

Первые свидетельства в пользу физической теории происхождения жизни

<https://www.quantamagazine.org/first-support-for-a-physics-theory-of-life-20170726/>

Источник: <https://geektimes.ru/post/292603/%3A%2F%2Fzen.yandex.com>

Возьмите химию, добавьте энергию, и получите жизнь. Проведены первые проверки провокационной гипотезы происхождения жизни, выдвинутой Джереми Ингландом, и они показывают, как из ничего может возникнуть порядок



Биофизик [Джереми Ингланд](#) [взбудоражил общественность в 2013 году](#) своей [новой теорией](#), делающей происхождение жизни неизбежным следствием термодинамики. Его уравнения подразумевают, что при определённых условиях группы атомов естественным образом перегруппировываются так, чтобы тратить всё больше и больше энергии, содействуя непрерывному рассеянию энергии и появлению «энтропии», или беспорядка во Вселенной. Ингланд говорит, что этот эффект реструктуризации, называемый им адаптацией под воздействием рассеяния, стимулирует рост сложных структур, включая и живые организмы. Существование жизни – не загадка и не удача, [писал он в 2014-м](#), оно следует из основных физических принципов и «должно быть настолько же неувидительно, как катящиеся с горы камни».

С тех пор Ингланд, 35-летний адъюнкт-профессор в Массачусетском технологическом институте проверял аспекты своей идеи в компьютерных симуляциях. Две наиболее важных из ряда его работ были опубликованы в июле 2017 – самый интересный результат появился в журнале [Proceedings of the](#)

[National Academy of Sciences](#) (PNAS), а второй – в [Physical Review Letters](#) (PRL). Результаты обоих экспериментов, судя по всему, подтверждают основное утверждение Ингланда об адаптации под воздействием рассеяния, хотя возможность их применения к реальной жизни остаётся под вопросом.

«Это, очевидно, новаторское исследование», – сказал [Майкл Лассиг](#) [Michael Lässig], специалист по статистической физике и количественной биологии из Кёльнского университета в Германии, по поводу работы из PNAS, написанной Ингландом и постдоком из MIT, [Джорданом Хоровицем](#). Лассиг пишет, что это «пример изучения заданного набора правил в относительно небольшой системе, поэтому пока рано говорить, можно ли будет его обобщать. Однако очевидным интересным вопросом будет – что это означает для жизни».

В работе разбираются практически важные детали клеток и биологии, и описывается упрощённая, симулированная система химических соединений, в которой, тем не менее, возможно спонтанное возникновение исключительной структуры – этот феномен Ингланд считает побуждающей силой, стоящей за возникновением жизни. «Это не значит, что вы гарантированно получите эту структуру», – поясняет Ингланд. Динамика системы слишком сложна и нелинейна для того, чтобы предсказывать результаты.

В симуляции участвует суп из 25 химических соединений, взаимодействующих друг с другом огромным количеством способов. Источники энергии заставляют проходить некоторые из этих реакций, как солнечный свет запускает выработку озона в атмосфере, а химическое топливо [аденозинтрифосфат](#) управляет процессами в клетке. Начав со случайных начальных концентраций, скоростей реакций и «принудительных ландшафтов» [forcing landscapes] – правил, говорящих, какие реакции получают подпитку внешних сил и какую именно – симулированная [сеть химических реакций](#) развивается, пока не достигнет конечного, стабильного состояния, или «фиксированной точки».



Система часто успокаивается в равновесном состоянии со сбалансированной концентрацией химических веществ и реакциями, с равной вероятностью идущими в обе стороны. Стремление к равновесию, например, чашка кофе, остывающая до комнатной температуры – самый знакомый результат [второго](#)

[закон термодинамики](#), постулирующего, что энергия постоянно распространяется, а энтропия Вселенной постоянно увеличивается. Второй закон работает потому, что у энергии есть больше способов распределиться между частицами, чем сконцентрироваться в одном месте, поэтому по мере передвижения и взаимодействия частиц более вероятно распределение энергии между ними.

Но для некоторых начальных условий сеть химических реакций в симуляции развивается совершенно по-другому. В этих случаях она эволюционирует до фиксированных состояний, находящихся далеко от точки равновесия, где начинает активно гонять циклы реакций, забирая максимально доступное количество энергии из окружающей среды. Эти случаи можно считать «примерами тонкой подстройки» между системой и окружением, как пишут Хоровиц и Ингланд, когда система находит «редкие состояния экстремального термодинамического принуждения».

Живые существа также поддерживают стабильные состояния экстремального принуждения: мы суперпотребители, сжигающие огромное количество химической энергии через реакции в клетках, увеличивая тем самым энтропию Вселенной. Компьютер эмулирует это поведение в более простой и абстрактной химической системе, и показывает, что это состояние может появиться «прямо сразу, без огромного времени ожидания», – говорит Лассиг, что показывает доступность этих точек на практике.

