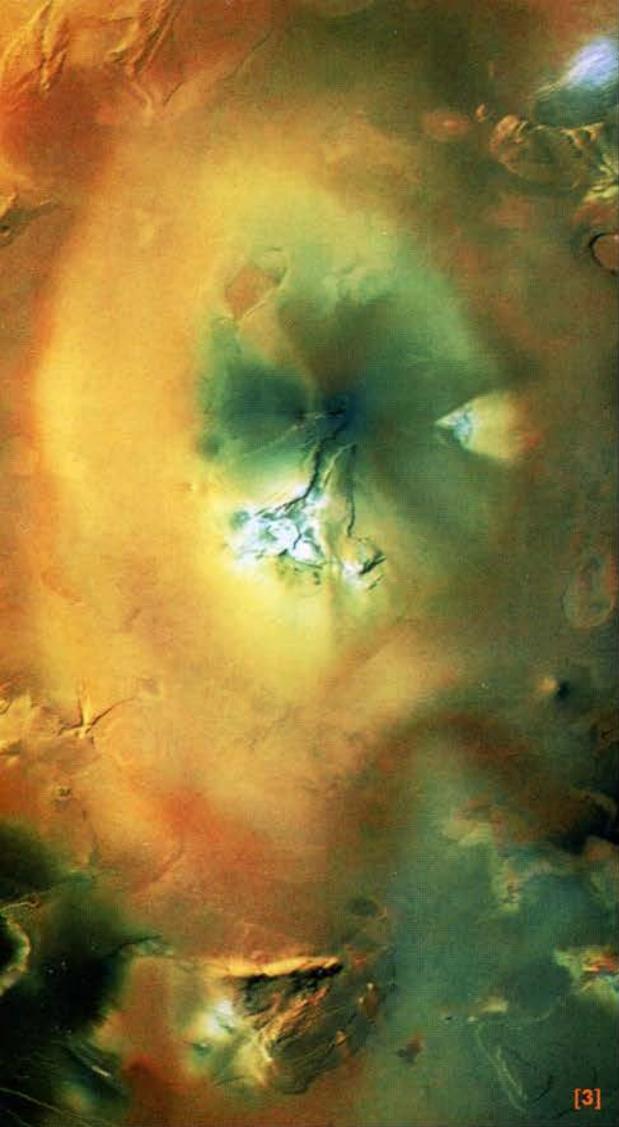
БУЙНАЯ ИО

Первым Ио наблюдал Галилей в 1610 году, но впервые увидеть детали ее рельефа удалось лишь в конце XIX столетия.

Первые подробные снимки этого спутника были получены «Пионером-11». Однако только изображения «Вояджера» позволили сделать предположение о вулканической активности Ио.

В 1995–2003 годах миссия «Галилео» передала на Землю ценные данные, благодаря которым ученые оценили масштабы вулканической активности на спутнике. Астрономы начали более пристально следить за обстановкой на нем, используя телескоп обсерватории им. У. М. Кека на Гавайях и космический телескоп «Хаббл». В 2007 году во время полета к Плутону космический аппарат «Новые горизонты» провел подробные наблюдения за Ио.





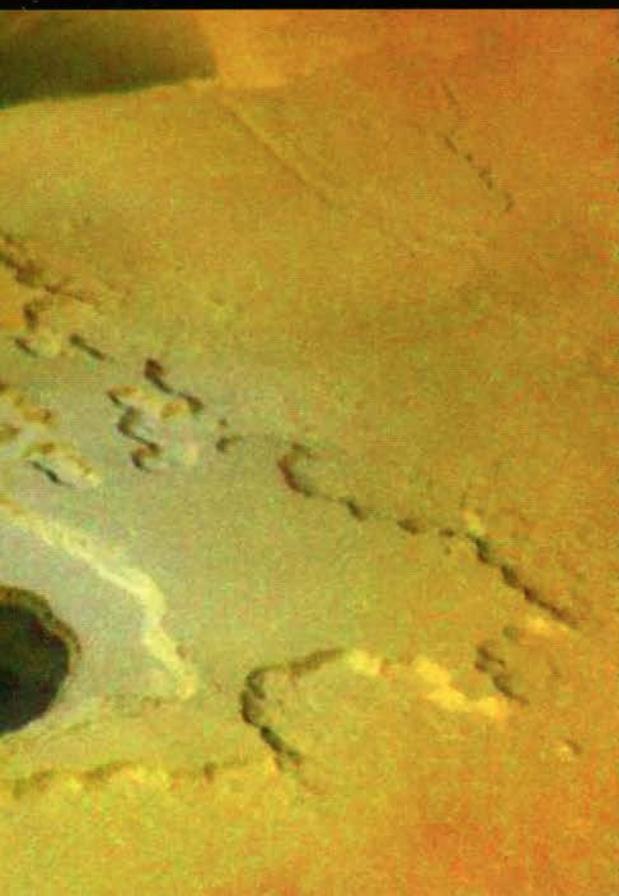
[3]

