

Леонов И.

# ПРОБУЖДЕНИЕ ЭНЦЕЛАДА

**К**осмические фонтаны из водяного льда, пара и смеси других веществ, поднимающиеся над равнинами луны Сатурна, давно интригуют специалистов. Не хотят сходиться уравнения, описывающие энергетику этого мира, столь удаленного от Солнца. Однако все встает на свои места, если учесть новое открытие: волнующая активность Энцелада по геологическим меркам — мимолетный эпизод.

Более четырех лет прошло с момента, когда астрономы чрезвычайно удивились, узнав, что обширный регион близ южного полюса Энцелада градусов на пять-десять теплее всей остальной поверхности спутника, а в отдельных своих точках и вовсе на все 100 градусов (то есть его температура там доходит до 180 кельвинов). Для сатурнианской луны, считай, настоящая жара. Исчерпывающего объяснения этому явлению до сих пор не существовало.

Энцелад с его фонтанами и молодой корой — не единственный спутник, задающий загадки. Но, по мнению авторов новой работы, предложенный для него «катастрофический механизм» способен пролить свет и на эпизодические локальные обновления поверхности, имевшие место в прошлом Ганимеда, Реи и Миранды

Эта загадочная жара царит в сердцевине сети гигантских разломов, известных как «тигровые полосы». Из последних на тысячи километров вверх бьют фонтаны, состоящие в основном из водяной ледяной крошки, но содержащие также богатый набор веществ, в том числе — органику.

Еще в 2007-м все эти детали удалось связать в более-менее стройную картину, но в ней не хватало ключевого звена: объяснения энергетической подпитки такого криовулканизма, ведь для нее требуется источник энергии мощностью, по меньшей мере, в шесть гигаватт.

Ведущей версией стало приливное трение в «живой коре» спутника, обладающего эллиптической орбитой. Хотя Энцелад обращен всегда одной стороной к Сатурну (как Луна к Земле), последний в его небе слегка смещается с запада на восток и обратно по мере бега спутника. И еще у Энцелада имеется резонанс (2:1) с орбитальным обращением луны Дионы.

Все это может поставлять энергию ледяной «обертке» Энцелада и поддерживать при плюсовой температуре его соленый подледный океан.

Увы, по последним оценкам, мощность «приливной грелки» приблизительно на пару порядков ниже, чем требуется для наблюдаемой активности. Ученые пришли к тому, с чего и начали — фонтаны сатурнианской луны необъяснимы.

Теперь же существенное уточнение картины получили Крейг О'Нилл (Craig O'Neill) из австралийского университета Маккуори (Macquarie University) и Френсис



Сравнение Энцелада с Британией. Загадочная луна Сатурна имеет диаметр 505 километров. «Полосы тигра» видны внизу (иллюстрация NASA/JPL/Space Science Institute)

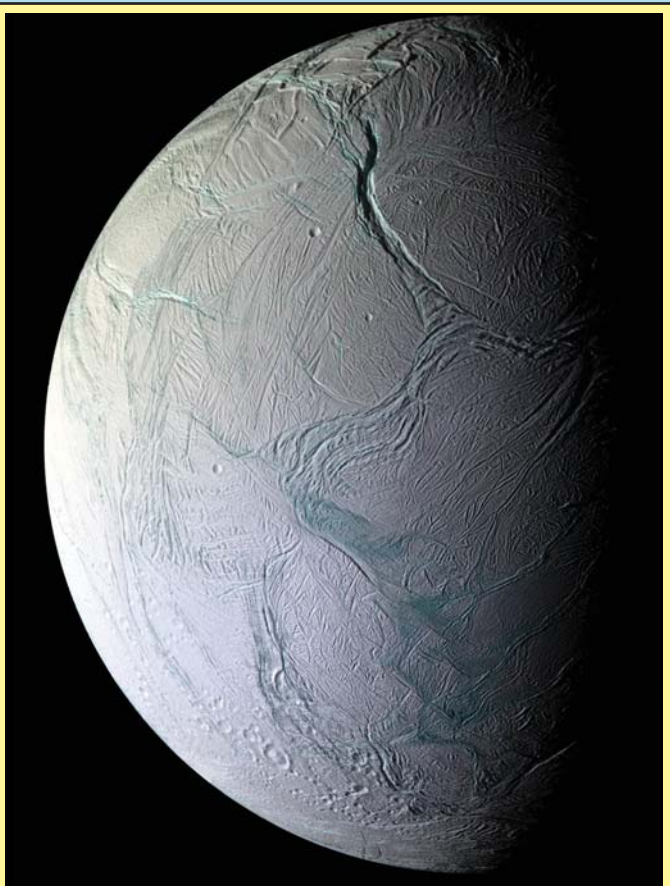
Специалисты, анализирующие информацию с американского космического аппарата Cassini, объявили — огромные разломы поверхности, так называемые «тигриные полосы» Энцелада — вполне могли образоваться всего 10 лет назад. Это необычайно молодые образования,

