



## Тайны планетных недр

Т.В. ГУДКОВА,  
доктор физико-математических наук  
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Одна из центральных проблем наук о Земле – геофизики, геохимии и геологии – построение теории образования Земли, ее начального состояния и эволюции. Начиная с Р. Декарта (начало XVII в.), вопрос о происхождении и эволюции Солнечной системы привлекал к себе внимание крупнейших естествоиспытателей. Научная космогония ведет свое начало с работ И. Канта и П.-С. Лапласа (Земля и Вселенная, 2009, № 2). Большой вклад в теорию образования планет внес



академик О.Ю. Шмидт (Земля и Вселенная, 2002, № 2). Проблемы изучения внутреннего строения Земли, Луны и планет, их эво-

люции тесно взаимосвязаны (Земля и Вселенная, 1973, № 5; 1974, № 1; 1992, № 4). С одной стороны, исследование процессов, происходящих (и происходивших) на Земле невозможно рассматривать без привлечения данных о планетах и спутниках. С другой – при изучении планет наши исследования опираются на знания, полученные для Земли. Внутреннее строение нашей планеты служит отправной точкой при исследовании недр других планет.

### СОСТАВ ПЛАНЕТ

По физическим свойствам планеты делятся на две группы: планеты земной группы – Меркурий, Венера, Земля, Марс и планеты-гиганты – Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун (в

порядке их удаления от Солнца), которые разделены поясом астероидов, – тысячами малых планет (поперечником 1–100 км), многие из них – глыбы неправильной формы (Земля и Вселенная, 1985, № 3; 2008, № 6). Важное значение ас-

тероидов – в том, что из них, по-видимому, образуются метеориты, похожие на состав Земли и планет.

Планеты земной группы состоят, в основном, из силикатов и железа, а планеты-гиганты – из водорода и гелия с примесью

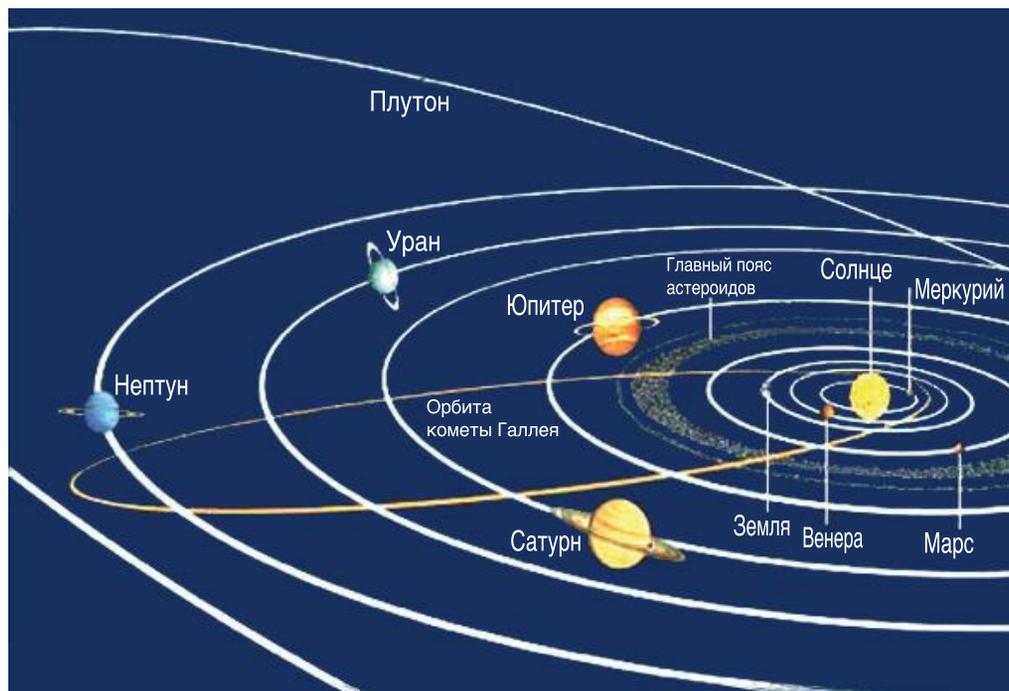


Схема расположения планет Солнечной системы.

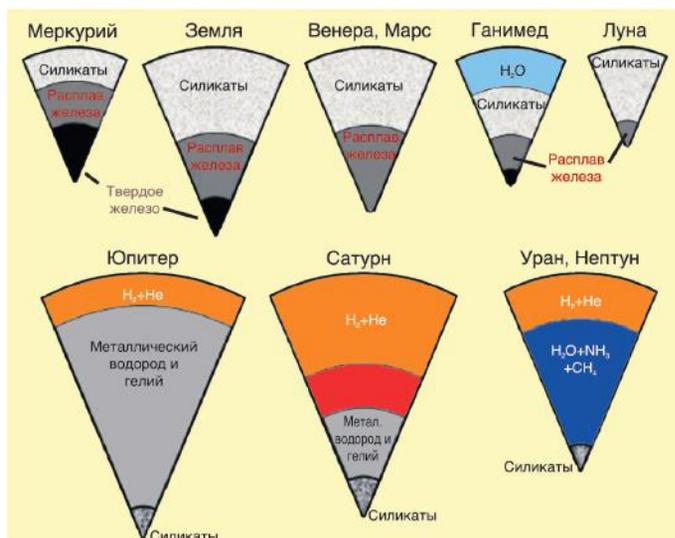
воды, метана и аммиака. Различие плотностей планет связано с возрастанием температуры в туманности по направлению к Солнцу. В результате этого вблизи Солнца в виде твердых частиц могли существовать только наименее летучие элементы, а эти элементы имеют высокую плотность. Последняя стадия роста планет земной группы отличалась от стадии формирования планет-гигантов. Дело в том, что летучие соединения водорода и сами водород и гелий, а также некоторые инертные газы не смогли быть “захваченными” растущими протопла-

нетными телами в земной зоне из-за сравнительно больших температур. Поэтому эти планеты “вычерпали” в своих зонах лишь каменистые и железистые вещества, а их малые размеры не позволяли им “удержать” водород и гелий.

