

## **Механизм эндогенной активности планетарных процессов**

Ю.В. БАРКИН,  
доктор физико-математических наук  
ГАИШ МГУ

---

**Ключевая проблема в науках о Земле заключается в установлении источника энергии, обеспечивающей наблюдаемую высокую активность планет и спутников. Автор предлагает решать эту труднейшую проблему, используя механизм энергетического возбуждения их внутренних оболочек (ядра, мантии и др.) под гра-**

**витационным воздействием окружающих небесных тел. Геодинамическая концепция состоит в том, что внутреннее строение планет, их спутников и Солнца представляет собой системы оболочек, таких, в частности, как ядро и мантия. Оболочки совершают друг относительно друга поступательно-вращательное движение**

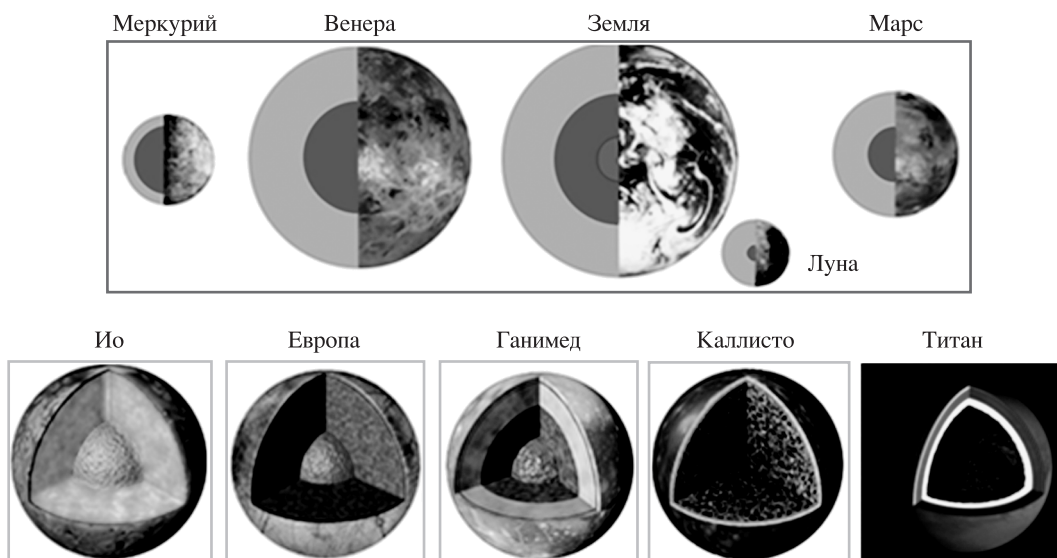
**и испытывают деформационные изменения. Автор разработал новую геодинамическую модель и описал типы движений оболочек. На основе предложенного механизма можно заложить основы теории природных процессов и объяснить их пространственно-временные свойства.**

ОТ НЬЮТОНА  
К СОВРЕМЕННОЙ  
ГЕОМОДЕЛИ

Великий Исаак Ньютон и его последователи – основоположники небесной механики – не обладали достаточными данными и знаниями о внутреннем строении небесных тел, чтобы объяснить механизмы природных процессов, их активность и цикличность. Ньютон

сформулировал основные законы механики, открыл закон всемирного тяготения, объяснил движение планет вокруг Солнца и Луны вокруг Земли, а также приливы в океанах. Утверждается, что он был фактическим создателем единой физической программы описания всех физических явлений на базе механики. Однако прак-

тически все вопросы о механизмах природных изменений на планетах и спутниках, их энергетике, цикличности долгие годы и после Ньютона оставались без ответа и не решены до сих пор. Тем не менее с годами были получены, особенно в последние десятилетия, обширные научные данные об изменчивом мире планет и спутников. Не-



смотря на прогресс, перечень нерешенных проблем постоянно расширяется. Ньютонские модели планет и спутников в виде сплошных тел оказались весьма ограниченными.