показывающие высокую внутреннюю геологическую активность спутника Сатурна.

Дело в том, что по показаниям спектрометров лед на Энцеладе существует в двух формах: прозрачной и поврежденной радиацией аморфной. Когда вода выходит из «полос тигра» на южном полюсе (в виде пара и мельчайшей ледяной пыли), она формирует слои нового, прозрачного льда. Потом этот лед «стареет» и преобразовывается в аморфный. Зная скорость этого процесса, специалисты могут оценить и возраст поверхностных образований спутника.

Огромные южные разломы тянутся на 130 километров каждый, а разделяют их промежутки по 40 километров.

Когда в 1981 году аппарат Voyager 2 пролетал мимо Энцелада, он не видел полос. Правда, Voyager 2 миновал спутник вблизи его северного полюса. И все же... Эти полосы делают Энцелад одним из самых интригующих тел Солнечной системы



Это впечатляющее изображение (смонтированное из 28 отдельных кадров) южного региона Энцелада Cassini получил в октябре 2008 года. Хорошо видны многочисленные ледяные разломы и хребты, выделяющие «неспокойную» часть луны на фоне геологически куда более старого северного полушария. Центру кадра соответствует точка в 64 градуса южной широты и 284 градуса западной долготы. Главные фонтанирующие разломы видны ниже центра снимка в правой его части (в районе терминатора). Самый же заметный разлом — Labtayf — лежит в верхней части снимка, его глубина, к слову, достигает одного километра (фото NASA/JPL/Space Science Institute)

ным льдом вне зоны тигровых полос, который у поверхности спутника имеет температуру  $-193^{\circ}\text{C}$ .

По мере подъема «лавовые» ледяные пузыри начинают таять, в них формируется все больше и больше жидкости. Трение стен разломов вблизи поверхности луны (подвижности коры способствует, конечно, глубинный океан, отделяющий ледяной панцирь спутника от каменного ядра) добавляет тепла этим пузырям, из которых и берут свое начало фонтаны.

Важно, что прибытие очередных порций подогретых ледяных пузырей к поверхности спутника происходит периодически, так же как и в лава-лампе мы можем наблюдать регулярные смены у ее верхушки крупных пузырей парафина.

По компьютерной модели выходит, что «перевороты», переплывающие и обновляющие часть поверхности Энцелада, продолжаются всего 10 миллионов лет каждый, а эти активные эпохи разделяют полосы штиля, длящиеся от 0,1 до 1-2 миллиардов лет. В паузах луна копит приливную энергию, не расходуя ее почем зря.

Этот «аккумулятор» и отвечает за нынешний всплеск активности спутника, несмотря на низкий средний темп поступления приливной энергии (по ряду причин «тяготеющей» к югу спутника). Просто криовулканизм на ледяной луне работает всего 0,5-10% от общего времени существования спутника, да и «включался» он, вероятно, считанные разы. «Cassini, похоже, поймал Энцелад в середине отрыжки», — образно пояснил открытие Френсис.

