

газета, выпускаемая учеными и научными журналистами



Альтернативная жизнь в Долине смерти. Фото Scott Beckner (flickr.com/piratescott)

Борис Штерн

Михаил Никитин

Беседа главного редактора ТрВ-Наука **Бориса Штерна** с биологом **Михаилом Никитиным** о возможных альтернативных вариантах происхождения, эволюции и распространении жизни. Видеозапись интервью – youtu.be/meZIL_AzXx8
См. предыдущие публикации: trv-science.ru/tag/proisxozhdenie-zhizni

— Добрый день! Сегодня у нас на канале «Троицкого варианта» опять, опять, в который раз Михаил Никитин и наверняка не в последний раз. И сегодня мы будем говорить об альтернативных формах жизни. Потому что когда начинаешь рассуждать о вероятности возникновения жизни на Земле, о пригодности планеты для жизни, сразу начинаются возражения: «Вы говорите о нашей жизни, а жизнь может быть любой. То есть она может существовать совершенно в других условиях, которые вы представить себе не можете...»

И вот давайте попробуем себе представить эти другие формы жизни, другие условия, в которых она может существовать. И попробуем начать, наверное, с самой популярной идеи: возьмем-ка мы вместо углерода кремний и попробуем построить жизнь на основе кремния. У нас, дескать, получится что-нибудь совсем другое, интересное. Что думаете по этому поводу, Михаил?

— Я думаю, что тут надо разобраться: а что конкретно надо строить из кремния? Если попытаться из кремния построить точные аналоги наших белков и нуклеиновых кислот, то это не получится. Химия кремния и химия углерода все-таки не настолько похожи. Поэтому стоит сначала разобраться с какими-то более общими особенностями того, что мы считаем жизнью. Как и везде в естественных науках, в отличие от математики и философии, мы тут не можем начать с того, чтобы дать строгое определение, что такое жизнь. Но пока мы находимся на Земле и рассматриваем то, что есть на Земле, мы более-менее интуитивно понимаем, что там живое, а что не живое. То есть царства растений, животных и минералов люди выделяли тысячи лет назад.

Некоторую сложность доставляли вирусы, но тут я могу сказать, что вирусы, конечно же, живые, хотя бы потому, что кафедра вирусологии находится на биологическом факультете, а не на химическом и не на геологическом. Вирусы способны к размножению, также, как и все другие живые существа, просто те формы вирусной частицы, которые кристаллизуются и более упорядочены, чем живые клетки, — это их покоящаяся стадия. А активная форма жизни вируса — это вироклетка, зараженная клетка, которая производит новые вирусные частицы. Она со всей очевидностью живая — это размножающаяся форма живого организма, вируса.

Значит, всё живое на Земле — и клеточные, и вирусные формы жизни — построено на одних и тех же химических соединениях, на двух основных классах полимеров — это белки и нуклеиновые кислоты, т. е. ДНК и РНК. Полимеры — это молекулы в виде длинных линейных цепочек, состоящих из нескольких типов повторяющихся звеньев. Те полимеры, что более привычны химикам, — такие, как полиэтилен, полистирол, — состоят из одного типа звеньев. Биополимеры — из нескольких типов звеньев, т. е. в белках — двадцать возможных вариантов аминокислот, в ДНК и РНК — четыре возможных варианта нуклеотидов. И последовательность этих разных звеньев в нуклеиновых кислотах используется для кодирования информации. На этом сходство между белками и нуклеиновыми кислотами, в общем, заканчивается. Важно то, что они совершенно по-разному сворачиваются в трехмерные структуры. И белок, и ДНК можно вытянуть в прямую цепочку, но в естественных условиях в водном растворе ни тот, ни другой не будут принимать форму прямой цепочки. Для ДНК наиболее стабиль-

ная форма — это двойная спираль из двух антипараллельных нитей. Ну и вот спираль будет уже более-менее прямой. А белки, как правило, сворачиваются в сложные трехмерные клубки. И это определяется их физико-химическими свойствами. У молекул нуклеиновых кислот есть размазанный по всей их длине электрический заряд, они же кислоты, т. е. в водном растворе заряжены отрицательно, и кулоновское отталкивание разных частей цепочки ДНК друг от друга не позволяет ей свернуться в клубки. А у белков нет глобального электрического заряда — наоборот, белковая цепочка и ее пептидные связи представляют из себя цепочку диполей, которые способны довольно эффективно и специфически друг к другу притягиваться. И взаимодействие этих диполей обеспечивает сворачивание белков в базовые трехмерные формы альфа-спирали или бета-складчатого слоя и дальше в более сложные уже третичные пространственные структуры, в сложные клубки, которые необходимы для работы этих белков в живом организме. И белки, и нуклеиновые кислоты, построенные из атомов (в первую очередь углерода), и прочные связи С-С (углерод-углеродные) играют основную роль в их стабильности.

Кроме того, разрыв этих цепочек — как случайный, какими-то внешними факторами, так и целенаправленный — ферментами, протеазами и нуклеазами — происходит не где попало, а по границам между звеньями, между мономерами, как если бы мы конструкцию из блоков LEGO стали растягивать, — она бы разломалась на отдельные целые кубики, из которых можно собрать какую-то новую, другую конструкцию. То есть мономеры не ломаются так просто, как связи между ними. Связи между мономерами более слабые, чем внутри мономера. Более слабые связи между мономерами обеспечиваются не углеродом, а другими химическими элементами — азотом в белках и фосфором в нуклеиновых кислотах.

Вот это вот повторное использование «кирпичиков» после распада целого белка или целой молекулы нуклеиновой кислоты — тоже важная часть их жизненного цикла внутри живых организмов. Насколько мы можем судить, для жизни нужны полимерные молекулы, способные сворачиваться в трехмерные структуры, как белки, потому что это нужно для важнейшей функции большинства белков — для катализа. Большинство белков — это ферменты, т. е. ускорители определенных химических реакций, специфичные ускорители. Белковый катализ гораздо более специфичен, чем катализ разными малыми молекулами, комплексами металлов и т. д. Специфичность достигается за счет того, что белковый клубок — белковая молекула — имеет «карманы» для реагирующих внутри нее маленьких молекул определенной формы, которые позволяют им подойти друг к другу только определенной стороной и никакой другой, а заодно изолируют их от других молекул, норовящих вмешаться в эту химическую реакцию, — в том числе, как ни странно, и от воды, от которой во многих случаях биохимические реакции приходится «прятать» внутри фермента.