Наоборот, протопланеты группы Юпитера из-за более низких температур быстро росли за счет ледяной компоненты летучих соединений, что позволило им не только “удержать” водородно-гелиевую компоненту, но и вобрать в себя большую массу этого газа из своей области (Земля и Вселенная, 1982, № 3). У Юпитера ос-

нова – газовая компонента (водород, гелий, Ne, N<sub>2</sub>, CO) – составляет 78–82%, на втором месте – ледяная (H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>; 14–17%), на третьем – силикатная (железо, никель, сульфиды железа, а также SiO<sub>2</sub>, MgO, FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, которые вместе с Fe и Ni образовали различные силикаты и алюмосиликаты) – 1–5% (Земля и Вселенная, 1977, № 3). У Сатурна газовая компонента сокращается до 70%, ледяная – доходит до 23% (Земля и Вселенная, 1972, № 1; 1982, № 4). У Урана и Нептуна увеличение ледяной компоненты доходит до 70%, на втором месте – сили-

Внутреннее строение Луны и планет, а также спутника Юпитера Ганимеда. Наиболее существенным различием между планетами является средний состав (соотношение между газовой, ледовой и силикатной компонентами). "Из работы Жаркова В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. – М., Наука и образование, 2013".



катная (около 20%; Земля и Вселенная, 1991, № 2, 3).

Вопреки Жюль Верну (научно-фантастический роман "Путешествие к центру Земли", 1864 г.), проникнуть в глубокие недра Земли еще никому не удалось. Непосредственное проникновение в глубокие недра планет (так же, как и в недра Земли) невозможно. Самые глубокие скважины, пробуренные на Земле, позволили заглянуть лишь на глубину немногим более 12 км (Кольская сверхглубокая скважина, Россия; Земля и Вселенная, 1986, № 1). Что же говорить о других планетах, недра которых вообще малодоступны для прямых исследований?

О Земле нам известно намного больше, чем о других планетах. Источником наиболее детальной информации о недрах Земли служит сейсмология. При медицинских обследованиях рентгеновские лучи проходят "сквозь" человеческое тело, и на снимке возникает рисунок из черных и белых тонов,

которую глаз специалиста способен воспринять как структуру тела. Во многом сходная картина наблюдается и при землетрясениях (планетотрясениях), когда из ограниченной области под поверхностью планеты излучаются упругие колебания – сейсмические волны. Сейсмические волны проходят сквозь Землю и регистрируются сейсмостанциями на поверхности. Они содержат информацию о среде, через которую прошли; главная задача – расшифровать записанные волны. Дальнейший анализ полученной информации позволяет определить профили плотности и упругих модулей: сжатия и сдвига в недрах планеты. Сравнительно определенную зависимость плотности от давления с уравнениями состояния различных горных пород и минералов,

найденных в лабораторных экспериментах (диапазон давлений и температур в Земле – 3,5 Мбар и 6000°С), мы получаем возможность приступить к подбору конкретного вещественного состава земных недр на количественной основе. Вещество в недрах Земли, исключая ее внешнее жидкое ядро, состоит из смеси поликристаллов различных минералов. Реализовать известный средний химический состав можно различными вариантами минеральных ансамблей и химических соединений. Неоднозначность подбора пропорций представляет одну из основных трудностей проблемы.

С физико-химической точки зрения Земля разделяется на две части: силикатную оболочку (или мантию) и металлическое ядро. Земная кора имеет

вторичное происхождение: она “выделилась” из оболочки при тепловой эволюции за счет гравитационной дифференциации. Под континентами земная кора простирается до глубины около 40 км, представляя собой тонкий наружный слой. Континентальная кора сложена легким веществом: главным образом гранитом. Давление в нижней части коры достигает примерно 10 кбар, а температура – 700–800°С. Мантия располагается от подошвы коры до глубины 2900 км

и занимает около 80% всего объема Земли. При первом приближении можно считать, что химический состав мантии не зависит от ее глубины, где главным компонентом является перидотит, состоящий из равных молекулярных долей оливина (90%  $Mg_2SiO_4$ ) и 10% ( $Fe_2SiO_4$ ) и алюминиевого пироксена 81% ( $Mg_2SiO_3$ ), 9% ( $Fe_2SiO_3$ ), 10% ( $Al_2O_3$ ). Силикатная мантия – твердая, но в геологических масштабах времени ведет себя как вязкая жидкость. Минералы мантии испытывают фазовые

переходы, в результате которых происходит скачкообразное изменение ее плотности; и эти границы также были подтверждены сейсмическими данными. Внешнее ядро – жидкое, оно состоит из железа с добавлением легких веществ – таких, как кремний, сера и кислород. Внутреннее ядро – твердое, в основном, содержит железоникелевый сплав.