Многие биофизики считают, что в истории жизни могло встретиться нечто похожее на то, что описывает Ингланд. Но нашёл ли он самый главный этап в происхождении жизни, зависит от того, что есть сущность жизни? Тут мнения расходятся.

Форма и функционирование

Ингланд, всесторонне одарённый человек, работавший в Гарварде, Оксфорде, Стэнфорде и Принстоне перед тем, как прийти в MIT в 29 лет, считает, что сущностью живых существ является исключительное расположение составляющих их атомов. «Если представить, что я случайным образом перемешаю атомы бактерии – возьму, помечу, и перемешаю в пространстве – я, вероятно, получу некий мусор, – писал он ранее. – Большая часть комбинаций атомов не превратится в такую метаболическую энергостанцию, как бактерия».

Группе атомов нелегко получить доступ к химической энергии и сжечь её. Для выполнения такой задачи атомы должны выстроиться в очень необычную структуру. По Ингланду, само существование взаимосвязи формы и функции «подразумевает, что окружающая среда ставит задачу, которую решает получившаяся структура».

Но как и почему атомы принимают определённую форму и функцию бактерии, с её оптимальной для потребления химической энергии конфигурацией? Ингланд считает, что это естественное следствие термодинамики для систем, находящихся далеко от точки равновесия.

Физический химик, лауреат нобелевской премии [Илья Пригожин](#), занимался схожими идеями в 1960-х, но его методы были ограничены. Традиционные

термодинамические уравнения хорошо работают только для изучения систем, находящихся в состоянии, близком к равновесному – таких, как медленно охлаждаемый или нагреваемый газ. Системы, подпитываемые мощными внешними источниками энергии, обладают куда как более сложной динамикой и их гораздо сложнее изучать.

Ситуация поменялась в конце 1990-х, когда физики [Гэвин Крукс](#) и [Крис Ярзинский](#) [Gavin Crooks and Chris Jarzynski] вывели "[теоремы флуктуации](#)", которую можно использовать для подсчёта того, насколько прямые физические процессы происходят чаще обратных. Теоремы позволяют исследователям изучать эволюцию системы, даже далёкой от равновесия. Новый подход Ингланда, по словам [Сары Уокер](#), физика-теоретика и специалиста по происхождению жизни из Аризонского университета, заключается в применении теорем флуктуации к «задачам, связанным с происхождением жизни. Я думаю, он единственный человек из всех, делающий это достаточно досконально».

Кофе остывает из-за того, что его ничто не нагревает, но [подсчёты Ингланда говорят о том](#), что группы атомов, питаемые внешними источниками энергии, могут вести себя по-другому. Они стремятся подключиться к этим источникам энергии, выравниваются и меняются местами так, чтобы лучше поглощать энергию и рассеивать её в виде тепла. Далее он показал, что эта статистическая тенденция к рассеиванию энергии может [поддерживать самовоспроизведение](#) (как он объяснял в 2014 году, «отличным способом рассеять больше энергии будет изготовление копий самого себя»). Ингланд считает, что жизнь, и её необычайное объединение формы и функции, служит итогом адаптации, питаемой стремлением к рассеиванию и самовоспроизведения.

Однако, даже с использованием теорем флуктуации условия на ранней Земле или в клетке будут слишком сложными для того, чтобы исходя из этих принципов можно было делать предсказания. Поэтому идеи необходимо проверять в упрощённых условиях, симулируемых на компьютере, в попытках приблизиться к реалистичности.

В работе для PRL Ингланд и соавторы, Тал Качман и Джереми Оуэн [Tal Kachman and Jeremy Owen] из MIT симулировали систему взаимодействующих частиц. Они обнаружили, что система со временем увеличивает поглощение энергии, формируя и разрывая связи для того, чтобы лучше резонировать с движущей её частотой. „Это в некотором смысле более простой результат“, чем работа для PNAS, в которой участвует сеть химических реакций, говорит Ингланд.

Во второй работе он и Хоровиц создали сложные условия, в которых специальные конфигурации атомов должны будут подключаться к доступным источникам энергии, так же, как особая конфигурация атомов бактерии позволяет ей проводить метаболизм. В симуляции внешние источники энергии подстёгивали определённые химические реакции в сети реакций. Активность такой стимуляции зависела от концентраций различных химических соединений. С ходом реакций и увеличением концентраций сила стимуляции могла резко изменяться. Такая резкость приводила к тому, что системе было сложно „находить комбинации реакций, способных оптимально добывать доступную энергию“, поясняет [Джереми Гунавардена](#), математик и системный биолог из Гарвардской медицинской школы.

И всё же, когда исследователи позволяли сети реакций развиваться в таком окружении, она становилась тонко подстроенной под это окружение. Случайный набор начальных условий эволюционировал и принимал редкие состояния энергичной химической активности и экстремальной поддержки в четыре раза чаще, чем ожидалось. А когда такие результаты наступали, это случалось очень резко. При этом системы проходили через циклы реакций и рассеивали в процессе энергию, что, с точки зрения Ингланда, служит простейшим взаимоотношением формы и функциональности, необходимой для возникновения жизни.