Автор считает, что небесные тела представляют собой систему оболочек, каждую из которых следует рассматривать как отдельное тело, наделенное теми или иными индивидуальными физическими свойствами. Фундаментальная особенность структуры небесных тел – их оболочечная структура. Это универсальное свойство относится ко всем телам Вселенной, включая Солнечную систему и Солнце.

Каждая оболочка может рассматриваться как сферический шаровой слой с концентрическим распределением плотно-

сти вещества. В действительности они не концентрические, более того, центры масс оболочек (включая ядро) не совпадают с центром масс планеты и взаимодействуют друг с другом, совершая сложные движения под действием гравитационных сил окружающих небесных тел Солнечной системы и Галактики.

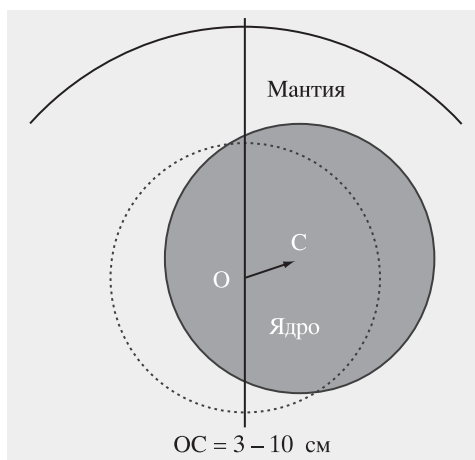
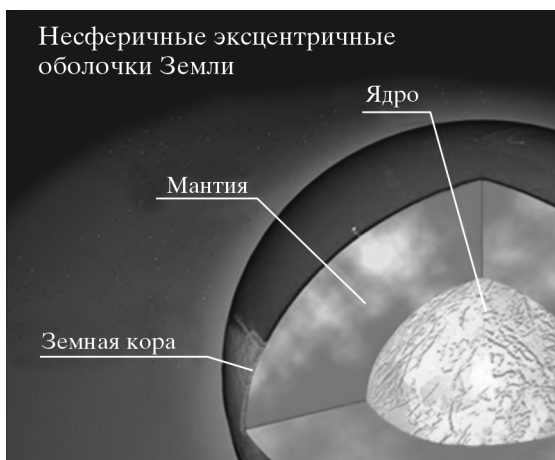
Можно утверждать, что и главные центральные оси инерции эксцентричных, неоднородных, изменяемых оболочек не совпадают с осями инерции планеты, а совершают повороты и смещаются. Оболочки деформируются, изменяется геометрия их масс, идут тектонические процессы, возникают другие трансформации (например, формирование трещин и разломов, подъем плюмов и дегазация). Вследствие этого небес-

*Внутреннее строение планет земной группы и крупных спутников Юпитера и Сатурна.*

ные тела “оживают”, становятся исключительно активными, а колебания ядра и мантии напоминают по своей сути биение сердца.

Основные исследования автор выполнил в 1996–2002 гг., и в последние годы они получили развитие. В работах автора показано, что механизм вынужденных колебаний ядра и мантии планеты способен обеспечить энергией все наблюдаемые планетарные явления. Они позволили создать единую теорию природных процессов небесных тел.

Ряд свидетельств о поворотах жидкого и твер-



*Несферичность и смещение ядра относительно внешней оболочки (мантии). Эксцентричность центра масс  $OC$  – расстояние от геометрического центра Земли ( $O$ ) до ее центра масс ( $C$ ).*

дого ядер относительно мантии были получены еще в XX в. на основе результатов исследований магнитного поля Земли и точных сейсмографических данных.

Фундаментальное положение о смещениях ядра и оболочек небесного тела было сформулировано и исследовано значительно позже. Небесная механика взаимодействующих оболочек небесных тел получила эффективное развитие в работах автора и его коллег. Важный вклад в указанные исследования внесли доктора физико-математических наук

В.Г. Вильке, А.В. Шатина, профессор Ш. Джин (Китай). Отметим, что впервые вынужденные колебания твердого ядра Земли под действием притяжения Луны и Солнца исследовали член-корреспондент РАН Ю.Н. Авсюк (1996) и доктор физико-математических наук Ю.В. Баркин (1996). Смещения твердого ядра в жидком ядре практически не оказывают заметного гравитационного влияния на верхние слои мантии. На первый план здесь выступают взаимодействие и относительные поступательные смещения ядра и мантии Земли (их центров масс).