#### ДИНАМИЧНАЯ ЗЕМЛЯ

Землетрясения, извержения вулканов и изменения уровня моря свидетельствуют о том, что Земля не только изменялась в прошлом, но и теперь остается динамичной планетой. Все эти явления обусловлены процессами, происходящими глубоко в Земле.

Температура и давление являются важнейшими параметрами земных недр, они определяют состояние вещества. С глубиной температура увеличивается приблизительно на 10–30 К/км. Известно, что температура плавления растет с повышением давления, возрастающего с глубиной. Температура плавления силикатов при атмосферном давлении составляет порядка 1100–1200°С и ее рост составляет в среднем на 3 К/км. Легко оценить глубину, на которой температура пород приближается к температуре плавления (за температуру плавления часто

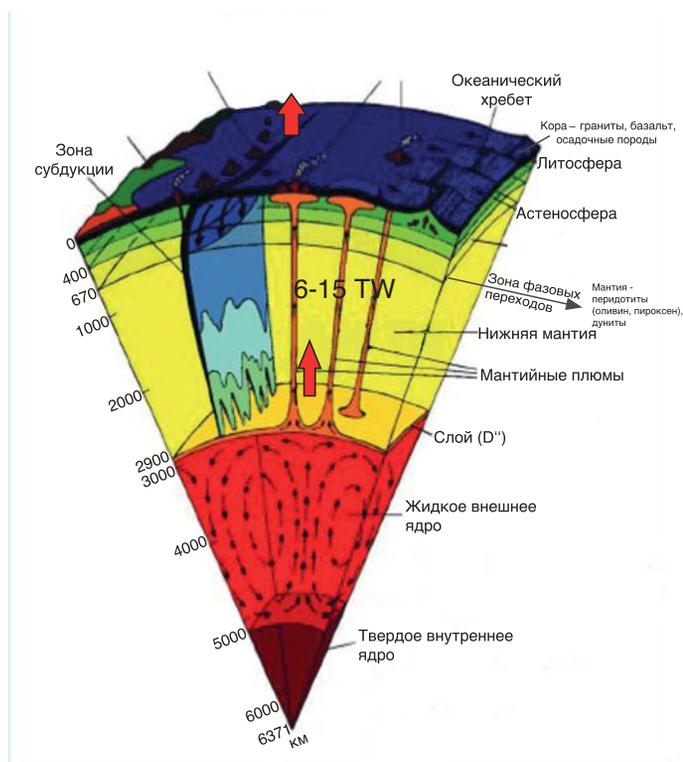
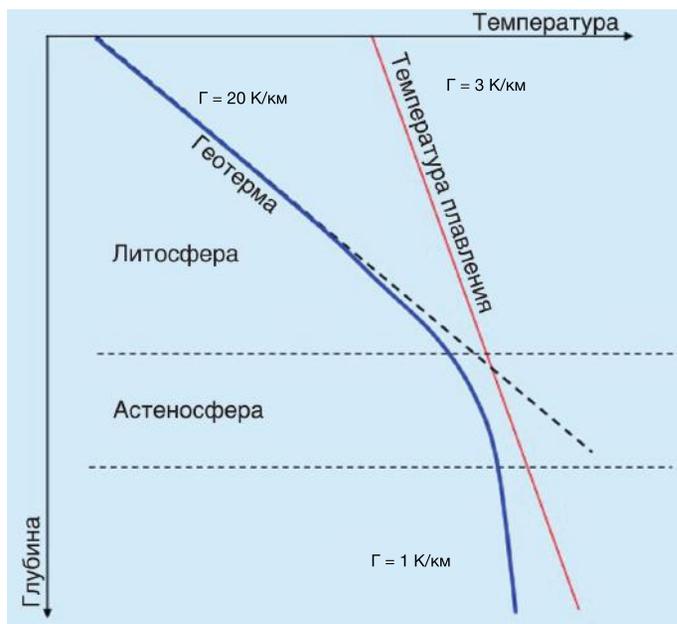


Схема внутреннего строения Земли.

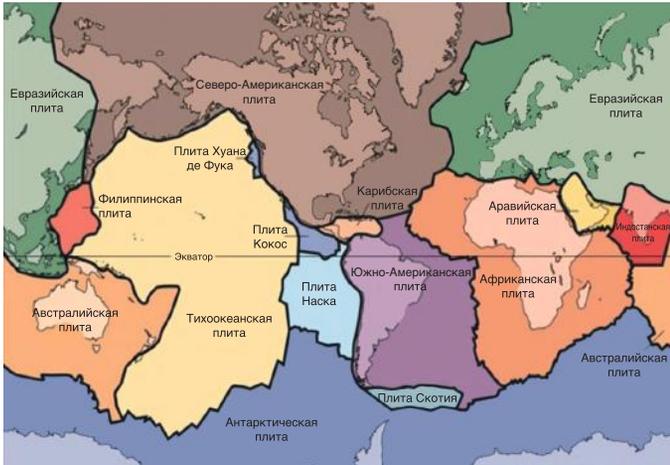
График изменения температуры пород. Температура пород астеносферы близка к температуре солидуса. Часть легкоплавких минералов (единицы процентов) находится в расплавленном состоянии. Голубая линия – изменение температуры пород с глубиной погружения, красная – изменение температуры плавления пород с глубиной погружения. По данным автора.



