

Слияние и поглощение: учёные рассказали о тонкостях эволюции крупных планет

Международная группа исследователей, в состав которой вошёл учёный Сибирского федерального университета, объяснила некоторые особенности зарождения крупных планет. С помощью компьютерного моделирования специалисты доказали, что в процессе формирования планетарных «зародышей» происходит интенсивная потеря лёгких химических элементов, тогда как тяжёлые элементы принимают активное участие в придании окончательного облика планетам. Итоги исследования [опубликованы](#) в журнале Icarus.



Согласно современным концепциям, планеты Солнечной системы появились из газопылевого облака, существовавшего в околосолнечном диске. Вначале образовались так называемые «зародыши» планет — растущие планетарные «эмбрионы». Затем самые крупные из них притягивали и поглощали мелких «собратьев». Победителей этой своеобразной эволюционной гонки ожидало постепенное обретение окончательной формы — таким было, в частности, «детство» Земли. Одним из вопросов, волнующих специалистов, является причина преобладания тяжёлых химических элементов — железа и магния — в составе нашей планеты.

«Потеря лёгких элементов, происходящая на стадии формирования „эмбрионов“, приводит к преобладанию тяжёлых элементов, наблюдаемому, в частности, на Земле. Всё дело в том, что планетарные эмбрионы, имеющие размеры от нескольких сотен до нескольких тысяч километров, могут образовывать океаны раскалённой магмы благодаря взаимным столкновениям, гравитационной энергии и нагреву от короткоживущих радиоактивных элементов. При этом происходит выделение летучих элементов из океана магмы и формирование паровых атмосфер. Однако в процессе отвердевания магмы после охлаждения протопланетного диска паровая атмосфера начинает катастрофически улетучиваться и может быть полностью утрачена из-за гидродинамического истечения атмосферы в окружающее пространство под действием поглощаемого интенсивного ультрафиолетового излучения Солнца. При этом убегающие атомы водорода, образующиеся при диссоциации молекул воды и водорода, будут вытягивать также более массивные элементы типа инертных газов (неон и аргон) и даже формирующие твёрдую кору элементы — калий, натрий, кремний, магний», — рассказал соавтор исследования, профессор кафедры прикладной механики СФУ, главный научный сотрудник Института вычислительного моделирования СО РАН **Николай Еркаев**.



Исследователь уточнил, что в новой работе нашла применение разработанная коллективом ранее математическая модель, позволяющая рассчитывать истечение верхней атмосферы с учётом уноса более массивных атомов за счёт трения с «убегающими» атомами водорода.

«Мы рассмотрели три сценария эволюции УФ-излучения молодой звезды (для спокойного, умеренного и активного Солнца). Провели компьютерное моделирование

*процесса убегания атмосферы, изучили изменения её состава от различных планетарных эмбрионов, равных по массе Луне, Марсу, а также составляющих половину и полторы массы Марса на различных орбитальных расстояниях в интервале между орбитами Венеры и Марса. Выяснилось, что паровые атмосферы и присутствующие в них микроэлементы будут быстро и полностью утрачены, если масса протопланеты меньше массы Марса и находится на орбитальном расстоянии от Солнца не далее 1,5 астрономических единиц (АЕ). К примеру, орбита Земли соответствует 1АЕ», — отметил **Николай Еркаев**.*

Исходя из этой закономерности, учёные заключили: для эмбрионов с массой меньше Луны гравитация слишком слаба, чтобы возникла плотная атмосфера при соответствующих океану магмы поверхностных температурах, и все испаряющиеся с поверхности элементы будут немедленно улечиваться в космическое пространство.

Для более массивных эмбрионов (от 1 до 1.5 масс Марса) почти все из рассмотренных паровых атмосфер могут быть потеряны примерно за 12 миллионов лет, что находится в пределах времени формирования первой твердой марсианской коры (после 20 миллионов лет). И, наконец, для всех рассмотренных планетарных масс и орбит интенсивность «утекания» аргона и неона настолько высока, что не будет возникать разделения их изотопов в атмосфере.

«Наша группа пришла к выводу, что изученные планетарные эмбрионы, даже при отсутствии разделения изотопов, будут сильно обеднены в отношении инертных газов и умеренно летучих элементов. Таким образом, гидродинамическое истечение атмосфер может существенно влиять на финальный состав планет, которые поглощают такие планетарные эмбрионы в процессе своей эволюции. Это может касаться как летучих компонентов, так и соотношения железа и магния в составе планеты. К примеру, рассмотренный механизм может быть одной из причин высоких значений железа и магния и низких значений кремния, наблюдаемых на Земле в настоящее время», — резюмировал красноярский учёный.

Сообщается, что исследование инициировано сотрудниками Института космических исследований и Грацкого университета имени Карла и Франца (г. Грац, Австрия), а также Университета Версаль-Сен-Кантен-ан-Ивелин (Версаль, Франция).

[Пресс-служба СФУ](#), 10 июля 2020 г.

© Сибирский федеральный университет. Редакция сайта: +7 (391) 246-98-60, info@sfu-kras.ru.

Адрес страницы: <https://news.sfu-kras.ru/node/23360>