[3] ВУЛКАН

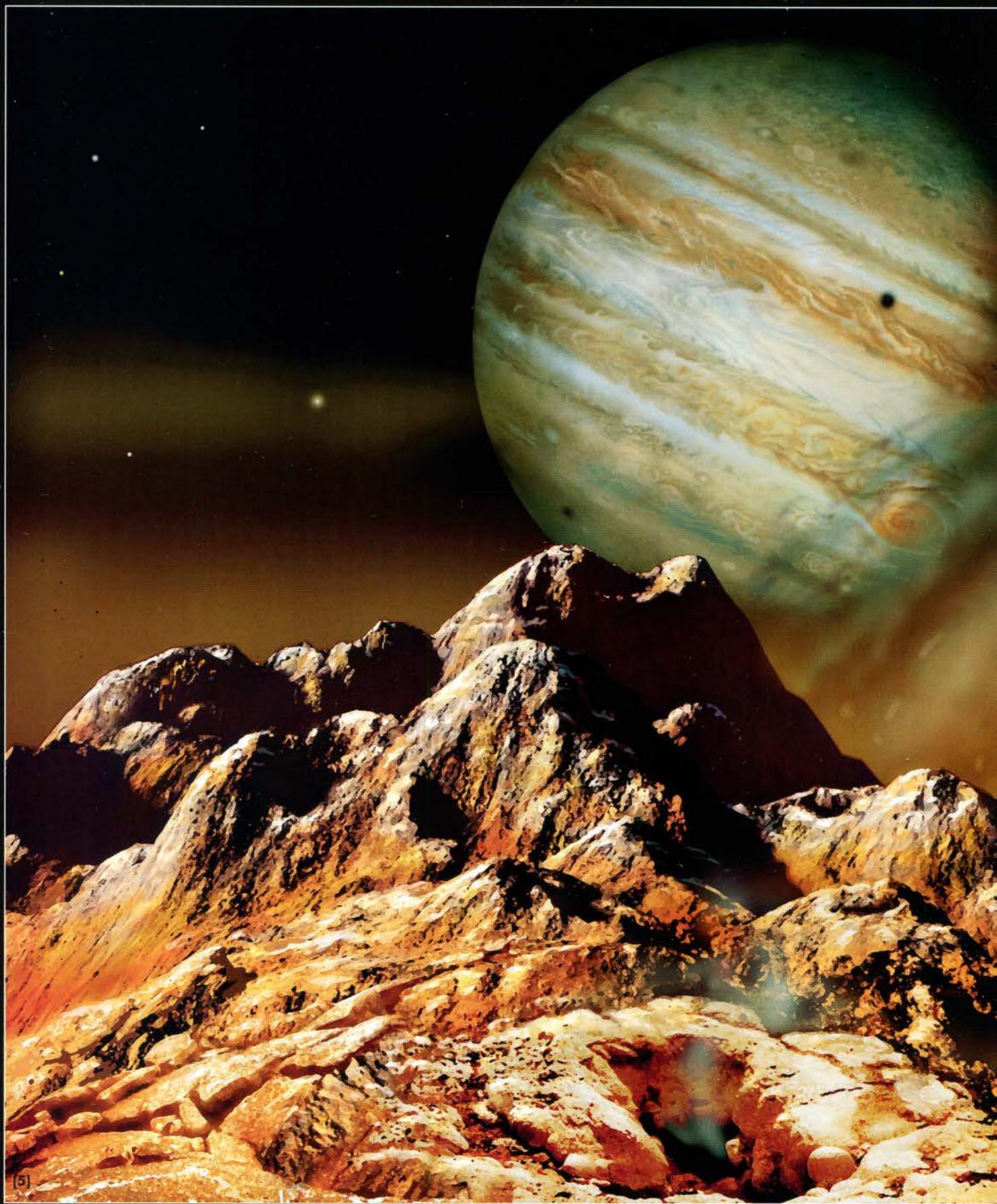
Изображение крупнейшего вулкана Ио, Пеле, сделанное «Вояджером-1» (натуральная яркость цвета усилена). Температура, зарегистрированная в жерле вулкана, составила 380 °С.

