

Эссе на тему

«Можно ли предложить альтернативные формы жизни и пути устойчивого развития организмов?».

Существование иных форм жизни, принципиально отличающихся от нашей земной наличием, расположением и количеством лап, глаз, зубов, когтей, щупалец и других частей тела — одна из излюбленных тем в фантастической литературе. Впрочем, фантасты не ограничиваются только этим — они придумывают как экзотические формы традиционной (углеродной) жизни, так и не менее экзотические ее основы — скажем, живые кристаллы, бестелесные энергетические полевые существа или кремнийорганические создания.

Помимо фантастов, обсуждением подобных вопросов занимаются и ученые, хотя они в своих оценках гораздо более осторожны. Ведь пока единственная основа жизни, которая точно известна науке, — это углеродная. Тем не менее в свое время известный астроном и популяризатор науки Карл Саган заявил, что обобщать утверждения о земной жизни в отношении жизни во всей Вселенной совершенно неправильно. Подобные обобщения Саган назвал «углеродным шовинизмом», при этом он сам в качестве наиболее вероятной альтернативной основы жизни рассматривал в первую очередь кремний.

Главный вопрос жизни

Что же такое жизнь? Казалось бы, ответ на этот вопрос очевиден, но как ни странно, о формальных критериях в научном сообществе до сих пор идут дискуссии. Тем не менее можно выделить ряд характерных признаков: жизнь должна самовоспроизводиться и эволюционировать, а для этого нужно соблюдение нескольких важных условий. Во-первых, для существования жизни необходимо большое количество химических соединений, состоящих в основном из ограниченного числа химических элементов. В случае органической химии это углерод, водород, азот, кислород, сера, причем число подобных соединений огромно. Во-вторых, эти соединения должны быть термодинамически стабильными или хотя бы метастабильными, то есть время их жизни должно быть достаточно продолжительным для осуществления различных биохимических реакций. Третье условие — должны существовать реакции для извлечения энергии из окружающей среды, а также ее накопления и высвобождения. Четвертое — для самовоспроизводимости жизни требуется механизм наследственности, носителем информации в котором выступает крупная аperiодическая молекула. Эрвин Шрёдингер предполагал, что носителем наследственной информации может быть аperiодический кристалл, а позднее была открыта структура молекулы ДНК — линейный

сополимер. Наконец, все эти вещества должны находиться в жидком состоянии, чтобы обеспечить достаточную скорость реакций метаболизма (обмена веществ) за счет диффузии.

Традиционные альтернативы

В случае с углеродом все эти условия выполняются, а вот даже с ближайшей альтернативой — кремнием — дело обстоит далеко не так радужно. Кремнийорганические молекулы могут быть достаточно длинными, чтобы нести наследственную информацию, но их многообразие слишком бедно по сравнению с углеродной органикой — из-за большего размера атомов кремний с трудом образует двойные связи, что сильно ограничивает возможности присоединения различных функциональных групп. Кроме того, предельные кремнийводороды — силаны — и вовсе нестабильны. Конечно, существуют и стабильные соединения, такие как силикаты, но большинство из них — твердые при нормальных условиях вещества. С другими элементами, такими как бор или сера, дело обстоит еще печальнее: борорганика и высокомолекулярные соединения серы крайне нестабильны, а их разнообразие слишком бедно, чтобы обеспечить жизнь всеми необходимыми условиями.

Под давлением

«Азот никогда всерьез не рассматривался как основа для жизни, поскольку при нормальных условиях единственным стабильным азотоводородным соединением является аммиак NH_3 , — говорит Артем Оганов, руководитель лаборатории компьютерного дизайна материалов МФТИ, профессор Нью-Йоркского университета Стоуни-Брук и Сколковского института науки и технологий (Сколтех). — Однако недавно, проводя моделирование различных азотоводородных систем при высоких давлениях (до 800 ГПа) с помощью нашего алгоритма USPEX (Universal Structure Predictor: Evolutionary Xtallography, Универсальный предсказатель структур: эволюционная кристаллография, см. «ПМ» № 10'2010), наша группа обнаружила удивительную вещь. Оказалось, что при давлениях свыше 36 ГПа (360 000 атм) появляется целый ряд стабильных азотоводородов, таких как длинные одномерные полимерные цепи из звеньев N_4H , N_3H , N_2H и NH , экзотические N_9H_4 , образующие двухмерные листы атомов азота с присоединенными катионами NH_4^+ , а также молекулярные соединения N_8H , NH_2 , N_3H_7 , NH_4 , NH_5 . Фактически мы обнаружили, что при давлениях порядка 40–60 ГПа азотоводородная химия по своему разнообразию значительно превосходит химию углеводородных соединений при нормальных условиях. Это позволяет надеяться, что химия систем с участием азота, водорода, кислорода и серы также более богата по своему разнообразию, чем традиционная органическая при нормальных условиях».

Шаг к жизни

Эта гипотеза группы Артема Оганова открывает совершенно неожиданные возможности в плане неуглеродной основы жизни. «Азотоводороды могут образовывать длинные полимерные цепи и даже двухмерные листы, — объясняет Артем. — Сейчас мы изучаем свойства подобных систем с участием кислорода, потом добавим к рассмотрению в наших моделях углерод и серу, а это, возможно, откроет путь к азотным аналогам углеродных белков, пусть для начала и самых простых, без активных центров и сложной структуры. Вопрос об источниках энергии для жизни, основанной на азоте, пока остается открытым, хотя это вполне могут быть какие-то пока неизвестные нам окислительно-восстановительные реакции, идущие в условиях высоких давлений. В реальности такие условия могут существовать в недрах планет-гигантов типа Урана или Нептуна, хотя температуры там слишком высоки. Но пока мы не знаем точно, какие реакции могут там происходить и какие из них важны для жизни, поэтому не можем достаточно точно оценить необходимый температурный диапазон».

Условия «обитания» живых существ на основе азотных соединений могут показаться читателям чрезвычайно экзотичными. Но достаточно вспомнить тот факт, что распространенность планет-гигантов в звездных системах как минимум не меньшая, чем каменистых землеподобных планет. А это означает, что во Вселенной именно наша, углеродная жизнь может оказаться куда большей экзотикой.

Азотная экзотика

При высоких давлениях азот и водород образуют множество стабильных, сложных и необычных соединений. Химия этих азотоводородов гораздо более разнообразна, чем углеводородная при нормальных условиях, так что есть надежда, что азото-водородо-кислородо-сернистые соединения могут превзойти по богатству возможностей органическую химию.

Жизненное пространство

Вполне возможно, что в поисках экзотической жизни нам не придется лететь на другой конец Вселенной. В нашей собственной Солнечной системе присутствуют две планеты с подходящими условиями. И Уран, и Нептун окутаны атмосферой, состоящей из водорода, гелия и метана, и, по-видимому, имеют силикатно-железо-никелевое ядро. А между ядром и атмосферой находится мантия, состоящая из горячей жидкости — смесь воды, аммиака и метана. Именно в этой жидкости при нужных давлениях на соответствующих

глубинах может происходить предсказанный группой Артема Оганова распад аммиака и образование экзотических азотоводородов, а также более сложных соединений, включающих кислород, углерод и серу. Нептун к тому же обладает внутренним источником тепла, природа которого до сих пор точно не выяснена (предполагается, что это радиогенный, химический или гравитационный нагрев). Это позволяет значительно расширить «зону обитаемости» вокруг нашей (или другой) звезды далеко за пределы, доступные для нашей хрупкой углеродной жизни.