В настоящее время получили признание устоявшиеся взгляды о том, что лунно-солнечные приливы в теле Земли обладают чрезвычайно слабой энергетикой и не вносят существенного вклада в эндогенную активность планеты

и в планетарные природные процессы (около 1%). Дефицит приливной энергии обнаружен и на других телах Солнечной системы.

Оказалось, что механизм лунно-солнечных приливных деформаций мантии, который хоть в какой-то мере объяснял цикличность процессов, не способен выступить в роли основного. Каким же другим более мощным источником энергии и механизмом эндогенной активности обладают небесные тела? Без ответа на этот важнейший вопрос многие современные исследования в геологии, геофизике и в планетологии теряют свое научное значение. В работах 1996 г. и 2002 г. автор предложил решить эту проблему, используя механизм гравитационного возбуждения оболочек небесного тела внешними небесными телами.

## КОЛЕБАНИЯ ЦЕНТРА МАСС И ЯДРА ЗЕМЛИ

Наиболее важно знать источник энергии, обеспечивающий небывалую активность Земли и других небесных тел (Ио, Титан, Энцелад, Европа, Тритон). Известные энергетические механизмы, такие как радиогенное тепло, приливное трение, солнечная радиация и некоторые другие, не в силах объяснить ни общую энергетику, ни цикличность процессов, не говоря уже о распространенных планетарных явлениях – инверсии природных процессов по отношению к противоположным полушариям (например, Северному и Южному), резких скачков активности полярных областей.

Приливное трение вносит исключительно малый вклад (около  $0,4 \times 10^{12}$  Вт) в общий тепловой поток Земли, который, по современным оценкам, составляет  $46 \pm 3 \times 10^{12}$  Вт, то есть около 1%. Диссипация приливной энергии на Энцеладе может объяснить только 1/27 часть наблюдаемого теплового потока, а на Ио – лишь его незначительную часть. Высокая активность природных процессов на Титане, предсказанная автором в 2002 г., делает этот спутник чрезвычайно похожим на Землю. Об этом впервые было написано в моей статье 2002 г., за два года до прибытия АМС “Кассини” к Сатурну. Тем не менее

часто возникает недоуменный вопрос: почему Титан так активен, откуда берется тепло?

Указанные проблемы решаются с помощью геодинамического механизма вынужденной раскачки ядра и мантии Земли. Смещения центра масс Земли по отношению к мантии в настоящее время (примерно с 1993 г.) доступны для изучения методами космической геодезии.

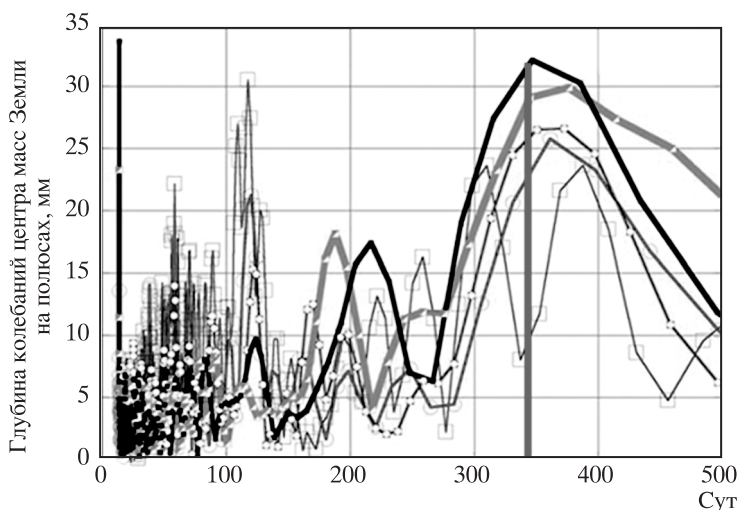
Выявлен спектр колебаний и вековое смещение центра масс Земли в северном направлении (район полуострова Таймыр). Эти геодезические явления – следствие действия рассматриваемого механизма. Некоторые из них были предсказаны и позднее получили подтверждение в статьях автора 1995 г. и 2001 г.

