

Примеры вариантов инопланетной жизни есть и на Земле.

26.09.2017 Источник: <https://zen.yandex.ru/media/scikit/primery-variantov-inoplanetnoi-jizni-est-i-na-zemle--59c754a43c50f70a42e634fd>

Ктенофоры параллельно всему живому создали нервную систему и мозг, используя иной набор белков и генов.



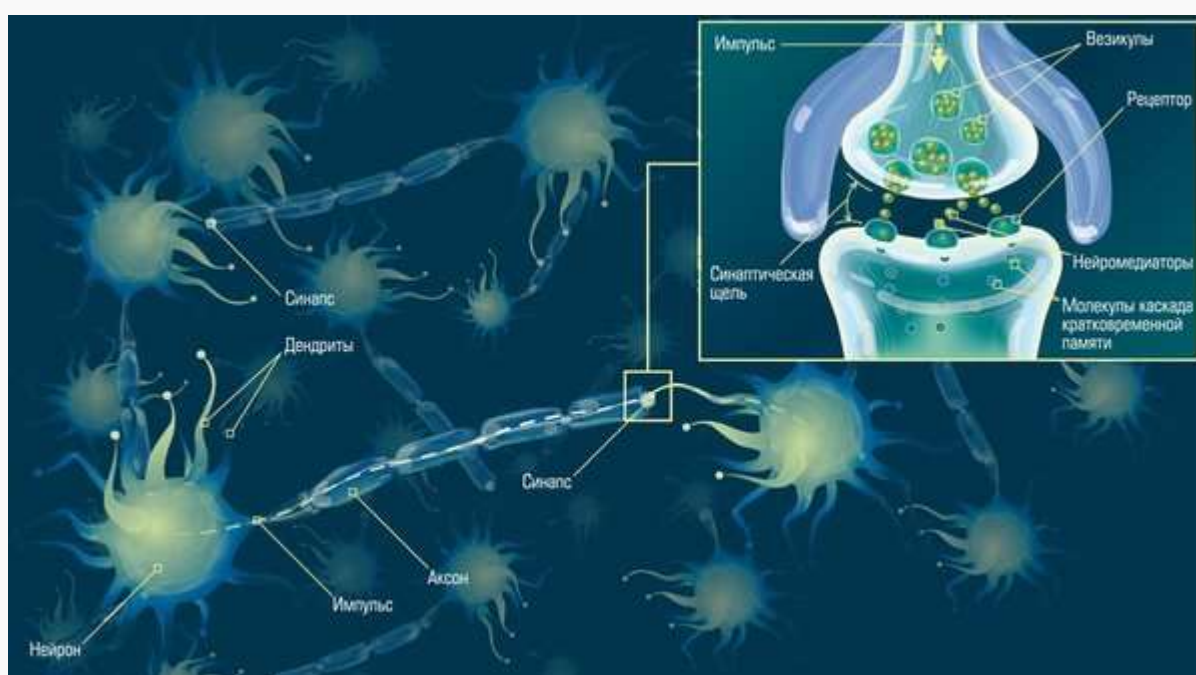
Stenophore *Beroe cucumis*. Фото сделано Bill Curtsinger/National Geographic

Учёные уже несколько десятков лет занимаются поиском жизни на других планетах, пытаются понять, какими могут быть их обитатели, и могут ли они обладать кардинально отличающейся от нашей биологией. Но никто и не подозревал, что тысячи лет "пришельцы" были у всех на виду здесь, на Земле. Они многое могут рассказать о природе эволюции и о том, чего следует ожидать при поиске жизни на других планетах.

[Леонид Леонидович Мороз](#), нейробиолог, обнаружил первый намёк на своё будущее открытие летом 1995 года, вскоре после переезда из России в США, в морской лаборатории Фрайдей-Харбор в Вашингтоне, посреди покрытого лесом архипелага в системе заливов Пьюджет-Саунд. У скалистых берегов можно было наблюдать за сотней видов морских животных: стаями медуз, амфиподов, волнистых морских лилий, голожаберных моллюсков, плоских червей и головастиков, морских звёзд и многими другими. Эти организмы олицетворяют собой одну из наиболее отдалённых ветвей эволюционного дерева. Мороз потратил годы на исследования нервных систем разнообразных животных в надежде понять эволюцию интеллекта и мозга.