Окончание см. на стр. 2–3

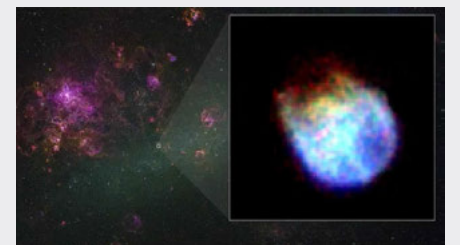
В номере

Из тени в свет перелетая...

Евгения Малинович, оказавшая помощь почти ста кандидатам наук в подготовке их диссертаций, рассказала **Михаилу Гельфанду** о своем ремесле — стр. 4–5

Астроновости начала января

Азиатские рентгеновские обсерватории, полярные сияния коричневого карлика W1935 и многое другое в обзоре Алексея Кудря — стр. 6–7



В чем ошибались биографы Эйнштейна?

Евгений Беркович продолжает анализировать книги о трудах и днях великого ученого — стр. 8–9

Какого цвета гром?

Мария Елифёрова — о разнообразии значений слова «синий» в славянских языках — стр. 10–11



Театр восковой жестокости

Александр Марков и Оксана Штайн размышляют о восковых и механических куклах с философской точки зрения — стр. 12



«Пуаро по-кошачьи прищурился...»

Арсений Богатырёв — о четвероногих персонажах в книгах королевы детектива — стр. 14–15

«Мой жанр — это смех сквозь слезы»

Колонка Александра Мещерякова о кино и театре — стр. 16



Подписывайтесь на наши аккаунты:

t.me/trvscience, vk.com/trvscience, twitter.com/trvscience

Окончание. Начало см. на стр. 1

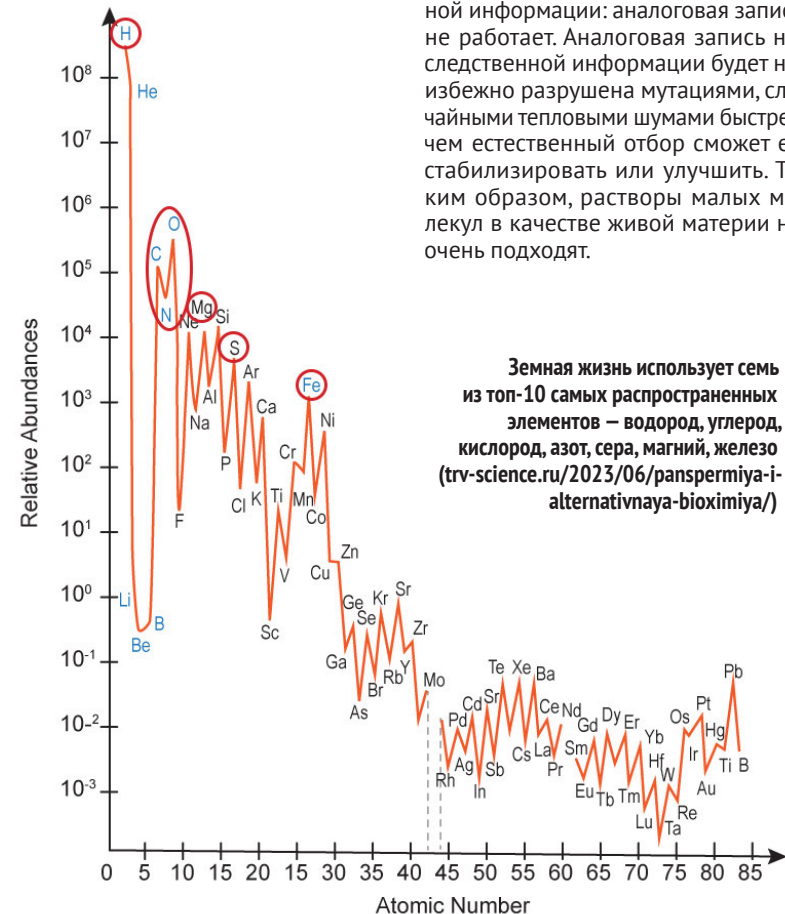
Нуклеиновые кислоты кодируют своей последовательностью последовательность белков. Нуклеиновые кислоты несут функцию памяти в биологической системе. В принципе, возможно совместить и функцию памяти, и функцию катализа в одном биополимере. На заре земной жизни и на этапе мира РНК предположительно так и было, но это гораздо менее эффективно. РНК — менее надежный носитель информации, чем ДНК, и РНК гораздо более ограничена как катализатор по сравнению с белками. Поэтому мир РНК существовал, скорее всего, очень недолго и быстро уступил место более сложным организмам, использующим также и белки. Но, в принципе, жизнь на одном полимере, так прямо с порога отметить нельзя.

Можно ли представить себе жизнь, вообще не использующую полимерные молекулы, на основе растворимых мономеров, или на основе трехмерных кристаллов, или на каких-то нехимических структурах типа плазмидов? (Про плазмиды я сразу скажу честно, я ничего про это не знаю. И реальность такой жизни оставим оценивать тем специалистам — видимо, физикам, — которые лучше в этом понимают.) А вот про кристаллы и растворы малых молекул у меня есть, что сказать, в частности, почему они считаются не очень хорошей основой для жизни. Потому что жизнь довольно четко отличается от неживой материи на Земле по способности к дарвиновской эволюции, по способности к неограниченной наследуемой изменчивости. Так, живые организмы производят свои копии, копии эти не являются точными — они все-таки немножко отличаются от родителей, — изменения этих копий наследуются следующими поколениями (это не одна ошибка, которая будет исправлена в следующем поколении, это наследуемое изменение), а разница между этими копиями влияет на их дальнейшее размножение. Существует отбор. Какие-то потомки с какими-то вариациями размножаются лучше, другие потомки с другими вариациями размножаются хуже и в конце концов могут исчезнуть из популяции.