По смещениям центра масс Земли на основе предлагаемой геомодели удается восстановить некоторые относительные смещения ядра и мантии планеты, изучить их следствия – деформацию мантии, вариации ее упругой энергии, мощности диссипации и изменения теплового потока и других полей, перераспределение флюидных масс.

### ЭНЕРГЕТИКА И МОЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ЗЕМЛИ

Автор проанализировал составляющие упругой энергии и мощности диссипации для всех относительных колебаний и смещений ядра и ман-

тии Земли, которые соответствуют наблюдаемым колебаниям и смещениям центра масс Земли с амплитудами в несколько сантиметров или долей сантиметра. Для каждой гармоники были определены приливные деформации мантии, вызванные гравитационным воздействием смещающегося ядра, и рассчитана упругая энергия и диссипация энергии в вязкоупругой мантии планеты. Суммарная мощность диссипации оценена в  $0,427 \times 10^{13}$  Вт. В приведенной оценке не учтены короткопериодические колебания ядра (суточные, недельные). Колебания с недельными и суточными периодами дают весьма большой вклад в диссипацию энергии. Так, колебание центра масс Земли с периодом 13,7 суток, весьма значительное по амплитуде – 3–3,5 см, приводит к колоссальной диссипации энергии –  $3,38 \times 10^{14}$  Вт. В будущем предстоит получить более полные и точные оценки мощностей диссипации вследствие колебаний центра масс Земли с короткими периодами, включая суточные и часовые. По оценке автора, полная диссипация энергии –  $10^{14}$ – $10^{15}$  Вт – весьма внушительна. По-видимому, она дополняется механизмами разогрева материала мантии и ядра на их границе при формировании плюмов (также вследствие смещений и колебаний



*График спектра полярных колебаний центра масс Земли, полученного в результате доплеровских измерений спутников. Выделяются годовое и двухнедельное колебания. По данным Гобиндасса и др. 2009 г.*

оболочек Земли), относительными поворотами и скручиванием слоев мантии и ядра.

Выполненная оценка мощности диссипации энергии Земли не полная. Например, в расчетах были учтены лишь полярные колебания ядра вдоль оси вращения Земли. Экваториальные составляющие приведут примерно к удвоению полученной оценки мощности диссипации. Есть и другие важные составляющие, связанные, например, с взаимными поворотами оболочек. Особо следует изучить поступление тепловой

энергии вследствие деформаций промежуточного слоя между ядром и мантией.

Можно предположить, что на многих телах Солнечной системы, в частности на Энцеладе, Европе, Титане, Ио, Меркурии, и в других планетных системах указанный механизм вынужденного взаимодействия, смещений и деформаций оболочек способен обеспечить их энергетические запросы и высокий уровень эндогенной активности.

#### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ЗЕМЛИ

Упругой энергии и мощности диссипации достаточно для обеспечения наблюдаемой активности Земли. В монографии Ю.Н. Авсюка (1996) приводятся следующие оценки мощности основных природных процессов: сейсмических событий –  $3 \times 10^{10}$  Вт; вулканических собы-

тий –  $10^{10}$  Вт; тепловой конвекции –  $10^{13}$  Вт; лунно-солнечных приливов –  $4 \times 10^{11}$  Вт. Для функционирования магнитного поля Земли требуется меньшая энергия, для теплового потока Земли –  $4,4-4,8 \times 10^{13}$  Вт. Предложенный выше механизм генерации и диссипации упругой энергии мантии с избытком объясняет указанный тепловой поток. Мощность сейсмического и вулканического процессов составляет малую часть от мощности диссипации энергии по части колебаний ядра, выявленных по колебаниям центра масс Земли при спутниковых наблюдениях.