принимают температуру солидуса, то есть температуру наиболее легкоплавкого минерала в смеси), – 70–160 км. Ниже этого уровня порода должна бы находиться в расплавленном (точнее – в пластичном) состоянии. Согласно сейсмическим данным на глубине от 100 до 300 км происходит снижение скорости распространения сейсмических волн и увеличивается скорость их затухания, что интерпретируется как частичное (3–7%) плавление горных пород; полного плавления пород не наблюдается. Более того, на больших глубинах нет и частичного плавления. Температура пород на глубине более 300–500 км увеличивается со скоростью порядка 1 К/км и разница между температурой породы и температурой плавления возрастает. Поскольку вязкость зависит от того, насколько температура породы близка к температуре плавления,

то можно выделить интервал глубин, где вязкость породы минимальна. Этот наиболее пластичный слой называется астеносферой. В геологическом масштабе времени (миллионы лет) породы астеносферы ведут себя как вязкая жидкость. Свойства астеносферы связаны с тем, что температура слагающих ее пород близка к температуре солидуса и некоторая часть легкоплавких минералов (единицы процентов) находится в расплавленном состоянии. Выше лежащие холодные твердые породы называются литосферой. Она обладает свойствами твердого хрупкого тела даже в геологических процессах, продолжающихся сотни миллионов лет.

В конце 1960-х гг. была сформулирована теория тектоники плит (Земля и Вселенная, 1974, № 5; 1980, № 6). Согласно ей, поверхность Земли подвижна, она разделена примерно на 20 отдельных твердых (литосферных) плит, которые «плавают» в более плотном, но пластичном мантийном веществе. Плиты двигаются с различной скоростью – от 2 до 20 см в год. К крупным литосферным плитам принадлежат Тихоокеанская (самая большая по размерам), Северо-Американская, Южно-Американская, Африканская, Евразийская, Индийская (или Индо-Австралийская), Антарктическая и Наска (самая маленькая). Иногда к крупным плитам относят Аравийскую плиту, к средним – Филиппинскую,



Карта расположения литосферных плит на Земле,двигающихся со скоростью 2–20 см/год. Горизонтальные размеры плит составляют порядка 1000 км. Характерное время существования плиты – (10–100 млн лет) мало по сравнению с возрастом Земли (4,5 млрд лет).

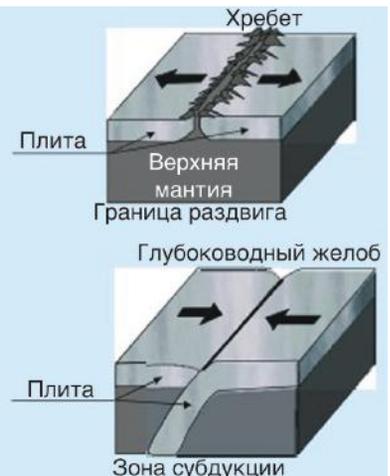
Скотия и Карибскую. По площади с ними соизмеримы плиты Кокос и Аравийская; кроме этого, существует и ряд малых плит (см. статью В.И. Шевченко и А.А. Лукка в этом номере журнала).

Все виды тектонической активности совпадают, глав-

ным образом, с границами плит, где можно наблюдать их относительное движение. Характер таких явлений, как землетрясения, вулканизм, горообразование зависит от того, сходятся плиты или расходятся и от того, какие участки плит граничат меж-

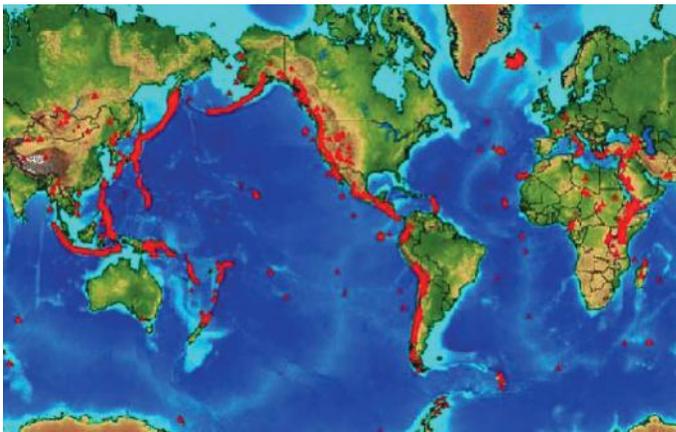
ду собой, – континентальные или океанические.

При раздвижении литосферных плит между ними возникает трещина разрыва, куда внедряется расплавленное мантийное вещество. Поднимающееся вещество охлаждается, кристаллизуется; начинается образование океанических литосферных плит, которые являются дном океана. Это явление носит название спрединг. К наиболее характерным сре-



Рифты Красного моря и залива Акабы, где происходит спрединг, – раздвижение литосферных плит. Справа – схемы движения плит. По данным сайта: [https://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Rift\\_Valley](https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Rift_Valley).

Карта основных эпицентров землетрясений. Их очаги связаны в основном с зонами субдукции. "Из работы Жаркова В.Н. Внутреннее строение Земли и планеты. – М.: Наука и образование, 2013"



динно-океаническим возвышенностям относится Срединно-Атлантический хребет. В настоящее время в науках о Земле распространена точка зрения о том, что 200 млн лет назад Атлантического океана не было, а суша Земли представляла собой единый материк – Пангею, которая потом раскололась вдоль этого хребта (Земля и Вселенная, 1974, № 5; 1994, № 3).