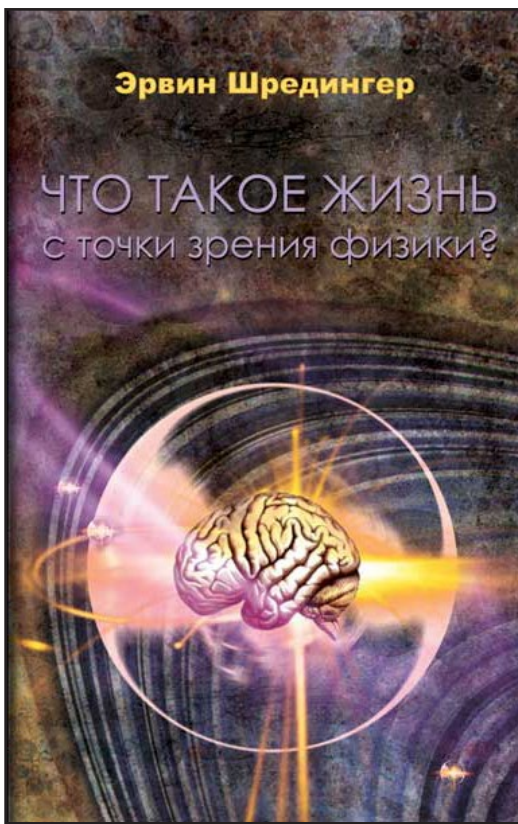
Дарвиновский естественный отбор — это очень важный процесс. Более того, он входит в рабочее определение астробиологической программы NASA. Там определение очень короткое: «Жизнь — это хими-

ческая система, способная к дарвиновской эволюции». Но какой должен быть материальный субстрат, чтобы поддерживать дарвиновскую эволюцию? Он, строго говоря, не обязан быть химическим. Есть такое направление в computer science — эволюционное программирование, когда механизм дарвиновской эволюции прилагается к фрагментам программного кода и позволяет получить таким способом программы, выполняющие какую-то нужную функцию. При этом никакой химии там нет. Там нет молекул и атомов, там есть нули и единицы — электрические сигналы. Но маловероятно, что мы найдем что-то подобное дарвиновскому отбору электрических сигналов в природе, потому что это все-таки работает на компьютерах, созданных разумными существами. Очень трудно себе представить обнаружение в природе естественно возникших электронных компьютеров, причем возникших без участия дарвиновской эволюции — в каком-то готовом виде.

А что же с химическими носителями? Во-первых, почему растворы малых молекул не могут быть базой для дарвиновской эволюции? Потому что они не являются надежным носителем химической информации. Концентрацией разных веществ в растворе можно закодировать довольно много информации, но это будет ее аналоговая запись — концентрация молекул можно менять плавно. А вот изменение последовательности полимера (замена аденина на гуанин в ДНК, условно говоря) — это дискретное изменение, которое может происходить только при преодолении какого-то энергетического барьера. А поскольку спектр тепловых шумов устроен так, что вероятность сильных флуктуаций гораздо меньше, чем слабых, а слабые флуктуации, способные повредить концентрационный геном (изменить концентрацию молекул в растворе), они гораздо-гораздо более вероятны. И первым подошел к осознанию этих вещей еще Эрвин Шрёдингер в знаменитой своей брошюре «Что такое жизнь с точки зрения физики?». Эта брошюра, кстати, подсказала Уотсону и Крику, что надо искать, как должен выглядеть носитель наследственной информации. Дальнейшими работами было строго доказано, что дарвиновская эволюция возможна только при цифровой записи наследственной информации: аналоговая запись не работает. Аналоговая запись наследственной информации будет неизбежно разрушена мутациями, случайными тепловыми шумами быстрее, чем естественный отбор сможет ее стабилизировать или улучшить. Таким образом, растворы малых молекул в качестве живой материи не очень подходят.



У кристаллов же всё хорошо со стабильностью, но для трехмерных кристаллов гораздо сложнее придумать какой-то разумный, простой механизм копирования, который имеется у одномерных линейных полимеров. В принципе, можно себе представить для каких-нибудь искусственных организмов механизм записи наследственной информации двумерный, по аналогии с QR-кодом, но понятно, что система его чтения и копирования будет гораздо сложнее, чем существующие природные ДНК-полимеразы, которые копируют одну нить на другую, используя свойства комплементарного соединения азотистых оснований. Собственно, из двуспиральной структуры ДНК-РНК механизм их репликации — копирования — следует



довольно простой и очевидный. То, что Уотсон и Крик предсказали этот механизм репликации, даже важнее, чем то, что они расшифровали двуспиральную структуру.

Итак, растворы малых молекул без полимеров слишком уязвимы к мутациям, а кристаллы, наоборот, очень стабильны и неудобны для копирования. Одномерный носитель — линейный полимер, — похоже, является таким оптимумом. И при поиске жизни на альтернативной химической основе нам все-таки надо ориентироваться на линейные полимеры.

А теперь: какие химические элементы вместо преобладающего в нашей жизни углерода можно рассмотреть? Научные фантасты вот очень любил кремний. Он находится в таблице Менделеева под углеродом, тоже имеет валентность 4, широко распространен в природе, более того, на Земле его даже гораздо больше, чем углерода. Но у меня большие сомнения в возможности существования кремниевой жизни где-то в природе. И вот почему. Хотя на основе кремния, созданном химиками, есть множество Кремнийорганических соединений, содержащих цепочки и кольца из атомов кремния (в том числе с включением углерода, азота, серы и других гетероатомов), для синтеза почти всех этих сложных химических соединений кремния нужны безводные среды. В присутствии воды и в присутствии кислорода наиболее устойчивая, с большим отрывом, термодинамически устойчивая форма кремния — это оксиды кремния и силикаты. Это те горные породы, которые мы видим вокруг себя на Земле: как в природе, так и в городе в виде всякого гравия в составе бетона. Соединения кремния с кислородом очень прочные, очень стабильные. Это трехмерные кристаллы. Более того, не только на Земле, но и в метеори-

тах и даже в наблюдаемых методами радиоастрономии туманностях кремний существует в основном именно в этой форме. Для углерода радиоастрономы нашли более сотни органических молекул в межзвездной среде, в том числе таких достаточно сложных, как глицин, этанол и уксусная кислота, а вот для кремния аналогичным образом обнаруживаются в основном простые двухатомные молекулы, соединения кремния с углеродом, с кислородом, с азотом, с серой и т. д., которые при повышении концентрации будут образовывать устойчивые кристаллы — карбид кремния, нитрид кремния, оксид кремния. Прочные тугоплавкие соединения.

