

В 2017 году у звезды спектрального класса К примерно в 200 световых годах от нас, в направлении созвездия Девы, ученые обнаружили транзитирующую экзопланету WASP-107 b. Она летает в семь раз ближе к своей звезде, чем Меркурий — к Солнцу. Ее орбитальный период — всего 5,7 земного дня. Из-за близости к звезде и отсутствия твердой поверхности никто не рассматривал ее как потенциально обитаемый мир. Тем не менее экзопланета заинтересовала ученых, потому что не вписывалась в модели формирования планет.

По размеру WASP-107 b сопоставима с Юпитером, по массе — в 10 раз меньше. Такой большой радиус ей дает «раздутая» атмосфера. По ранним наблюдениям получалось, что более 85 процентов массы планеты составляет ее газовый «кокон». Это ближе к параметрам Юпитера и Сатурна (около 90 процентов), нежели к параметрам Нептуна и Урана (5-15 процентов). При этом массу ядра ученые оценили ниже пяти земных масс. Для сравнения: масса ядра Юпитера — 14-18 земных масс.

«Учитывая радиус, массу, возраст и предполагавшуюся внутреннюю температуру, мы думали, что у WASP-107 b очень маленькое каменное ядро, окруженное огромной массой водорода и гелия. Поэтому нам было сложно понять, как настолько небольшое ядро могло притянуть столько газа, а потом остановить этот процесс, так и не превратившись в планету юпитерианской массы», — объяснил Луис Уэлбенкс (Luis Welbanks) из Аризонского государственного университета (США), ведущий автор одного из новых исследований экзопланеты.

Причина такой оценки проста: если бы в ядре было больше массы, атмосфера WASP-107 b «сжалась» бы по мере эволюционного охлаждения тела. Несмотря на близость к звезде, экзопланета все же находится слишком далеко, чтобы объяснить «раздутость» влиянием светила. Значит, причина — в недостаточном притяжении ядра, но как тогда оно собрало такой «кокон»?

К счастью, поскольку планета регулярно пролетает между нами и своей звездой, у астрономов есть возможность изучить состав ее атмосферы. Именно такие спектральные данные от космического телескопа «Джеймс Уэбб» запросили две независимые группы ученых. Уэлбенксу и его коллегам удалось определить источник тепла, объясняющий раздутую атмосферу. Дэвид Синг и его международная группа ученых смогли выявить сильное «перемешивание» атмосферы, а также скорректировать массу и температуру ядра. Обе работы опубликованы в журнале Nature.

«Изучение внутренней структуры планет в сотнях световых лет от нас кажется

невозможной задачей, но когда вы знаете массу, радиус, состав атмосферы и внутреннюю температуру, у вас есть все необходимые кусочки пазла, чтобы догадаться, что находится у нее внутри и насколько тяжелое у нее ядро. Таким методом мы можем исследовать множество газовых планет в различных системах», — объяснил Дэвид Синг (David Sing), заслуженный профессор наук о Земле и планетах из Университета Джонса Хопкинса (США).

В атмосфере WASP-107 b астрономы обнаружили наличие воды, углекислого газа, угарного газа, сернистого газа, метана и аммиака. По наличию элементов ученые смогли оценить «разделение» планеты на ядро и атмосферу, а по наличию их соединений — выявить вероятные химические процессы в атмосфере.

Судя по новым данным наблюдений, у WASP-107 b высокая металличность, высокая внутренняя температура, более 350 кельвинов, и высокие показатели «перемешивания» атмосферы.

По расчетам группы Уэлбенкса, такая внутренняя температура объясняется приливным разогревом от взаимодействия звезды и планеты. Орбита WASP-107 b вытянута не так уж сильно ($e = 0,06 \pm 0,04$), но этого достаточно для подобного разогрева.

Тем временем группа Синга сфокусировалась на другом показателе — очень маленьком содержании метана. Его там в тысячу раз меньше, чем ожидали увидеть ученые. Метан нестабилен при высокой температуре. Раз его столь мало, значит, в процессе «путешествия» по слоям атмосферы он взаимодействует с другими соединениями и излучением звезды.

По оценке группы Синга, температура ядра экзопланеты WASP-107 b — приблизительно 460 кельвинов (не противоречит расчетам группы Уэлбенкса). Такой жар меняет химию газов в глубине и провоцирует «бурление» атмосферы. Метан при этом распадается, зато увеличивается количество углекислого и угарного газа.

Учтя все показатели и предположив, что ядро планеты состоит из камня и воды в соотношении один к одному, ученые вывели вероятную массу ядра WASP-107 b — 11,5 массы Земли. Получается, оно составляет треть массы планеты. Это значение уже хорошо вписывается в модели формирования планет, особенно с учетом приливного разогрева.

По словам Зафара Рустамкулова из группы Синга, астрономы впервые установили

Астрономы объяснили, как «раздутая» экзопланета удерживает свой газовый «кокон»

прямой «контакт» между внутренним устройством экзопланеты и верхними слоями ее атмосферы. Более того, впервые с высокой статистической вероятностью получилось рассчитать параметры ядра экзопланеты.

Главный вывод, который можно сделать по результатам двух исследований: приливный разогрев из-за немного вытянутой орбиты может значительно влиять на химию атмосферы и внутреннюю структуру большинства холодных (менее 1000 кельвинов) экзопланет с массой от суперземель до Сатурна.