Океанические плиты, двигаясь, достигают континентальных литосферных плит, сталкиваются друг с дру-

гом, край океанической плиты опускается в мантию, опускаясь под край континентальной плиты. В результате мантия поглощает материал опускающейся (поддвигающейся) плиты и вдоль границ таких плит образуются глубоководные желоба. Эта зона называется зоной субдукции.

Если посмотреть на карту Тихого океана, то мы увидим, что островные дуги, окаймляющие Азиатский материк с востока, прилегают к глубоководным желобам. Это зоны максимальной сейсмической активности, где Тихоокеанская плита погружается под материковую Евразийскую плиту. Очаги

Трансформный разлом Сан-Андреас, Калифорния



Трансформный разлом Сан-Андреас в Калифорнии (США). Направление движения плит (справа) противоположны друг относительно друга, что приводит к разлому. По данным геологической службы США.



Схема движения литосферных плит. Его причинами являются астеносферные течения (конвективные потоки), имеющие определенный характер – они распадаются на устойчивые замкнутые области (ячейки Бенара). В соседних ячейках жидкость движется в одну сторону. В то время, когда вещество движется горизонтально вблизи нижней поверхности, – оно нагревается; затем горячее вещество поднимается вверх, отдает свою энергию холодной поверхности и опускается вниз. Блок-схема составлена по данным: <http://ru.wikipedia.org/>; ячейки Бенара добавлены автором.

глубоких и средней глубины землетрясений в этом регионе в основном связаны с зоной субдукции. Размер Тихоокеанской плиты постоянно уменьшается.

Существуют плиты, двигающиеся друг относительно друга в горизонтальной плоскости, но направления их движения противоположны; такая граница называется разломом. Они также являются постоянными источниками сейсмической активности. Наиболее характерный пример такого движения плит – трансформный разлом Сан-Андреас (США), располагающийся между Тихоокеанской и Североамериканской плитами длиной 1300 км, проходящий вдоль побережья по территории штата Калифорния.

При движении двух континентальных плит, приблизительно равных по мощности, навстречу друг другу, происходит поддвиг (или надвиг) и возникают

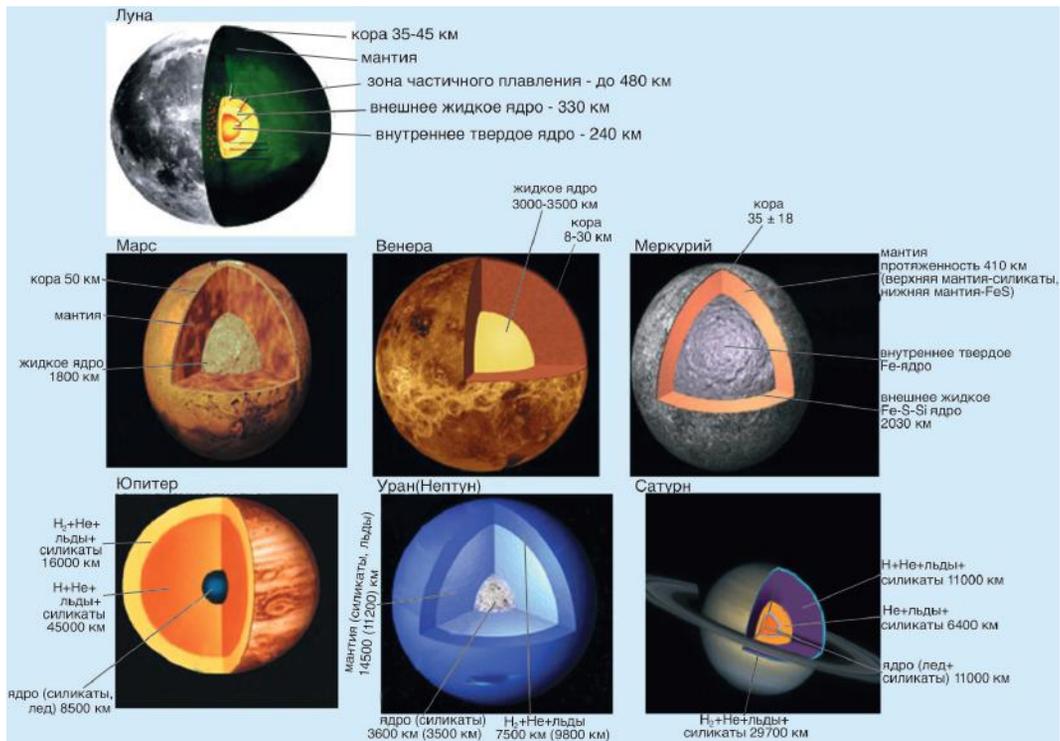
мощные горные системы – такие, как Альпы и Гималаи.

ПОЧЕМУ ЗЕМЛЯ ДИНАМИЧНА?

Теперь остановимся на причинах, вызывающих движение литосферных плит. Определяющее воздействие на взаимодействие литосферных плит оказывают конвективные потоки мантийного вещества. В настоящее время считается, что литосфера представляет собой тонкую сферическую оболочку, лежащую на охваченной конвективными течениями астеносфере. Под влиянием астеносферных течений возникают подвижки и взаимные перемещения литосферных плит относительно друг друга. Конвективные процессы вызывают астеносферные течения, происходящие в мантии. Над восходящими потоками вещества в мантии образуются расходящиеся

астеносферные течения, в зонах которых литосферные плиты будут расходиться в стороны и между ними могут возникать рифтовые зоны. Над нисходящими потоками вещества мантии появятся сходящиеся астеносферные течения, что, в свою очередь, вызывает наползание одной литосферной плиты на другую и их деформацию. Конвективные ячейки в мантии (их расположение, величина и направление потоков) меняются во времени.