А можно ли избежать кислорода и воды в нашей Вселенной? Это очень-очень сложно, потому что кислород — третий по распространенности элемент во Вселенной после водорода и гелия. И вода, образуемая первым по распространенности водородом и третьим по распространенности кислородом, тоже есть в космосе практически везде. В лаборатории можно, в принципе, наверное, организовать какую-то безводную среду и искусственную жизнь на кремнийорганических полимерах, но естественную нишу, где не будет воды, не будет кислорода и каких-то других активных кислородосодержащих соединений вроде диоксида углерода CO_2 , — уже сложно. Ну и при сверхнизких температурах, когда вода и кислород вымораживаются, прочность связей кремния и кислорода будет такая, что эти связи будут существовать вечно. Пусть оксиды кремния в какую-то химическую реакцию, в какой-то обмен веществ будет невозможно. Получается, кремний подводит его слишком большая «любовь» к кислороду. Связь кремний-кислород слишком прочна, прочнее, чем все связи, образуемые углеродом с другими атомами, и практически нет реального способа вовлечь эти связи в какие-то химические реакции в мягких условиях.

— Ну, например, стекло и кварц...

— Верно. Чтобы химически во что-то превратить стекло или кварц, нужны либо температуры выше $1000^\circ C$, либо такие жесткие реагенты, как плавиковая кислота (HF), либо обработка концентрированными щелочами. И то, и другое, и третье очень плохо совместимо с существованием каких-то сложных молекул, необходимых для жизни. Химические свойства кремния на самом деле довольно сильно отличаются от химических свойств углерода. И тут мы ничего хорошего для потенциально альтернативной биохимии найти не можем. Мы уже упомянули другой альтернативный химический элемент — это фтор. Его соединение с водородом, плавиковая кислота — это хороший поллярный растворитель, который кое-где в фантастике встречался как замена воды. Например, у Ефремова была фтороводородная жизнь. Но фтор подводит ядерная физика. Единственный стабильный изотоп фтора — фтор-19 — довольно мало распространен во Вселенной, плохо образуется в термоядерных реакциях в звездах, и в результате фтора во Вселенной в миллион раз меньше, чем кислорода.

И химические свойства фтора настолько уникальны, чтобы он где-то так хорошо сконцентрировался, чтобы в нашей или в другой галактике была где-то планета с фтороводородным океаном. Насколько мы можем судить, ядерная физика работает одинаково во всей видимой Вселенной, поэтому фтор в дефиците будет везде. На Земле это достаточно редкий микроэлемент, который большинство живых организмов ни-

как особо не используют. Исключения — это только мы с вами, позволочные животные, которые фторидом кальция упрочняют свои зубы. Поэтому для нас лично фтор важен, а вот для большинства земных организмов он не требуется совершенно.

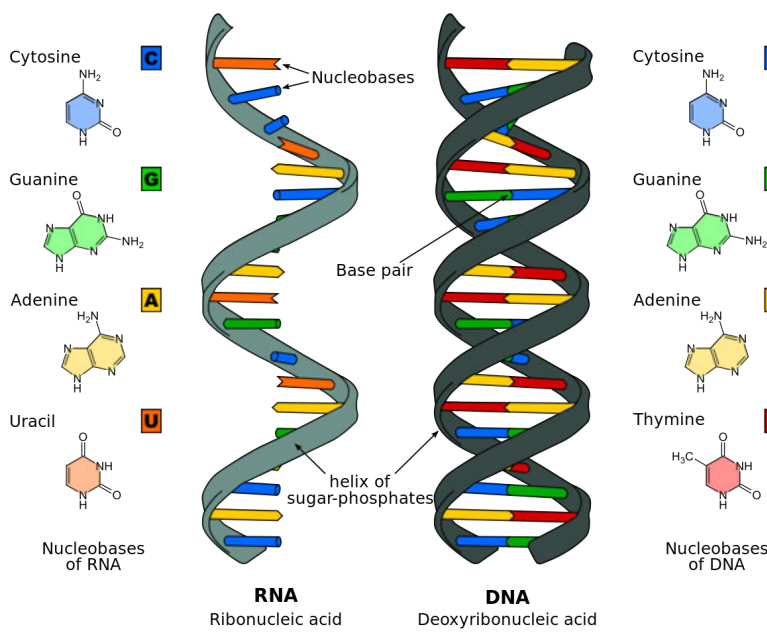
Что еще из интересных химических элементов? Бор — это элемент с интересной разнообразной химией, которая в последние годы как раз активно изучается. Бор находится в соседней с углеродом колонке таблицы Менделеева. У него основная валентность 3. Но в соединениях с азотом он может имитировать валентность 4 за счет донорно-акцепторных связей. И, чередуя атомы бора и азота, можно имитировать углеродную органику. Например, есть боразол — неорганический аналог бензола. А на основе бора без азота образуются свои интересные химические достаточно активные соединения с интересными структурами. Таким образом, жизнь на основе бора в лаборатории, наверное, можно сделать. А вот в природе бор так же, как и фтор, подводит ядерная физика. У него тоже не очень стабильное ядро, поэтому в условиях нуклеосинтеза в звездах бор не образуется, а наоборот, быстро превращается в более тяжелые элементы. И тот бор, который есть у нас на Земле и в межзвездном пространстве, образуется, насколько я помню, в основном в реакциях космических лучей с межзвездной материей. И это гораздо менее эффективно, чем нуклеосинтез в звездах. Естественную жизнь на основе бора мы тоже вряд ли найдем где-то во Вселенной. И вообще, если посмотреть на график распространенности химических элементов, можно увидеть, что наша земная жизнь выбрала самые распространенные: из первой десятки самых распространенных химических элементов — водород, гелий, кислород, углерод, азот, сера, магний, кремний, железо и неон, — она использует семь. Не попали только инертные газы — гелий, неон — и тот самый кремний, который не газ, но в соединениях с кислородом тоже химически инертен. А так и магний имеет важные функции в земной жизни (нуклеиновые кислоты и нуклеотиды всегда в растворе находятся вместе с ионами магния), и сера имеет важную роль в биохимии, и железо... Наша земная биохимия на самом деле довольно хорошо подогнана под доступность химических элементов во Вселенной, определяемую ядерной физикой. И альтернативную биохимию, альтернативную земной, надо искать, видимо, в пределах тех же самых химических элементов: кислорода, углерода, азота, серы, железа и т. д.