В разработанной автором геодинамической модели описаны основные колебательные движения оболочек. Изучены приливы в вязкоупругой мантии планеты, которые порождаются гравитационными силами взаимо-

действия с подвижным ядром. Их изменение во времени приводит к рассеянию механической энергии в материале планеты (в мантии), которая переходит в тепло и формирует температурное поле внутри планеты. Проблемы геодинамики, геофизики и других наук о Земле решаются с помощью гравитационного механизма вынужденной раскачки ядра и мантии небесного тела.

Выполненные исследования решают энергетическую проблему нашей планеты. В частности, мощность диссипации упругой энергии мантии Земли для наблюдаемых движений и колебаний центра масс (и ядра), по нашим оценкам, может составлять  $10^{15}$ – $10^{16}$  Вт. Это гигантское значение мощности с лихвой объясняет всю эндогенную деятельность и геодинамическую активность Земли.

Энергия черпается из механической энергии поступательно-вращательных движений небесных тел и из энергии относительных смещений их оболочек. Геодинамическая модель синхронных относительных смещений оболочек (ядро и мантия) в телах Солнечной системы объясняет фундаментальные свойства планетарных процессов, таких как цикличность, единство и синхронность, полярная активность, скач-

кообразность активности природных процессов.

Автор первым установил и интерпретировал синхронность скачкообразных изменений природных процессов на Солнце, Земле, Луне и Марсе. Возбудимость системы оболочек планеты, энергия колебаний ядра, его смещений и деформации мантии определяются в зависимости от двух факторов: эксцентricности в положении центров масс ядра и мантии и их несферичности (или эллипсоидальности).

Для ряда тел Солнечной системы установлены большие постоянные смещения центров масс относительно их геометрических центров: для Луны – 1,9 км, Марса – 3,3 км, Венеры – 1,5 км, Земли – 1,1 км, Меркурия – 0,6 км, Титана – 0,27 км. Исследования показали, что возбудимость оболочек небесного тела, его энергетика, эндогенная активность пропорциональны динамическим сжатиям оболочек и величине эксцентricности оболочек. Параметры несферичности оболочек Земли и Луны, а также ряда планет и спутников в настоящее время оценены в результате сейсмических, спутниковых, геодезических и альтиметрических исследований. У небесных тел с высокой эндогенной активностью, например у Ио, Европы,

Энцелада, большая эллипсоидальность.