Процесс дрейфа континентов происходит и в настоящее время. Он выражается в увеличении площади растущих океанов (Атлантического и Индийского) и в уменьшении площади Тихого океана за счет дрейфа обоих американских материков на запад, а Евразии –



Схемы внутреннего строения Луны и планет Солнечной системы.

на восток. По направлению и скорости движения основных литосферных плит можно определить тенденции в изменении картины расположения океанов и материков на нашей планете.

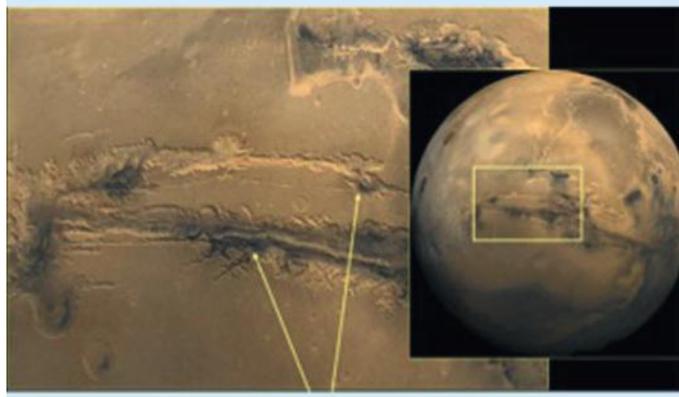
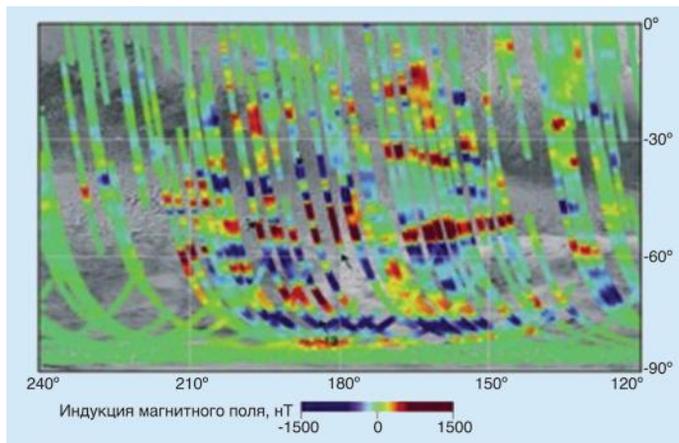
Подавляющая доля вулканической деятельности Земли возникает в результате активных тектонических процессов, происходящих на границах плит. Изолированные вулканы, не связанные с вулканизмом плитовых границ, получили название горячих точек (на Земле их 122),

они активны в последние 10 млн лет и представляют собой куполообразные возвышенности, из них во время извержения истекает лава. В океанах – это острова, цепочки островов или подводные горы и их цепи диаметром до 200 км. Так как тектонические плиты движутся, а плюмы остаются на тех же местах, то каждый вулкан со временем потухает; а новые формируются там, где плита проходит над “горячей точкой”. Возможно, Гавайские острова образовались в ре-

зультате проявления такой вулканической активности.

#### ЗАГАДКИ ПЛАНЕТНЫХ НЕДР

Наши знания о внутреннем строении других планет можно сравнить с представлением о внутреннем строении Земли, которым мы располагали до регистрации сейсмических волн и собственных колебаний, распространяющихся “в теле” планеты после землетрясения. Физика планет земной группы и твердых спутников



Карта магнитных аномалий на поверхности Марса. Их "полосатость", а также наличие огромного рифтового каньона указывает на возможность тектоники плит в начальный период формирования Марса, (по данным АМС "MAVEN"). Справа – фрагмент участка одного из районов Марса Долины Маринера; стрелками показаны рифтовые зоны. Рисунок и фото NASA.