Есть ли тут простор для фантазии? На самом деле есть. Только, насколько мне известно (пусть поправят меня любители фантастики), писатели-фантасты в эту сторону смотрели меньше. А так тут есть варианты. И больше всего мне нравится идея про замену воды на сжиженный диоксид углерода CO_2 под давлением. Диоксид углерода в наших обычных земных условиях — это либо газ, либо твердое вещество, сухой лед. При нашем атмосферном давлении он не сжимается, но если повысить атмосферное давление, то он превращается в жидкое, причем является очень хорошим растворителем. Жидкий диоксид углерода под давлением растворяет как полярные вещества, так и неполярные; как органические, так и неорганические. Он уже используется в промышленности как достаточно дешевый экологически чистый растворитель. Вот, например, бескофеиновый кофе делают с его помощью, экстрагируя кофеин с жидким CO_2 . Более того, в химической технологии используются наши обычные белковые ферменты из земных бактерий, работающие в среде жидкого CO_2 . Такая среда позволяет им эффективно и быстро работать с неполярными

▶ молекулами, такими как жиры. За счет этого в среде жидкого CO₂ белковые ферменты, отобранные на работу в воде, работают в сотни раз быстрее, чем в воде. А ведь можно было бы ожидать, что в родном растворителе, для которых их оптимизировал естественный отбор, они должны работать лучше. Но жидкий CO₂ отличается малой вязкостью по сравнению с водой, в нем быстрее диффузия молекул, поэтому вход субстратов, фермент и выход продукта происходит быстрее.

Более того, на Земле есть места, где жидкий CO₂ лежит просто небольшими озерами. Это некоторые гидротермальные районы на морском дне. Наиболее изученные — те, что находятся на глубине около полутора километров в Окинавском желобе у берегов Тихого океана. Благодаря работам японских океанологов мы знаем, что там рядом с горячими источниками, черными курильщиками, есть высачивание холодного жидкого CO₂ — жидкого за счет высокого давления, существующего на этой глубине. Он образует озера, скрытые под тонким слоем глины, под океанским дном. Подводные роботы брали пробы из этого углекислотного озера, расковыривая глинистую корку, и обнаружили, что в этой среде, в этом альтернативном растворителе, живут микробы. Обычные земные микробы, более-менее те же виды, что встречаются в некоторых других местах на морском дне, на большей глубине, только они имеют слегка модифицированный состав клеточных мембран, потому что стандартные липидные мембраны жидкие CO₂ все-таки растворяют. Но небольшого изменения мембран оказывается достаточно, чтобы приспособить земную жизнь к этому альтернативному растворителю. В нем работают белки, внеклеточные белки этих микробов, в общем, такие же, как у их родственников, живущих в воде. Главное неизвестное тут: можно ли приспособить к такому растворителю ДНК, нуклеиновые кислоты? У этих микробов все-таки внутри клетки среда водная, а не углекислотная. Они поддерживают внутри клетки привычную водную среду. Но как минимум белки можно к этому приспособить, к этому альтернативному растворителю. И — да поправят меня астрономы, — но насколько я понимаю, океаны из жидкого CO₂ можно ожидать на каких-нибудь планетах более холодных и массивных, чем Земля, на каких-то холодных суперземлях.

— Если жидкий CO₂, то вот сразу вопрос о жидком метане в качестве растворителя — потому что он есть, мы его наблюдаем в Солнечной системе. — Да, жидкий метан мы наблюдаем на Титане, на спутнике Сатурна, но тут как раз химии настроены более скептически. Если жидкий CO₂ — это диапазон температуры относительно близкий к комнатному (ну, до -33 °C), то вот жидкий метан — это уже криогенные температуры порядка минус 170–180 °C. И если в молекуле CO₂ есть полярные связи, хотя нет глобального дипольного момента, то молекула метана неполярна со-



всем. Поэтому жидкий метан является довольно плохим растворителем. В нем растворяются только маленькие и неполярные молекулы, а больших массивных полимеров масштаба белков и нуклеиновых кислот растворить в жидком метане не получится. Ионы металлов в нем тоже не растворяются. Химия в жидком метане из-за того, что это очень плохой и очень выборочный растворитель, получается очень бедной.

Жидкий аммиак выглядит лучше. Жидкий аммиак полярнее подобно воде, но мы нигде не наблюдаем жидкого аммиака в чистом виде. Насколько я помню, в Солнечной системе везде, где есть аммиак в большом количестве, к нему примешано еще больше воды, точно?

— Ну, это планета-гигант, и, в принципе, там жидкий аммиак мог бы быть. Ну, какой-нибудь там Нептун...

— То есть в ледяных гигантах и на спутниках планет-гигантов аммиак всегда примешан к воде, да?

