

Учёные: океаны зародились в недрах Земли

Учёные до сих пор не уверены, откуда на нашей планете взялась вода, которая имеет огромное значение для происхождения жизни, тектоники плит, климата и является центральным фактором во всех рассуждениях об обитаемости похожих на Землю планет. В недавно опубликованной в журнале *Physical Review Letters* [статье](#) профессор Сколтеха и его китайские коллеги предсказали новое вещество, которого в современной Земле нет, но оно могло предопределить эволюцию планеты, сохранив в её недрах воду в эпоху, когда вся вода с поверхности была испарена в ходе катастрофических столкновений Земли с другими небесными телами.

Отмеченное за свою оригинальность и значимость исследование попало в число «фаворитов редакции» и было [представлено](#) в научно-популярном журнале *Physics* Американского физического общества.

Вода не только неразрывно связана с возникновением земной жизни, но и обеспечила условия для её эволюционного развития, ведь наличие океанов стабилизирует климат и тем самым уменьшает риск массового вымирания организмов. Кроме того, даже небольшие количества воды в недрах планеты размягчают горные породы — необходимое условие для тектоники плит, которая в свою очередь ответственна за форму континентов и океанов, землетрясения и вулканическую активность. Несмотря на столь большую роль воды в эволюции железокристаллических планет, включая нашу, мы не знаем, откуда на Земле океаны.

«Высказывалась гипотеза, что воду могли занести к нам кометы, но, по всей видимости, значение этого источника весьма невелико. Дело в том, что изотопный состав воды на Земле и в кометах заметно различается», — поясняет соавтор исследования, профессор Сколтеха Артём Оганов.

Раз вода не свалилась с неба, выходит, что она должна была прийти из земных недр. Но если так, то неясно, как океан смог пережить бурные первые десятки миллионов лет в истории Земли, когда она была раскалена, подвергалась массовой бомбардировке астероидами и даже столкнулась с планетой размером с Марс. Все эти катаклизмы должны были расплавить верхние несколько сот километров и навсегда испарить воду с поверхности. При этом учёным не было известно такого вещества, которое могло бы на миллионы лет сохранить воду на большей глубине и высвободить её в более спокойную эпоху.

Научная группа под руководством профессора Нанькайского университета Сяо Дуна в сотрудничестве с Огановым использовала изобретённый последним метод предсказания кристаллических структур USPEX и открыла как раз такое соединение — гидросиликат магния $\text{Mg}_2\text{SiO}_5\text{H}_2$. Оно содержит 11% воды по массе и стабильно при крайне высоких температурах и давлении более 2 млн атмосфер — как в ядре Земли. Но все ведь знают, что ядро — металлический шар, в основном из железа, то есть в центре планеты попросту нет тех элементов, из которых состоит гидросиликат магния?

«А вот и нет, ведь никакого ядра тогда не было: на начальном этапе существования Земли у неё ещё не выделилось ядро и её химический состав был однородным по всему объёму. Понадобилось порядка 30 млн лет, чтобы железо сконцентрировалось в центре Земли, образовав ядро нашей планеты, и вытеснило оттуда силикаты в мантию», — рассказывает Оганов.

Получается, что на протяжении первых 30 млн лет часть земной воды была надёжно спрятана на глубине нынешнего ядра в виде гидросиликатов. В это время планета переживала наиболее катастрофическую фазу астероидной бомбардировки. А когда закончился процесс формирования ядра, гидросиликаты оказались вытеснены из центральной области планеты в зону более низкого давления, где они нестабильны, и подверглись распаду. Так образовались оксид и силикат магния — из них сейчас состоит мантия — и вода, постепенный подъём которой на поверхность занял ещё около 100 млн лет.

«Тем временем Земля находилась под обстрелом астероидов и даже столкнулась с протопланетой, но вода ещё не успела подняться и потому сохранилась», — комментирует Оганов.

По словам авторов работы, она продемонстрировала, как обманчива бывает человеческая интуиция. Никто не рассматривал силикаты при давлениях ядра, потому что сейчас в ядре нет никаких силикатов. Более того, никто не ожидал, что гидросиликаты могут оказаться стабильны в условиях ядра, ведь считалось, что столь экстремальные температуры и давления «выжимают» из минералов воду, как сок из лимона. Однако точное моделирование материалов с учётом квантовой механики свидетельствует, что такая аналогия не работает.

«Это ещё и история о том, как просуществовавший сущее мгновение в масштабах истории планеты материал колоссально повлиял на эволюцию Земли, — продолжает материаловед. — Такое положение вещей противоречит привычной геологической интуиции, но если вдуматься, — эволюционного биолога ведь таким не удивишь, правда? Для него вполне естественно, что наблюдаемое сегодня многообразие произошло от ныне вымерших видов».

Из новой гипотезы происхождения земной воды выводятся следствия и в отношении других небесных тел. «Взять, например, Марс. Он слишком мал, чтобы обеспечить давления, при которых устойчив гидросиликат магния, — рассуждает Оганов. — Этим объясняется, почему на Марсе так мало воды. Причём та вода, что есть, по всей видимости, принесена кометами».

Сяо Дун рассказывает, что это значит с точки зрения планет вне Солнечной системы: «Чтобы экзопланета была обитаемой, нужен стабильный климат, а для этого там должны одновременно существовать и континенты, и океаны. Считалось, что для удовлетворения этому условию массовое содержание воды на планете земного типа, вне зависимости от её размеров, не должно превышать 0,2%. Наши же результаты подталкивают к выводу, что на массивных планетах такого вида — так называемых суперземлях — всё, вероятно, обстоит иначе. Там стабилизирующие гидросиликат магния давления существуют за пределами ядра, и такие планеты могут сколь угодно долго удерживать большие количества воды в мантии. А значит, на суперземлях могут существовать континенты и океаны при куда более высоком содержании воды, чем ожидалось».

Открытие имеет значение даже для понимания магнитосфер планет. «При температурах выше 2 тыс. градусов Цельсия гидросиликат магния проводит электричество: заряд переносят ионы водорода. Высокая электропроводность означает, что наш гидросиликат

вносит вклад в магнитное поле суперземель», — говорит Оганов, добавляя, что этим не ограничивается круг местами неожиданных выводов из новой гипотезы.

Артём Оганов выражает признательность за полученное в рамках гранта № 19-72-30043 финансирование от Российского научного фонда.

Сколтех — негосударственный международный университет. Созданный в 2011 году в сотрудничестве с Массачусетским технологическим институтом (MIT), Сколтех готовит новое поколение лидеров в области науки, технологий и бизнеса, проводит исследования в прорывных областях и содействует технологическим инновациям с целью решения важнейших проблем, стоящих перед Россией и миром. Сколтех развивает шесть приоритетов: искусственный интеллект и коммуникации, науки о жизни и здоровье, прорывная инженерия и передовые материалы, энергоэффективность и ESG, фотоника и квантовые технологии, перспективные исследования. Усилия Сколтеха призваны способствовать укреплению технологического превосходства России в приоритетных направлениях. Сайт: <https://www.skoltech.ru/>.

Копирайтер:

Николай Посулько

n.posunko@skoltech.ru