Ну а эта «революционная активность», в свою очередь, объясняет большое различие в возрасте поверхности Энцелада в его северном полушарии (4,2 миллиарда лет), на экваторе (от 170 млн до 3,7 млрд лет) и на юге (0,5-100 млн). Кстати, по численной модели одно такое событие обновляет от 10% до 40% поверхности Энцелада, что согласуется с площадью нынешнего активного региона на юге (10% от общей поверхности).

Механизм регулярных, притом довольно редких «катастроф», перемежающихся с длительными эпохами «застоя», косвенно играет на руку и тому предположению, что сами тигровые полосы могут оказаться куда более динамичными и молодыми образованиями, чем окружающий их теплый район.

Во всяком случае, по некоторым оценкам (основанным на скорости деградации поверхностного льда под действием космических лучей), данным разломам может быть всего от 10 до 1000 лет, что по меркам срока жизни луны Сатурна — просто миг. Нужно ли пояснять, как широко в таком случае исследователям чудес космоса улыбнулась Фортуна?

Ниммо (Francis Nimmo) из Калифорнийского университета в Санта-Круз. Они построили и проиграли на компьютере подробнейшую модель внутренностей Энцелада и его «плитотектоники». И пусть это всего лишь расчет, составлен он комплексно, со всеми данными, собранными Cassini за несколько лет работы в системе Сатурна.

Ниммо удалось получить ответ на вопрос, заданный им самим полтора года назад: тогда ученый и его коллеги установили, что океан Энцелада неуклонно идет к замерзанию. По уточненным данным, темп тепловых потерь на спутнике превышает скорость поставки энергии от приливов в 3,5 раза как минимум. И это, казалось, убивало идею приливной генерации фонтанов — за счет чего они работают?

Ныне гипотезу удалось вернуть к жизни и даже свести в энергетике крошечной планетки дебет с кредитом. Для этого, как гласит пресс-релиз Лаборатории реактивного движения (JPL), ученым пришлось прибегнуть к аналогии с лава-лампой. По новой модели тепло в недрах спутника формирует зону теплого льда, отдельные (самые нагретые) пузыри которого, будучи чуть менее плотными, чем лед холодный, начинают очень медленно подниматься вверх, словно капли парафина в лаваовой лампе. Одновременно они вытесняют более плотный лед вниз.

Понятие «теплый» тут, конечно, относительно. По вычислениям авторов исследования, температура этих пузырей составляет около нуля по Цельсию. Но это много в сравнении с обыч-

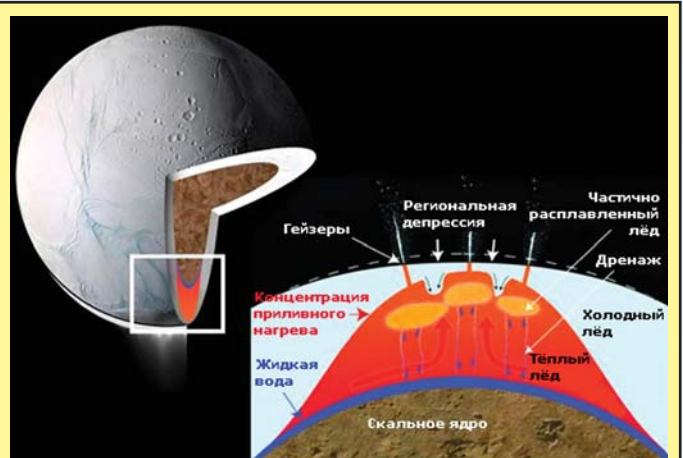


Схема «работы» внутренностей южного полярного региона Энцелада по версии Ниммо. Детали исследования раскрывает статья в Nature Geoscience (иллюстрация NASA/JPL)