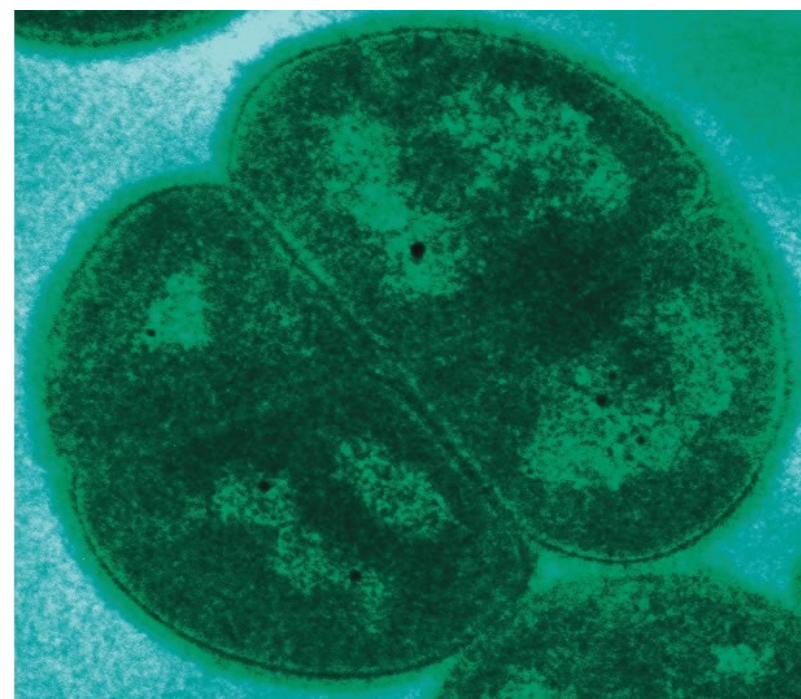
— Видимо, да.

— Даже водная аммиачная смесь, концентрированный нашатырный спирт, в принципе, могла бы быть растворителем для альтернативной биохимии, потому что это сильно щелочная среда. Все земные организмы поддерживают внутри клетки более-менее нейтральную среду pH от 6 до 8, независимо от того, в какой среде они живут — хоть в страшно кислой, хоть в крайне щелочной. И это важно, потому что уотсон-криковские пары между азотистыми основаниями ДНК образуются только в нейтральной среде. И в кислой, и в щелочной среде ДНК перестает выполнять функцию генетического полимера. Поэтому в водно-аммиачной среде химия и полимеры на углеродной основе возможны, разнообразны, но нуклеиновые кислоты понадобятся заменять какими-то другими полимерами, которые могут тоже, наверное, образовывать двойную спираль. К форме двойной спирали претензий нет, но вот химическая реализация для водно-аммиачной среды, конечно, должна быть другой. А вот белки там, в принципе, могут использоваться.

— Вопрос вдогонку. Пусть будет углеродная жизнь — углеродно-во-

дная, — но где-нибудь в очень необычной среде, например под толстым слоем льда и воды на тех же спутниках ледяных планет-гигантов — Европе, Титане, Энцеладе. Там, судя по всему, очень щелочная среда. Света там нет, но какая-то химия там есть. Там, наверное, тоже может быть жизнь...

— Смотрите, на Земле микробы существуют в довольно экстремальных средах. Они присутствуют в вечной мерзлоте и в горячих источниках при температурах почти до 120 °C при высоких давлениях. Кроме того, микробы обнаруживаются в толще земной коры на глубинах до 4–5 км, и их распространение вглубь ограничивается только уже повышением температуры с глубиной. То есть микробных экосистем в экстремальных условиях известно довольно много. В изолированных от света микробных экосистемах они пита-



Deinococcus radiodurans — грамположительный, экстремофильный кокк рода *Deinococcus*, один из самых устойчивых к действию ионизирующего излучения

ются при помощи хемосинтеза, используя в качестве пищи углекислый газ, соединения серы, молекулярный водород и т. д. Могут использовать и, например, окислительно-восстановительные реакции между металлами. По минимуму достаточно, чтобы был углекислый газ и водород. Микробы могут получать энергию, синтезируя метан из этих двух исходных веществ, и такой метаногенный метаболизм встречается на самых больших глубинах в земной коре, где еще температуры не превышают сотни градусов. И земные микробы-экстремофилы, в принципе, могли бы жить и в подледных океанах спутников планет-гигантов, таких как Европа и Энцелад. Околонулевые температуры, темнота, высокое давление — всё это им нипочем.

Какие тут неизвестные факторы? Во-первых, мы не знаем, достаточно ли там постоянных высачиваний водорода и углекислого газа из недр этих спутников. Во-вторых, мы не знаем, достаточно ли там переходных металлов, микроэлементов, которые необходимы этим микробам. То есть углекислый газ и водород — это источники энергии, как нам углеводы и жиры, а вот микроэлементы все-таки нужны отдельно, даже микробам. И фосфор нужен. Что с доступностью этих элементов в подледных океанах, мне неизвестно и неизвестно никому, потому что зонды туда еще не проникали под лед. Да?

— Да. Там, судя по всему, подводный вулканизм развит, во всяком случае, на Европе, потому что соседний спутник — Ио — жутко вулканический. От того, что его плющат приливные силы из-за эллиптичности орбиты. Европу тоже плющит, только в меньшей степени...

— На Европе из-за приливного разогрева мы можем ожидать гидротермальной активности и подводных вулканов. Это обнадеживает в плане доступности металлов, но с фосфором не всё так просто. На Земле весь фосфор, который поступает в океаны, оказывается там в результате эрозии суши, в результате разрушения горных пород выше уровня моря. Поэтому и под ледяной корой, и на замерзшей планете-океане, где суши нет, а есть глобальный океан, можно предполагать проблемы с биологической доступностью фосфора. Потому что под водой выветривание горных пород не работает так хорошо, как на суше. Конечно, это только предположения, но их как-то надо проверять космическими зондами или дистанционным исследованием экзопланет. Дефицит фосфора может довольно сильно ограничить продуктивность микробной биосферы...

— Если сначала упадут все, то отбор будет не из кого проводить. Тут смотря, наверное, на ледяные гиганты, и особенно на экзопланетные ледяные гиганты, которые есть еще поменьше Урана и Нептуна и у которых температура с глубиной нарастает не так быстро. И тут можно вспомнить, кстати, о работах Артёма Оганова по моделированию соединений азота и водорода при сверхвысоких давлениях, существующих в центрах ледяных гигантов. В этих условиях азот может образовывать сложные трехмерные структуры, цепочки и кольца подобно углероду. При нашем обычном давлении он это всё не образует, но при высоких давлениях они стабилизируются, и, наверное, какая-то жизнь на азотной основе внутри ледяных гигантов может быть. Правда, у этой жизни будет очень незавидная судьба — она никогда не сможет выйти в космос. При попытке покинуть свою колыбель высокого давления она просто взорвется, превратившись в газообразный азот.

— Ну, в принципе, так сказать, пофантазировать на эту тему можно...