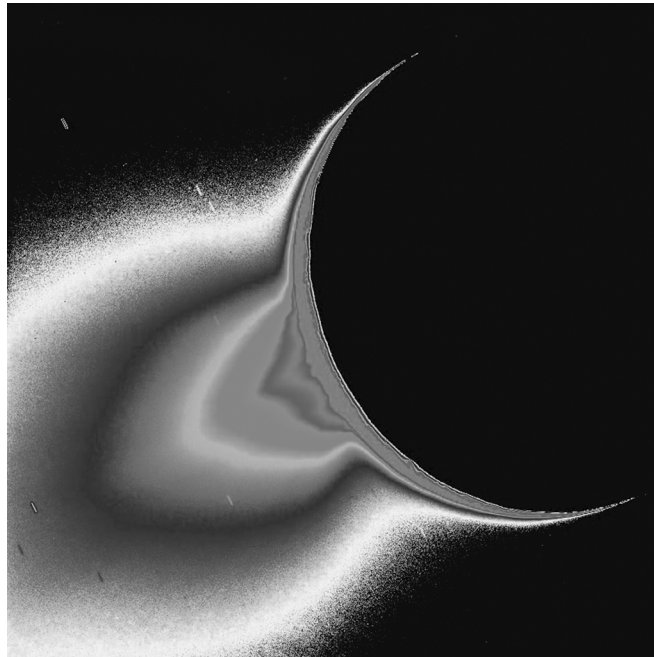
АКТИВНОСТЬ ТИТАНА,  
ЭНЦЕЛАДА И ЕВРОПЫ

В 2002 г. автор, проанализировав особенности действия механизма гравитационного возбуждения оболочек спутника Сатурна Титана, предсказал его высокую активность: *“На Титане происходят бурные атмосферные процессы. Природные процессы на Титане так же едины, как и на Земле. Они диктуются и направляются одним и тем же механизмом – механизмом раскачки и блужданий оболочек... Метановый океан Титана, вполне вероятно, представляет собой систему морей, формирование которых было вызвано направленными радиальными смещениями оболочек Титана. Все оболочки Титана, включая океан и атмосферу, глубоко динамически взаимосвязаны и пронизаны едиными ритмами и циклами в своем существовании и эволюции... Возможно, что это второй мир в Солнечной системе (после Земли), где бурно проявляют себя все природные процессы: атмосферные процессы и процессы в океанической оболочке, тектонические процессы и вулканическая деятельность”*. Уже первые снимки и исследования “Кассини” полностью

Гейзер на спутнике Сатурна Энцеладе. Снимок получен АМС "Кассини" 28 ноября 2005 г. Фото NASA.

подтвердили сделанные предсказания. Получила подтверждение высокая природная активность Титана. В его противоположных полушариях были открыты системы углеводородных морей (Земля и Вселенная, 2007, № 4, с. 23; 2013, № 5, с. 21–23).

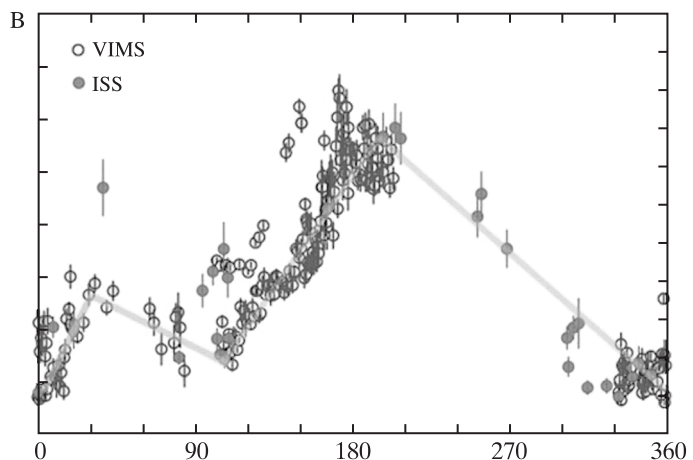
Установлена высокая активность другого спутника Сатурна – Энцелада: "Механизм раскачки оболочек Энцелада следует рассматривать как основной энергетический источник для его тектонической активности. Этот механизм является ответственным за формирование трещин и разломов на поверхности Энцелада, ледяных вулканов и потоков глобальной протяженности"

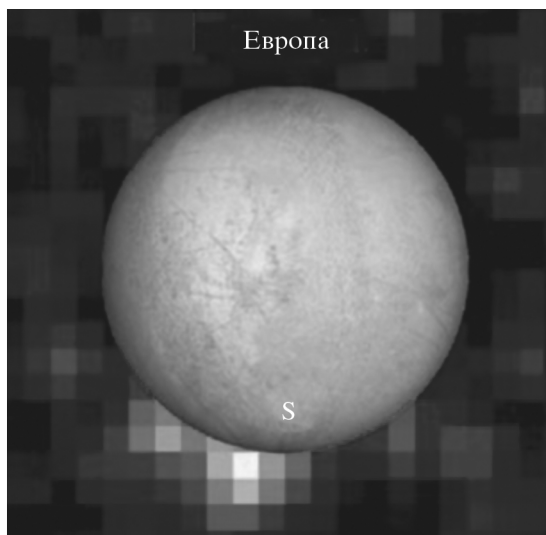
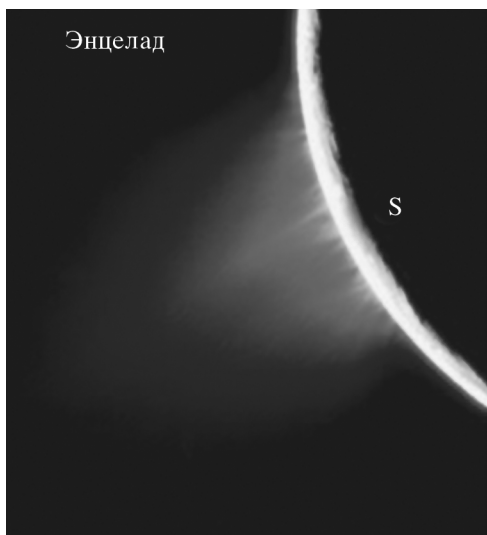