Один из видов организмов, за которыми наблюдал Мороз, называемый гребневиком, долго считался еще одним видом медузы. Но Леонид Леонидович сделал потрясающее открытие: это животное скрывало беспрецедентный случай ошибочной идентификации. Уже после первых экспериментов учёный смог понять, что гребневики никак не относятся к медузам, более того, фактически они кардинально отличаются от любых других животных на Земле.

Уже до этого было известно, что у гребневиков относительно продвинутая нервная система. Мороз проводил [эксперименты](#) над нервными клетками гребневиков, пытаясь обнаружить [нейромедиаторы](#) — серотонин, дофамин и оксид азота — химические проводники, считающиеся универсальным языком нервных систем всех животных. Как бы он их ни искал, найти эти молекулы ему не удалось. Его выводы оказались ошеломляющими.



Передача сигналов между нейронами посредством нейромедиаторов

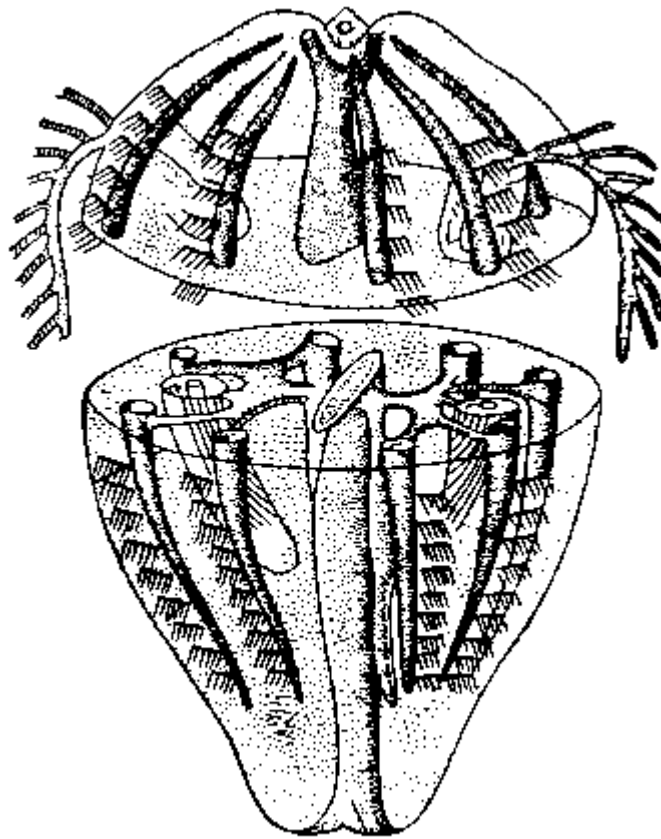
Уже первые эксперименты Мороза показали, что их нервы выстроены из особого набора молекулярных строительных блоков — отличного от набора любого другого животного организма — с использованием, по словам Мороза, «другого химического языка», то есть эти животные являются аналогом инопланетной жизни. Гребневики прошли отдельный путь эволюции, на протяжении которого были сформированы нейроны, мышцы и прочие специализированные ткани, при использовании иных строительных материалов, независимо от остального животного мира.

Существование этих животных в очередной раз подтверждает тот факт, что эволюция является чередой случайностей и компромиссов, а главное, что она запускалась неоднократно и параллельно с одной целью, но с применением различного набора элементов. И в этом хаосе мозг стал венцом творения конвергентной эволюции — процесса, в котором у неродственных видов развиваются схожие черты для адаптации к одним

условиям обитания. Люди обладают беспрецедентно развитым интеллектом, однако физиология гребневиков показывает, что мы можем быть не одни во Вселенной. Склонность сложных нервных систем к эволюции, вероятно, вообще является универсальной для любых экосистем.