Обработчики информации

Эксперты говорят, что следующим важным шагом для Ингланда и его коллег будет масштабирование сетей химических реакций с тем, чтобы посмотреть, происходит ли с ними динамическая эволюция до редких фиксированных состояний экстремальной поддержки. Они также могут попытаться сделать стимуляцию менее абстрактной, приведя химические концентрации, скорости реакций и условия поддержки к таким, которые могли существовать в [приливных заводах или рядом с вулканическими трубками](#) в [первичном бульоне](#) ранней Земли (но воспроизведение условий, из которых на самом деле возникла жизнь – это, в основном, догадки и предположения). [Рауль Сарпешкар](#) [Rahul Sarpeshkar], профессор машиностроения, физик и микробиолог в Колледже Дартмура, сказал: „Было бы неплохо получить конкретную физическую информацию по этим абстрактным построениям“. Он надеется увидеть, как эти ситуации будут воспроизведены в реальных экспериментах, возможно, при помощи относящихся к биологии химических соединений и источников энергии, таких, как глюкоза.

Но даже если можно будет увидеть состояния с тонкой подстройкой, очень сильно напоминающие условия, которые, как предполагается, дали старт зарождению жизни, некоторые исследователи считают, что диссертация Ингланда описывает „необходимые, но недостаточные“ условия для объяснения появления жизни, как говорит Уокер. Они не могут описать то, что некоторые считают истинным признаком биологических систем: способность к обработке информации. От простейшего [хемотаксиса](#) (способности бактерий двигаться по направлению к концентрации питательных веществ или в направлении от ядовитых соединений) до человеческого общения, формы жизни принимают и реагируют на информацию о своём окружении.

<https://youtu.be/k9QYtbjziAw>

Уокер считает, что это отличает нас от других систем, попадающих под охват теории Ингланда об адаптации под воздействием рассеяния, таких, как [Большое красное пятно Юпитера](#). „Это неравновесная рассеивающая структура, существующая, по меньшей мере, 300 лет, и она сильно отличается от неравновесных рассеивающих структур, существующих на Земле сегодня и эволюционировавших миллиарды лет“, – говорит она. Понимание того, что выделяет среди таких структур жизнь, „требуется явного определения информации, выходящего за пределы процесса рассеивания“. С её точки зрения, возможность реагировать на информацию является ключом к этому: „Нам нужны сети химических реакций, которые могут встать на ноги и уйти от той среды, в которой зародились“.

Гунавардена отмечает, что кроме термодинамических свойств и возможностей обработки информации, существующих у форм жизни, они также хранят и передают генетическую информацию о себе своим потомкам. Происхождение жизни, говорит он, это „не просто появление структуры, это появление определённой динамики, дарвиновского толка. Это появление воспроизводящихся структур. И возможность влияния свойств этих объектов на скорость воспроизведения. Когда вы выполните оба условия, вы окажетесь в ситуации начала дарвиновской эволюции, и биологи считают, что в этом вся суть“.

[Евгений Шахнович](#), профессор химии и химической биологии в Гарварде, руководивший исследованием Ингланда, чётко разделяет работу своего бывшего студента и вопросы биологии. „Он начал свою научную карьеру в моей лаборатории и я знаю, какой он способный, – говорит Шахнович, – но работа Джереми представляет потенциально интересные упражнения в неравновесной статистической механике простых абстрактных систем“. Все заявления о том, что они имеют отношение к происхождению жизни, добавляет он, „являются чистой и бесстыдной спекуляцией“.

Даже если Ингланд находится на правильном пути с точки зрения физики, биологам нужно больше конкретных вещей – к примеру, теория того, из каких [примитивных протоклеток](#) появились первые живые клетки, и как появился генетический код. Ингланд соглашается, что на эти вопросы у его открытий нет ответа. „В краткосрочной перспективе они мало что говорят мне о работе биологических систем, я даже не заявляю, что они обязательно расскажут мне о том, откуда взялась известная нам жизнь“, – говорит он. Оба вопроса – это „удручающая мешанина“, основанная на „обрывочных свидетельствах“, от которых он „намерен пока держаться подальше“. Он просто предлагает, что в наборе инструментов у первой жизни „возможно, есть кое-что, что можно получить за просто так, а затем оптимизировать при помощи дарвиновского механизма“.

Сарпешкар, судя по всему, расценил адаптацию под воздействием рассеяния как первый акт истории происхождения жизни. „Джереми показывает, что если вы способны добывать энергию из окружения, порядок спонтанно появится и самонастроится“, – говорит он. Он отмечает, что живые организмы совершают гораздо больше действий, чем сеть химических реакций Ингланда и Хоровица. „Но мы говорим о том, как впервые появилась жизнь – как порядок мог появиться из ничего“.

Метки:

- [происхождение жизни](#)