(Баркин, 2002). Спустя примерно три года после указанной публикации на Южном полюсе Энцелада был открыт действующий гейзер (плюм) с выбросами веществ и газов на высоту до 300 км, что свидетельствует о его необычайной и переменной активности (Земля и Все-

ленная, 2007, № 4, с. 83; 2007, № 5, с. 34). Современные данные указывают на осветление шлейфа гейзера Энцелада во время определенной позиции на эллиптической орбите. Приливные вариации напряжений на Энцеладе не объясняют наблюдаемые изменения

График изменений яркости плюма Энцелада в зависимости от положения спутника на эллиптической орбите (значения средней аномалии указаны по оси абсцисс в градусах). Значения яркости (B) даны в условных единицах. По данным измерений приборами VIMS и ISS АМС "Кассини". Фото NASA/К. Порко.





Гейзеры водяного пара в южном приполярном регионе (S) спутника Сатурна Энцелада. Ультрафиолетовое свечение в южной полярной области (S) спутника Юпитера Европы. Снимки получены АМС "Кассини" 10 октября 2007 г. и АМС "Галилео" с наложением данных КТХ (декабрь 2012 г.). Фото NASA/ESA/Л. Рот.

---



Так художник изобразил водную дегазацию из двух источников на самом большом астероиде Солнечной системы Церере. 23 января 2014 г. Парижская обсерватория.

---



яркости плюма. Корреляция яркости с орбитальным положением Энцелада свидетельствует, что приливные напряжения важны, но другие эффекты, несомненно, присутствуют. Согласно концепции автора характер изменения плюма, его яркости В, обуславливается не циклическими, а пилообразными (резкими, ускоренными, скачкообразными) относительными колебаниями ядра и верхней оболочки Энцелада.

По единому динамическому критерию, эндогенная активность Европы, спутника Юпитера, также исключительно высока и уступает лишь его спутнику Ио. В последние годы это положение получило дополнительное подтверждение. В южной полярной области этого спутника был обнаружен плюм, по природе похожий на южно-полярный плюм-гейзер на Энцеладе. Тем самым подтверждена универсальность механизма возбуждения активности подобных плюмов. Оказывается, что это одно из основных свойств всех процессов дегазации на планетах и спутниках, которое дик-

туется механизмом гравитационного возбуждения их оболочек. Речь, конечно, идет не только о Солнечной системе, но и о многих экзопланетных системах.

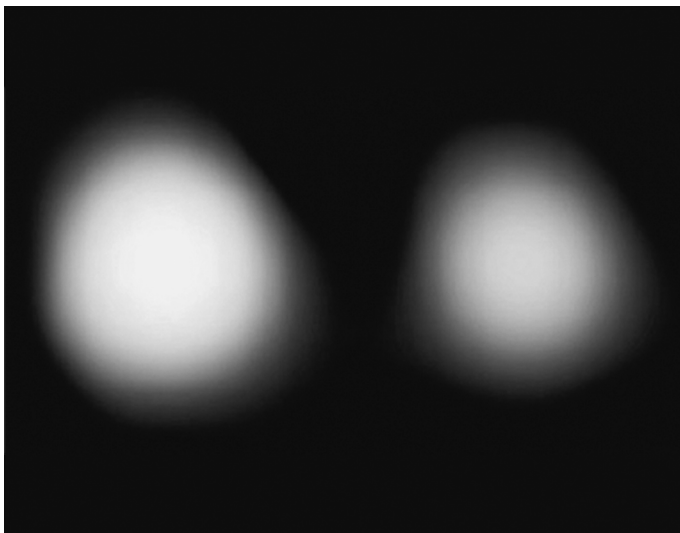
В последнее время гейзерная активность на Европе не наблюдалась, что вызвало некоторый переполох в научных кругах. Согласно рассматриваемой геомодели ее можно отнести к разряду больших скачкообразных вариаций эндогенной активности спутника, в том числе 2005 г.