По сравнению с основными группами организмов гребневики [плохо изучены](#). Их тела на первый взгляд напоминают тела медуз — желатинообразные, продолговатые или шарообразные, с круглым ротовым отверстием на другом конце. Гребневики в изобилии обитают в океанах, но учёные довольно долго не обращали на них внимания. Гребневики используют для плавания тысячи ресничек, они являются прожорливыми хищниками, известными своей засадной тактикой. В отличие от жалящих щупалец медузы, гребневик охотится двумя липкими, выделяющими клей щупальцами — инструментами, не имеющими аналогов в животном мире. Охотясь, они раскидывают их подобно паутине.

Когда учёные во второй половине 19 века начали исследовать нервную систему гребневиков, им не показалось чем-то необычным то, что они увидели в микроскоп. Плотный клубок нейронов располагался возле нижней части тела животного, диффузная сеть нервов распространялась по всему телу, и горсть толстых нервных пучков отходила к каждому из щупальцев и к каждой из восьми связок ресничек. Во время исследования под электронным микроскопом, проведенного в 60-е годы, обнаружили то, что служило синапсами этих нейронов — пузыреобразные отделения, которые освобождали нейромедиаторы, стимулирующие соседнюю клетку.



Мороз собрал несколько видов гребневиков, разрезал их нервные ткани на тонкие срезы и обработал их специальными химическими составами, пытаясь выявить присутствие дофамина, серотонина или оксида азота — трех нейромедиаторов, которые были широко распространены внутри животного царства — но обнаружить их следы так и не удавалось. Леонид Леонидович предположил, что нервная система гребневиков не просто отличалась от системы предполагаемой родственной группы, медуз — она в крайней степени отличалась от любой другой нервной системы на Земле.

Складывалось впечатление, что гребневики следовали совершенно иному эволюционному пути, но если бы Мороз опубликовал результаты тогда, после исследования лишь пары пусть и важных молекул, никто бы не обратил на это исследование должного внимания. Он подавал заявления на получение финансирования для изучения гребневиков при помощи иных методик — к примеру, за счёт исследования их генов — но получить его тогда не удалось. Мороз отложил исследование гребневиков в долгий ящик и вернулся к своей основной работе — изучению нейронных сигналов у улиток, осьминогов и прочих моллюсков. Лишь спустя 12 лет по воле случая учёный вернулся к столь интересующему его проекту.

В 2007 Мороз посетил научную конференцию во Фрайдей-Харбор. К тому времени наука сделала большой шаг вперед и позволяла расшифровать целый геном за несколько дней, а не лет, как в конце 20-го века. Да и сам Мороз к тому времени стал признанным учёным, у него была в

распоряжении собственная лаборатория в Университете Флориды. Наконец он мог позволить себе потешить любопытство.

Учёный наловил с дюжину гребневиков вида *Pleurobrachia bachei*, или морского крыжовника. Он заморозил их и отправил в свою лабораторию во Флориде. Спустя три недели у него был частичный транскрипт гребневика — около 5-6 тысяч генных последовательностей, которые были непосредственно связаны с нервной деятельностью животного. Полученные результаты поражали.

Во-первых, [выяснилось](#), что у гребневиков вида *Pleurobrachia bachei* отсутствовали гены и ферменты, необходимые для создания большого числа нейромедиаторов, широко распространённых среди других животных. К числу таких нейромедиаторов относились не только те, которые Мороз заметил в 1995 году — серотонин, дофамин и окись азота — но и ацетилхолин, [октопамин](#), норадреналин и пр. К тому же, у гребневиков не было генов для рецепторов, позволяющих нейронам воспринимать данные нейромедиаторы.

Это дало подтверждение тому, что Мороз ожидал обнаружить на протяжении многих лет: когда в 1995 ему не удалось найти у гребневиков широко распространённые в мире животных нейромедиаторы, виной тому служили не ошибки в методологии, а тот факт, что животное никоим образом их не использовало. По словам учёного, это стало «грандиозным потрясением».