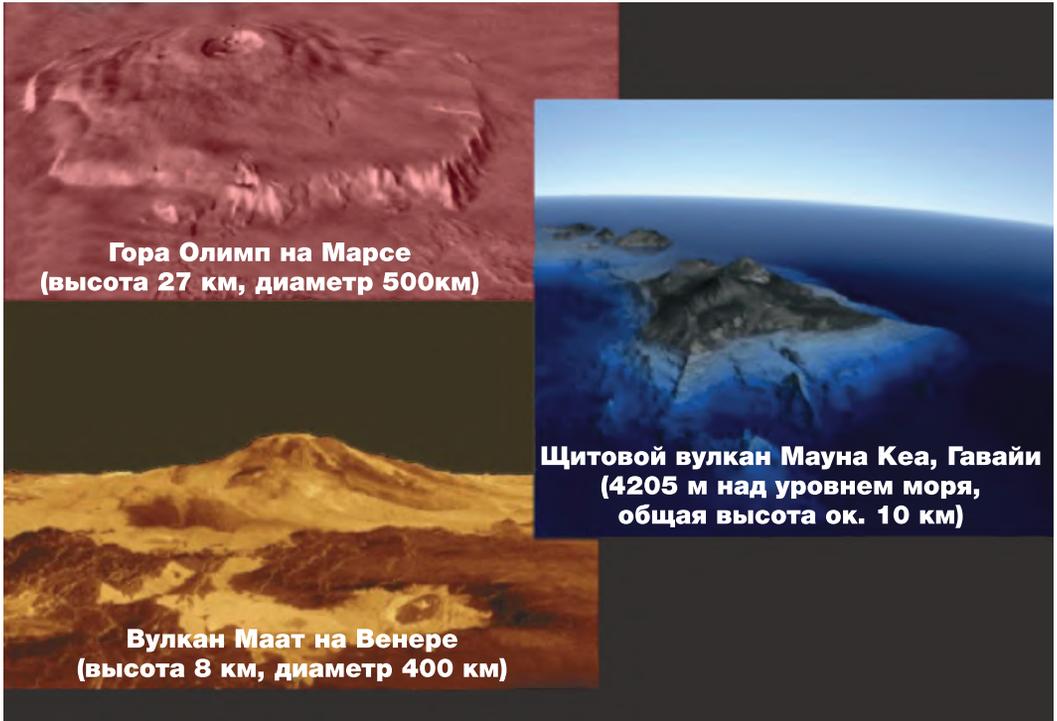
планет-гигантов мало чем отличается от физики Земли (так же, как и методы их исследования). Разница заключается в том, что эти исследования не всегда доступны из-за удаленности планет, а в случае их реализации они – гораздо более дорогостоящие. Методы, применяемые для диагностики планетных недр, – это данные гравитационного поля, измерение теплового потока и магнитного поля; при этом принимаются во внимание геологические характеристики поверхности; они могут отражать

следы процессов, происходивших в недрах планеты в прошлом. Большая роль в получении уравнения состояния веществ, слагающих недра планет, отводится лабораторным данным по физике высоких давлений и температур.

При изучении Луны мы имеем возможность использовать ряд таких же геофизических методов, которые применяются для изучения внутреннего строения Земли. Анализ химического состава поверхности по образцам лунного грунта, доставленно-

го на Землю с помощью межпланетных станций; измерение профиля внутренней электропроводности Луны по "отклику" на внешние электромагнитные возмущения (это позволило определить профиль температуры в ее недрах). В результате анализа возмущений, исходящих от космического аппарата, обращающегося вокруг Луны, и регистрации ее собственных движений с помощью лазерного измерения расстояния до угловых отражателей, установленных на ее поверхности ("Аполлон-11", "Луноход-1" и "Луноход-2"); были проведены детальные измерения ее гравитационного поля (Земля и Вселенная, 1971, № 3; 1973, № 3; 1989, № 5).

В Солнечной системе Луна является единственным космическим телом (кроме Земли), для которого были получены сейсмические данные. С 19 ноября 1969 г. до сентября 1977 г. выполнены измерения лунотрясений сейсмометра-



*Сравнение образований, имеющих вулканическое происхождение на Земле (вершина вулкана Мауна Кеа, Гавайи), на Марсе (вулкан Олимп – 500 км в поперечнике, высота 27 км) и на Венере (вулкан Маат – диаметр 400 км, высота 8 км). Фото геологической службы США и NASA.*

ми, установленными в ходе полетов по программе “Аполлон” (Земля и Вселенная, 2009, № 5). Ученые до сих пор анализируют сейсмограммы, применяя новейшие методы обработки. Это позволило выделить отраженные от ядра Луны волны; и тем самым определить радиус ее внешнего жидкого ядра, а также обнаружить твердое внутреннее ядро Луны.

После Луны из планетных тел земной группы наибольшее число наблюдательных данных имеется о внутреннем строении

Марса (Земля и Вселенная, 1975, № 5). Построение моделей внутреннего строения планеты основывается на данных геохимического анализа, результатах изучения “поведения” материалов при высоких давлениях и температуре, а также на информации о гравитационном поле планеты. В соответствии с этими данными, кора Марса составляет 50–100 км; ядро Марса находится в жидком состоянии, а радиус равен половине радиуса планеты. В отличие от Земли,

планеты земной группы – одноплитовые планеты: на них нет следов тектоники плит. Однако “полосатость” магнитных аномалий на поверхности Марса указывает на возможность процесса тектоники плит в начальные этапы эволюции планеты (4 млрд лет назад). Особенностью Марса является наличие обширных сводовых поднятий – таких, как вулканическое нагорье Фарсида (протяженность 6000 км, высота 7 км). Огромный щитовой вулкан Олимп на этом плато размером

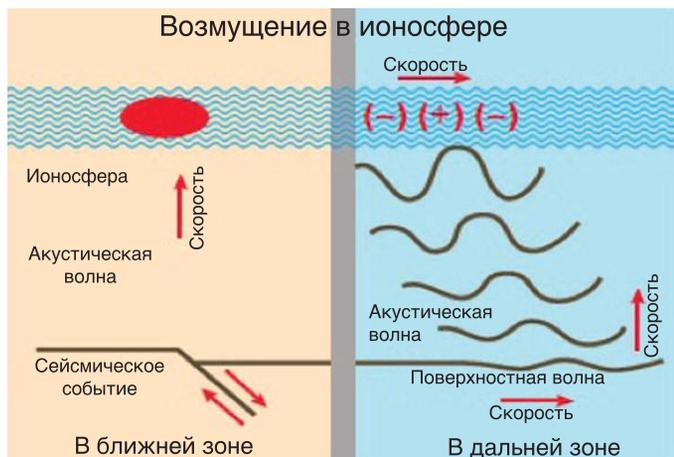


Схема механизма регистрации сейсмических событий в атмосфере. Мелкофокусные планетотрясения порождают волны сжатия, которые распространяются и в атмосфере, достигая ионосферных высот; при этом их амплитуда возрастает на несколько порядков непосредственно над очагом сейсмического события (на схеме слева). Поверхностные волны, возникающие при планетотрясении, вызывают поверхностные смещения – источники акустических волн в отдалении от сейсмического события (на схеме справа). По данным автора.