В последние годы активность гейзеров обнаружена на астероиде Церера. Европейские астрономы сообщили, что обнаружили гейзеры водяного пара на поверхности Цереры, крупнейшем объекте Главного пояса астероидов. Водяной пар извергается со скоростью около 6 км/с. Представление современных

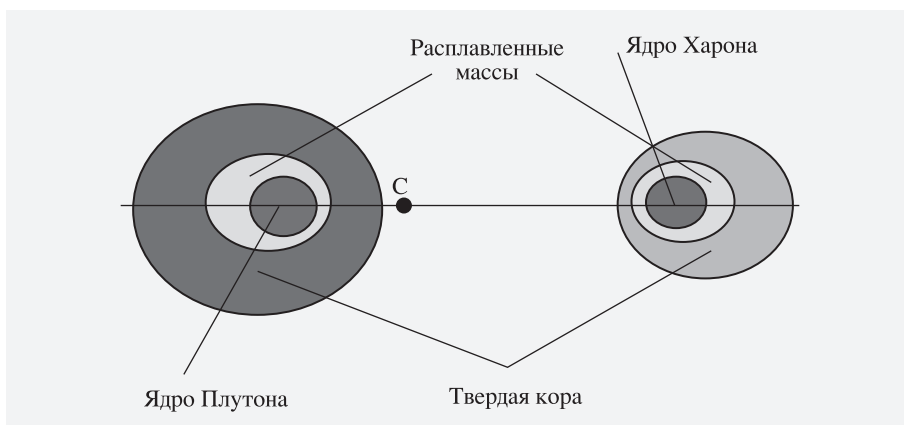
авторов о приливной природе действия указанных выше гейзеров не соответствует действительности. Как уже отмечалось, приливной механизм в принципе не может обеспечить энергетику рассматриваемых процессов.

Из выполненных исследований следует вывод, что эндогенная активность планеты (или спутника) определяется гравитационным воздействием на ее оболочки окружающих небесных тел и действием механизма их вынужденной раскачки. Это приводит к энергетическому возбуждению оболочек и возникновению новых высокоэнергетических приливов, которые контролируют и направляют процессы дегазации.

В июле 2015 г. АМС "Новые горизонты" достигнет окрестностей планетной системы Плу-



*Плутон и Харон. Изображение получено в Обсерватории ALMA (Атакама, Чили).*



*Схема строения недр Плутона и Харона. Внешние твердые оболочки тел смещены своими утолщениями в противоположные стороны. Их ядра смещены к барицентру (С) двойной планеты Плуто́н – Ха́рон.*

тон – Харон (Земля и Вселенная, 2006, № 3, с. 108–109). По мнению автора, здесь, как и на Титане, будет обнаружена высокая эндогенная активность (Земля и Вселенная, 2007, № 6, с. 97). Это обусловлено эксцентричным положением основных оболочек и сложным барицентрическим движением центров масс Плутона и Харона.

На активное действие механизма раскачки и

возбуждения оболочек планет и спутников указывают многие другие явления. Например, была подтверждена концентрация гладких равнин в Северном полушарии Меркурия и предсказанная ранее асимметрия его Северного и Южного полушарий. Исследования, выполненные на основе гравитационного механизма возбуждения оболочек, позволили обосновать активизацию

природных процессов, геологической, тектонической деятельности в полярных областях планет и спутников.

Указанные выше положения планетодинамики, в том числе геодинамическая модель вынужденных относительных колебаний оболочек небесных тел, разработанная автором, ее эффективность и универсальность в настоящее время подтверждены данными АМС.