«Все мы используем нейромедиаторы. И у медуз, и у червей, и у моллюсков, и у людей, и у морских ежей наблюдается весьма жёсткий набор сигнальных молекул», — утверждает учёный. «Но каким-то образом нервная система гребневиков эволюционировала так, что функции нейромедиаторов взяли на себя иные, пока неизученные, наборы молекул».

Транскрипт и секвенирование ДНК [показали](#), что у гребневиков также отсутствовали многие другие гены, присущие царству животных, необходимые для создания и функционирования нервной системы. У *Pleurobrachia bachei* не было многих характерных для животных белков, которые известны как ионные каналы и служат для прохождения по нервам электрических сигналов. У гребневиков отсутствовали и гены, которые отвечают за процесс преобразования зародышевых клеток в зрелые нервные клетки, а также гены, которые отвечают за поэтапную организацию этих нейронов в зрелые функционирующие цепи.

«Речь шла не просто о наличии или отсутствии нескольких генов. Здесь была поистине грандиозная конструкция», — утверждает учёный.

Это означало, что нервная система гребневиков эволюционировала с нуля, при помощи отличной от любого известного на Земле животного комбинации молекул и генов. Это был классический пример конвергенции:

нервная система у рода гребневики сформировалась за счёт имеющихся в наличии исходных материалов. В каком-то смысле это была инопланетная нервная система — ведь она эволюционировала отдельно от всего остального животного мира.

Но на этом сюрпризы не закончились. Выяснилось, что гребневики — уникальные животные не только с точки зрения нервной системы. Гены, причастные к развитию и функционированию мышц, также были совершенно иными. К тому же у гребневики не наблюдалось несколько разновидностей общих генов, отвечающих за формирование тела, которые прежде считались универсальными для всех животных. К их числу относятся так называемые [микроРНК](#), которые помогают в создании специальных типов клеток в органах, и [гомеозисные гены](#), которые разделяют тела на отдельные части, будь то сегментирование тела червя или омара, или дифференцирование позвонков и костей пальца человека. Эти типы генов есть даже у простейших губок и пластинчатых, но их нет у гребневики.

Всё вышеперечисленное привело к невероятному выводу: несмотря на более сложное строение, чем у губок и пластинчатых — которые обделены нервными клетками и мускулами, как и практически любыми другими специализированными клетками — гребневики на самом деле являются древнейшей ветвью эволюционного дерева. Каким-то образом за период от 550 до 750 миллионов лет у гребневики развилась нервная система и мускулы, схожие по сложности с теми, которыми обладают медузы, актинии, морские звёзды и разные виды червей и моллюсков, но сформированные на основе иного набора генов.

Мороз пытался опубликовать результаты своих исследований в 2009 году, однако его статью не приняли. Тогда он просто продолжил свои опыты.

К тому моменту другие исследовательские группы только начинали работу в этом направлении, хотя и далеко не безрезультатно.

Во-первых, опубликованное в 2008 году в [Nature](#) исследование поставило под вопрос базовую структуру эволюционного дерева, подорвав давнее предположение о том, что губки были его первой, самой примитивной ветвью. Учёные сравнивали последовательности ДНК из 150 генов, чтобы восстановить эволюционные отношения 77 различных видов животных, включая два вида гребневики. В статье впервые публично предположили, что замысловатые гребневики фактически могут быть самой ранней ветвью. По словам биолога из Института морских исследований при океанариуме Монтерей Бэй Стивена Хэддока, одного из авторов работы, одно лишь предложение об этом создало ураган в научном сообществе.

В декабре 2013 года другая команда исследователей [опубликовала](#) в не менее престижном научном журнале *Science* первый в мире геном гребневики вида *Mnemiopsis leidyi*, отличающегося от того, который подробно изучал Мороз. В статье, сделан вывод о том, что именно

гребневики, а не губки, были эволюционной ветвью, наиболее близкой к истоку происхождения всех животных.