— Пофантазировать можно, но вот вступить в контакт с такой жизнью будет очень сложно, даже если она разумна.

— Есть ли какие-нибудь еще возможные неожиданные варианты для обитания жизни? Они вообще кем-то обсуждались? Вот вам в голову сейчас ничего не придет по этому поводу?

— Странники панспермии давно говорят про микробы, живущие в межзвездной среде, в составе астероидов, метеоритов, пылевых облаков. Но, насколько мне известно, условия в этой среде все-таки слишком жесткие — и по низкой температуре, и по радиации, — чтобы микробы с медленным метаболизмом — а быстро там из-за температуры не будет — могли это пережить. Да, существуют устойчивые к радиации микробы, такие как *Deinococcus radiodurans*, но устойчивость у них обеспечивается только за счет очень быстрого обмена веществ, быстрой репарации ДНК и быстрого роста. В покоящемся состоянии их устойчивость сильно снижается. То есть сочетание радиации и холода в межзвездной среде мне кажется очень неблагоприятным для всех известных микробов. Мне сложно представить себе активно развивающуюся жизнь в межзвездной среде на метеоритах и на пылинках. То есть мертвые, выброшенные с планет следы жизни мы там встретить можем, а вот натолкнуться на жизнь, для которой это родная среда — уже маловероятно...

— Тут можно привести в качестве аргумента какие-то простые организмы, причем животные, например нематоды, которых живьем находят через десятки тысяч лет в мерзлоте. Они как-то репарируют ДНК, а ведь за сто тысяч лет они получают очень приличную дозу радиации.

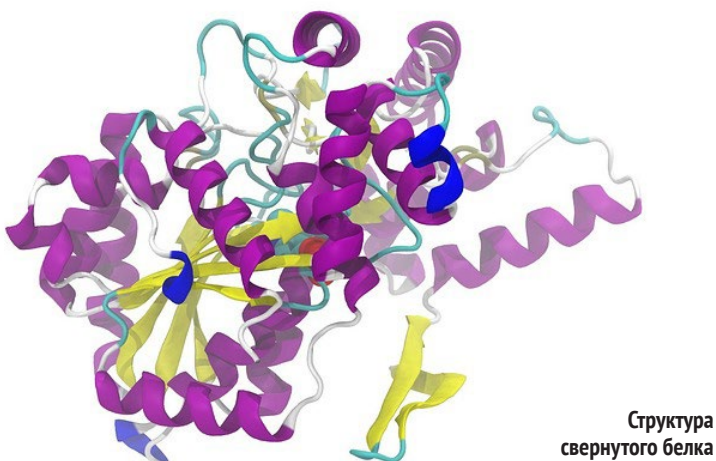
— Они не репарируют ДНК в вечной мерзлоте, но уровень радиации, который они встречают в подобной среде на Земле, значительно ниже, чем в среде межзвездной, за пределами магнитосферы Земли и Солнца.

— Он ниже на два порядка — даже не на два, а чуть меньше, чем на два. Но, наверное, можно себе представить какую-нибудь тварь, которая как-то может к этому приспособиться. Я-то как раз в это не верю, но что тут надо ответить возможному оппоненту?

— Я не готов обещать съесть собственную шляпу, если межзвездные микробы все-таки будут обнаружены, но мне кажется, что это маловероятно, на грани возможного. Такую возможность я немножко допускаю.

— Ну да, мне тоже так кажется, но опять же это спекуляции. На этом давайте закончим. Михаил, большое спасибо вам и всем зрителям, которые дослушали интервью до конца. До свидания!

— До свидания. ♦



Структура свернутого белка

— **Естественный вопрос: вы довольны?**

— Не уверена. Может быть, она нормальный врач, кому-то помогла, а сейчас у нее рухнет вся карьера. Удовольствия от этого я не испытываю. Чувство справедливости — да, наверно, это в какой-то степени справедливо.

— **Каких последствий вы ожидаете от этой публичности для себя? Непонятно, можно ли писать диссертации на заказ совсем на свету.**

— Я согласна, но я сейчас перешла на белую сторону; дело с Коршуновой заставило меня задуматься. Я наивно полагала, что помогаю людям науки, но когда человек приобщил в суд рецензию с несуществующей печатью, я поняла, что вряд ли человек науки так будет делать. Оказалось, я не всегда помогала хорошим людям. Сейчас я направляю людей, которые сами пишут диссертации. В таком контексте это дело даже мне на руку, потому что рано или поздно будет озвучено, что работа Евгении Малинович была сделана качественно — и ей можно доверять. Я использую это как рекламную кампанию.

— **Вы будете подавать апелляцию?**

— Обязательно.

— **У вас в типовом договоре было сказано, что единственным поводом для возврата денег является признание работы некачественной научным руководителем, — и такой отзыв был предъявлен. Откуда он взялся и какова его дальнейшая судьба?**

— На втором заседании была предъявлена рецензия с подписью Сергея Петровича Даренкова. Он профессор, заслуженный врач России, у него много регалий⁵. Мой адвокат обратила внимание на то, что там даже не было даты, и мы начали более подробно рассматривать эту рецензию.

Выяснилось, что у него есть своя клиника, я позвонила туда, поговорила с секретарем, и она мне как на духу говорит: «Да, Евгения, мы знаем, мы тут вообще все в шоке. Приходила эта Коршунова, плакала, умоляла Даренкова написать рецензию, он долго не хотел, но в итоге она ее просто вымолила у него со слезами». Я предположила, что рецензию он не писал и что Коршунова ее подделала. Позвонила ему и задала прямой вопрос: «Вы писали рецензию?» — «Да». — «А вы в курсе, что на этой рецензии стоит печать, которая не существует с 2015 года?»

— **Печать какого учреждения?**

— «Центральной государственной медицинской академии» Управления делами Президента Российской Федерации⁶.

— **Как вы узнали, что такой печати не существует?**

— Рецензия была на бланке этой академии. Я позвонила, и там точно такой же секретарь говорит: «Евгения, мы тоже в курсе». Я всё еще раз рассказала и попросила назначить встречу с ректором. Встречу назначили, я взяла все документы, приезжаю, а ректор не в курсе, кто такая Коршунова. Он меня отправил дальше, к кому-то вроде завуча.