с Аризону возвышается над окружающим ландшафтом на 21 км. Для сравнения – самый крупный вулкан на Земле Мауна-Лоа (Гавайские острова) имеет диаметр 200 км и высоту 9 км. Геоморфологические характеристики огромного каньона Долина Маринера на Марсе и картина напряженного состояния под этой областью могут говорить о тектонических процессах.

Венера по своим механическим параметрам (радиус, средняя плотность) является планетой-близнецом Земли (Земля и Вселенная, 1966, № 2; 1980, № 4; 1986, № 4; 2012, № 3). В отличие от Земли, у нее нет собственного магнитного поля, это сухая планета – ее наиболее существенное отличие – молодой возраст горных пород на ее поверхности, которая носит яркие черты вулканической деятельности. На Венере отсутствуют следы

глобальной тектоники плит. Из-за высокой температуры (около 500°С) и давления (около 90 бар) на ее поверхности технические условия для сейсмических экспериментов на планете очень сложны – ни один из инструментов не сможет проработать более двух часов (например, работавшие ранее спускаемые аппараты советских АМС “Венера-9” – “Венера-14” и “Вега-1 и -2”). Альтернативой для Венеры может стать регистрация сигналов, связанных с сейсмической активностью, – в атмосфере.

Меркурий – наименьшая среди планет земной группы (Земля и Вселенная, 1976, № 1; 2016, № 4). У него нет атмосферы, толщина коры – 50 км, ядро составляет  $\frac{3}{4}$  радиуса планеты и окружено силикатной мантией 400 км. Меркурий обладает магнитным полем, которое, возможно, образуется по принципу

гидромагнитного динамо (как и на Земле), что является результатом циркуляции жидкого ядра планеты.

Все планеты Солнечной системы образовались в результате единого процесса из общего протопланетного облака. Выявление закономерностей в их формировании и развитии, отличительных особенностей условий образования и эволюции прольет свет на историю рождения Земли и ее последующую эволюцию. В настоящее время ведется завершающая фаза подготовки сейсмического эксперимента на Марсе. С этой целью 5 мая 2018 г. запущена АМС “InSight” (Interior exploration using Seismic investigations, geodesy and heat transport – исследование внутреннего строения с использова-

нием сейсмических исследований, данных геодезии и измерения теплового потока), созданная NASA в сотрудничестве с ESA (см. стр. 105 в этом номере журнала). На станции установлен трехкомпонентный широкополосный сейсмометр. Ожидается, что в ноябре 2018 г. он будет доставлен на поверхность Марса для работы там в течение двух лет. Прибор позволит записать полный спектр сейсмических сигналов – как от ожидаемых марсотря-

сений, вызванных охлаждением литосферы, так и в результате метеоритных ударов. Высокая чувствительность сейсмометра на низких частотах позволит регистрировать периоды собственных колебаний планеты и поверхностные волны, генерируемые атмосферными процессами. Спецификой проведения сейсмического эксперимента на Марсе является установка только одного сейсмометра; для этого разрабатываются методы получения максимально

возможной информации по данным одного прибора. Кроме сейсмического эксперимента, планируется бурение скважины глубиной до 5 м для измерения теплового потока из недр планеты. Сотрудники ИФЗ РАН входят в научную группу по подготовке сейсмического эксперимента.

Ученые с нетерпением ждут результатов новых сейсмических наблюдений на планетах; полученные результаты помогут нам лучше понять внутреннее устройство нашей планеты.

---

## Информация

---

### Рождение черной дыры

В 2015 г. астрономы обнаружили внезапное исчезновение звезды N6946-BH1, которая словно растворилась во Вселенной. Пропавшая звезда представляла собой красный сверхгигант массой  $25 M_{\odot}$ , находящийся в спиральной галактике, с перемычкой NGC 6946, в созвездии Лебедь (расстояние – 22 млн св. лет от нас). В 2009 г. звезда значительно увеличила свою активность, а затем исчезла из видимости; на

ее месте был выявлен лишь источник инфракрасного излучения. Возникла версия, что ИК-излучение может порождать материя, которая “падает” на черную дыру. Последние наблюдения (в 2017 г.) за объектом N6946-BH1 с использованием наземного телескопа LBT, космической обсерватории “Спитцер” и КТХ не выявили никаких следов исчезнувшего светила. По предположению ученых, можно говорить о “неудачном взрыве массивной звезды” – когда светило тихо “схлопывается” в черную дыру, без превращения в сверхновую. Коллапс вещества вызвал вспышку нейтрино, что уменьшило массу N6946-BH1 на некоторую до-

лю процента и обусловило ударную волну, которая “сорвала” оболочку звезды; это и повысило ее яркость. Если это событие действительно отражает образование черной дыры, то тогда это станет первым фактом наблюдения подобного процесса. Однако, уверенно говорить о таком механизме исчезновения звезды пока преждевременно. Дальнейшие наблюдения за объектом планируется начать с помощью космического рентгеновского телескопа “Чандра”.

*По материалам  
интернет-сайтов,  
13 июня 2018 г.*