На протяжении нескольких следующих месяцев укоренившееся убеждение о том, что губки были самыми ранними животными, продолжало трещать по швам. В январе 2014 года [результаты исследования](#) Салли Лейс из Университета Альберта в Эдмонтоне поставили под вопрос утверждение о том, что губки были лишь колониальной версией одноклеточных организмов, которые считаются предками всех животных. Подробные исследования показали, что губка и [протисты](#), называемые [хоанофлагеллатами](#), использовали различный набор генов и белков для создания похожих структур. Поэтому губки не могли развиваться от чего-либо, напоминающего хоанофлагеллатов, а их сходство под микроскопом было ещё одним обманчивым примером конвергентной эволюции: два несвязанных организма, вырабатывающих в ходе эволюции подобные структуры для выполнения подобных функций, но с использованием разных генов в качестве основы.

И вот с этого момента, несмотря на то, что гребневики были намного сложнее, чем губки, с нервными системами, мышцами и другими органами, теперь они считались самой ранней ветвью. При этом, ни в одном из этих исследований не изучались нервные клетки. Таким образом, остальной мир до сих пор не знал сути открытия Мороза — независимо развившейся нервной системы.

В последующие годы Мороз заполнял пробелы в доказательной базе. Его команда секвенировала последние несколько процентов генома *Pleurobrachia stenophore*, пробираясь сквозь сложные участки ДНК, которые с трудом поддавались даже современным технологиям.

В июне 2014 года учёный наконец [опубликовал](#) итоги расшифровки генома *Pleurobrachia* в журнале *Nature*. В его работе, занявшей семь лет, было твёрдо установлено: нервные клетки и нервная система гребневиков эволюционировали отдельно от других животных.

Глаза, крылья, плавники и любой другой орган неоднократно возникали в процессе эволюции абсолютно независимо у совершенно различных животных — то же самое происходило и с нервными клетками. В настоящее время Мороз насчитывает от 9 до 12 независимых эволюционных истоков нервной системы: по крайней мере один — среди стрекающих кишечнополостных (в эту группу входят медузы и анемоны), три — среди иглокожих (к ним относятся морские звёзды, морские лилии и морские ежи), один — среди членистоногих (насекомые, пауки и ракообразные), один — у моллюсков (к ним также относятся улитки, кальмары и осьминоги), один у позвоночных. И теперь, по крайней мере один исток обнаружен среди гребневиков.

«Существует несколько путей возникновения нейронов и не менее двух путей возникновения мозга», — говорит Мороз. «В каждой из этих

эволюционных ветвей различный набор генов, белков и молекул возникли случайно, путем дупликации и мутаций, а затем участвовали в построении нервной системы».

Самое интересное заключается в том, что разные пути эволюции привели к возникновению нервных систем, которые очень похожи среди всех представителей эволюционного древа. Возьмём, к примеру, [работу](#) Николаса Страусфелда, нейробиолога из Аризонского университета в Тусоне. Вместе с группой коллег он [обнаружил](#), что у насекомых нейронные цепи, отвечающие за восприятие запахов, эпизодическую память, пространственную навигацию, поведение и зрение, [почти идентичны](#) тем, которые выполняют те же функции у млекопитающих — несмотря на то, что для возникновения каждой из них используются различные наборы генов.

Эти сходства отражают два ключевых принципа эволюции, которые, вероятно, важны для любой планеты, где возникла жизнь. Первый — это конвергенция, схождение в одной точке: отдаленные ветви эволюционного древа пришли к общей конструкции нервной системы, потому что перед каждой из них стоят одни и те же базовые задачи. Второй — общая история: [идея](#) о том, что все эти по-разному построенные нервные системы разделяют по крайней мере какой-то элемент общего происхождения. На нашей планете все живые существа состоят из молекулярных строительных блоков, возникших в физико-химической среде ранней Земли.