[4] ШЛЕЙФЫ

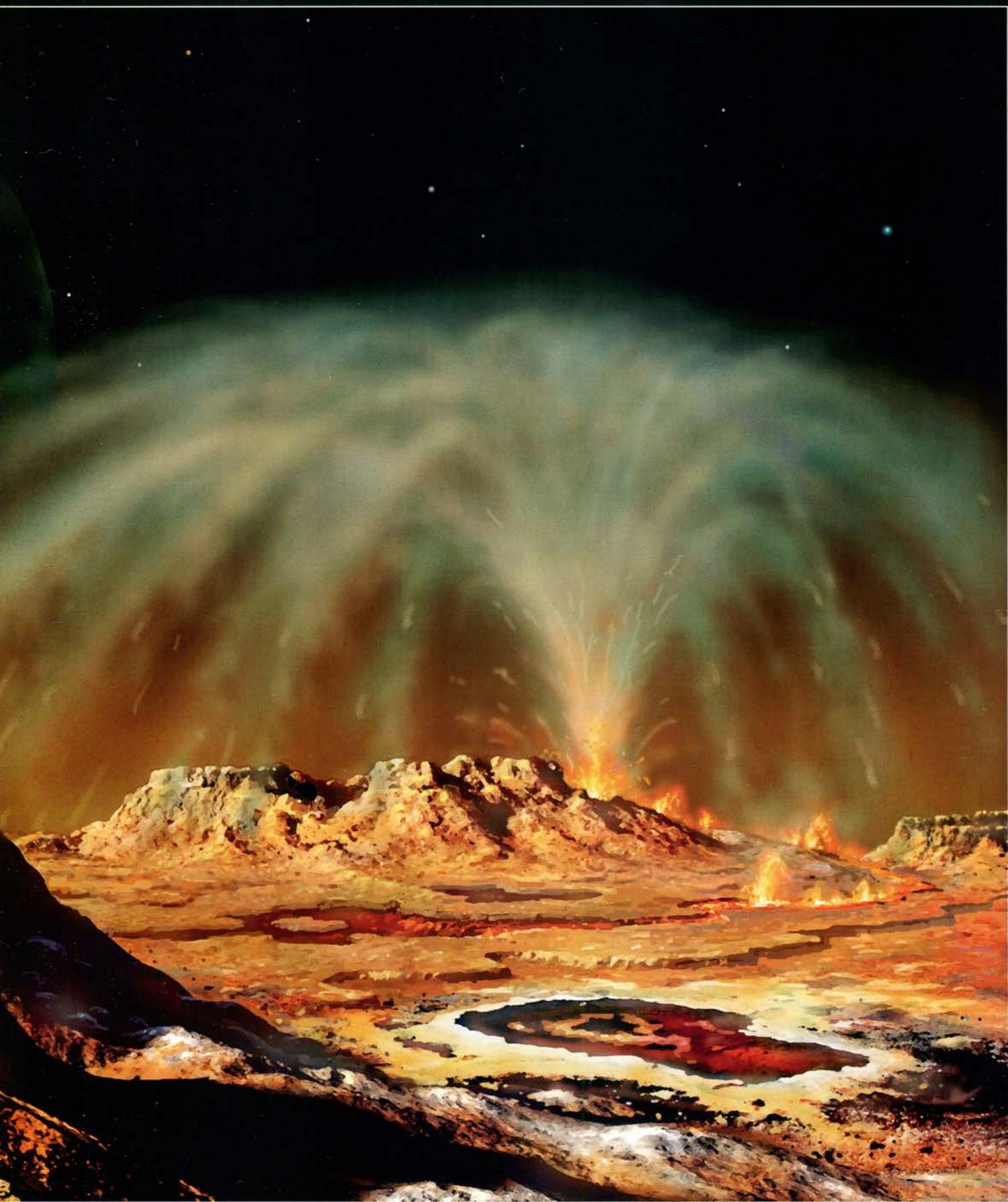
Два вулканических шлейфа, снятые 17 ноября 1997 г. во время девятого витка космического аппарата «Галилео».



[4]



[5] СУРОВЫЙ МИР Если бы астронавт смог устоять на поверхности Ио, покрытой лавовыми потоками, он увидел бы огромный, извергающийся из кальдеры вулкана шлейф серы (справа) и вулканический пепел, который осыпается на лежащий на равнинах «иней» из двуокиси серы.



Слева видны огромные горы, где над струями серы висит газовый гигант. Ио вращается вокруг Юпитера на расстоянии примерно 42 000 км, поэтому из-за сильного притяжения своего «хозяина» спутник считают одним из наиболее геологически активных объектов Солнечной системы.