На самом деле значительная часть базового механизма всех нервных систем, скорее всего, эволюционировала от адаптации по модели «жизнь-или-смерть», которая возникла [в первых клетках](#) на Земле четыре миллиарда лет назад. Эти клетки, вероятно, обитали в таких водных средах, как горячие источники (современные аналоги — [чёрные курильщики](#)) или соляные бассейны, которые содержали смесь растворенных минералов, угрожающих жизни, например, кальций (известно, что важные биологические молекулы, ДНК, РНК и АТФ, при воздействии кальция сливаются в невосприимчивый бульон) Поэтому биологи полагают, что на ранних этапах жизни у организмов должны были развиваться способы не допускать повышения уровня кальция внутри клеток. Такая защитная система может включать белки, которые откачивают атомы кальция из клетки, и «систему сигнализации», которая включается при повышении уровня кальция. Эволюция позже использовала эту исключительную восприимчивость к кальцию для того, чтобы проводить сигналы внутри и между клетками, для управления биением ресничек и жгутиков, которые [используют микроорганизмы](#) для перемещения, контроля сокращения мышечных клеток или для проведения сигналов по нервным клеткам в таких организмах, как наш. К тому времени, когда начали появляться нервные системы, примерно полмиллиарда лет назад, основа многих необходимых для этого строительных блоков уже была заложена.

Покойный палеонтолог из Гарварда Стивен Джей Гулд отмечал в своей книге «Удивительная жизнь» (1989) высокую важность случайности:

эволюционная история животных была сформирована через опустошение в той же степени, что и через новшества. Он отметил, что во времена [кембрийского периода](#), 570 миллионов лет назад, существовало значительно больше типов живых существ, чем существует сегодня. Эти разнообразные ветви на раннем эволюционном древе исчезали из-за массовых вымираний, так как эволюционные решения в их организмах не способствовали развитию вида, то есть попытки приводили к появлению тупиковых видов. Они, в свою очередь, подстегнули эволюцию, открыв экологические ниши, которые выжившие группы животных могли освоить, открывая возможности для новых эволюционных решений.



В то же время Саймон Конвей Моррис, палеонтолог из Кембриджского университета, подчеркнул важность эволюционной конвергенции: эволюция имеет тенденцию снова и снова возвращаться к тем же решениям даже в отдалённых ветвях эволюционного древа, даже когда белки или гены, используемые для создания подобной структуры, сами по себе не связаны.

Всё это приводит к идее о том, что жизнь могла возникнуть на нашей планете далеко не один раз, как предполагалось ранее. Наша форма жизни стала доминировать, а другие формы отступили в сторону. Эту «теневую биосферу» будет трудно обнаружить, поскольку она может и не содержать ДНК, белки или другие молекулы, по которым мы её обычно и определяем, или, что вероятнее, от неё могло ничего не остаться на сегодняшний день.

При этом, следует понимать, что гребневники не так уж и необычны. Они основаны на той же химической базе, что и мы, хотя и представляют собой теневую биологическую форму. Поскольку гребневники заново изобрели мозг и мышцы, используя отличающийся от любого изученного ранее набор белков и генов, они дают уникальную возможность изучить некоторые

глобальные вопросы: насколько может различаться строение нервных систем? Действительно ли мы понимаем, как живой организм ощущает своё окружение и как ведёт себя?

Гребневики также могли бы предоставить полезную информацию для прогнозирования развития нервных систем на других планетах, в более экзотических жизненных формах, не основанных на ДНК или белках. Эволюционные биологи считают, что даже та жизнь, которая основана на не совсем обычной биохимической базе, по-прежнему будет строиться по аналогичным принципам организации. Предполагается, что внеземная жизнь, вероятно, отделяет себя от окружающего мира некой клеточной мембраной, и для получения энергии использует электрохимические различия в концентрациях рН или ионов с разных сторон этой мембраны, подобно клеткам на Земле. Химические вещества, извлечённые из древних метеоритов, могут легко образовывать мембраны — даже если эти мембраны не состоят из одних и тех же молекул. И как только структура клеточной мембраны живых существ с другой планеты устоится, процесс развития нервной системы, вероятно, будет проходить так же, как и на Земле.

Основа для статьи взята [здесь](#).