— **Проректор по учебной работе?**

— Да, скорее всего, так. Я пришла к ней, и она при мне начинает звонить, узнавать. Выяснилось, что Коршунова была оформлена на четверть ставки. Тут удачно заходит юрист, и проректор спрашивает: «Кто такая Коршунова, что это вообще за документ?» Юрист смотрит и говорит: «А что это за печать?» Оказывается, академию переименовывали, а на печати аббревиатура старого названия.

⁵ даренков.пф

⁶ cgma.su/about/rukovodstvo/



Помощь в подготовке диссертаций: путь из тени в свет?

Под сотню кандидатских за 17 лет по умеренной цене



Евгения Малинович

В ноябре прошлого года научно-медицинский мир удивился иску, который кандидат медицинских наук Екатерина Сергеевна Коршунова подала к Евгении Викторовне Малинович, которая якобы взялась написать для Коршуновой докторскую диссертацию, но сделала это некачественно, чем нарушила закон «О защите прав потребителей». Савеловский районный суд Москвы иски удовлетворил частично¹, присудив истице 374 тыс. руб.² Обе стороны процесса остались неудовлетворены результатом³ и подали апелляции. С другой стороны, процесс и последовавшая публичность⁴ привели к тому, что доктор Коршунова была последовательно уволена из «Центральной государственной медицинской академии» Управления делами Президента Российской Федерации (ФГБУ ДПО «ЦГМА»), Научного центра неврологии Минобрнауки и клиники «Медси».

Михаил Гельфанд поговорил с Евгенией Малинович о судебном процессе и о формальных и моральных особенностях ее ремесла.



Михаил Гельфанд

¹ mos-gorsud.ru/rs/savyolovskij/services/cases/civil/details/3f86f740-da97-11ed-8f11-ffc8c544893

² 137,5 тыс. руб. возврата аванса по договору, 137,5 тыс. руб. пени, 10 тыс. руб. возмещения морального ущерба, 80 тыс. руб. штрафа, возмещение издержек.

³ В частности, истица исходно просила 137,5 тыс. руб. возврата аванса; 350 тыс. руб. возмещения убытков; 583 тыс. руб. пени; 100 тыс. руб. возмещения морального ущерба; а также штраф в размере 50% от общей суммы.

⁴ Павел Котляр. «Спрос выше, халтуры больше». Как уролог из «МЕДСИ» заказала докторскую диссертацию и засудила исполнителя. RTVI, 20.11.2023. rtvi.com/news/spros-vyshe-haltury-bolshe-kak-moskovskij-urolog-zakazala-doktorskuyu-dissertacziyu-i-zasudila-ispolnitelnyu;

Алсу Менибаева, Павел Котляр. Уролог Коршунова после суда из-за своей докторской: «Теперь коллеги считают меня героем». RTVI, 20.11.2023. rtvi.com/news/urolog-korshunova-posle-suda-iz-za-svoej-doktorskoj-teper-kollegi-schitayut-menya-geroem

— **Я не понимаю: если Даренков сам писал этот отзыв, то как на нем появилась старая печать?**

— Я у него спросила. Он говорит: «Да, это секретарь штампанула, мы открытки этой печатью штампруем». То есть печать, которая уже не действует, но есть у секретаря Даренкова в клинике — не в академии. И ректор, и завуч не знают о существовании этой печати.

— **Получается, отзыв Даренкова, бланк академии, печать академии, но старая.**

— Даренков сказал, что эту рецензию писал он. Когда ее читаешь, появляется ощущение, что это со-

чинение, написанное пятиклассником. О работе по урологии написано, что она не соответствует нормам русского языка и что-то там еще, что не относится к теме.

— **На суде подробно обсуждалось, был ли он вообще научным руководителем. Адвокат истицы утверждала, что это был не отзыв научного руководителя, а просто отзыв специалиста.**

— В индивидуальном плане, который мне отправила Екатерина Сергеевна перед началом работы, были прописаны все научные консультанты, в том числе Даренков, но там не было подписей, только этапы ра-

боты и даты. Мой адвокат сделала запрос в академию о том, какая все-таки тема утверждалась у Коршуновой, потому что заказ был сделан на тему «болезнь Паркинсона», а с меня она требовала «паркинсонизм» — это совершенно разные вещи⁷. Мы хотели подтвердить тему, а они нам прислали документ, что ни тема, ни научный консультант не утверждались, и вообще они ее уволили, и она теперь к академии никак не причастна.

⁷ Паркинсонизм — симптом, который встречается как при болезни Паркинсона, так и при других заболеваниях.

— **Значит, первоначальная тема была «болезнь Паркинсона», а потом она изменилась на «паркинсонизм». Она до вас это не донесла или она вам сообщила, а вы не заметили?**

— Я приложила все нотариально заверенные переписки, где ни слова не упоминается о перемене темы. Впервые я услышала, что тема «паркинсонизм», когда она озвучила свои замечания по черновому варианту.

Когда мы говорили в суде, что тема и рецензия другие, мы подали ходатайство о том, чтобы истребовать оригинал рецензии, потому что по копии сразу было видно, что там листы будто наложены друг на друга.

— **Оригинала рецензии в деле нет?**

— Нет.

— **Как такое может быть? Куда он делся?**

— Написано, что судьей были обозреаны оригинал рецензии и копия.

— **Оригинал остался на руках, а теперь его не показывают, так?**

— Да, тогда мы поняли, что с рецензией что-то не так. Нас судья неоднократно вывела на мировое; во втором или третьем заседании она объявила: мол, выйдите в коридор и попробуйте мирно договориться. Мы вышли, я предложила посмотреть эту рецензию и — очень наивно — начала объяснять представительнице истца: «Вот документ о переименовании академии; такая печать была в 2015-м, а сейчас она другая; у вас в шапке написано нынешнее название, а в печати оно старое». Когда она поняла, то — я вам клянусь — буквально вырвала у меня из рук эту рецензию и говорит: «Это цветная копия». А в зале суда, значит, это был оригинал. И всё — эту рецензию мы больше не видели, сколько ни напоминали, ни просили, ни ходатайствовали. Судья этот вопрос как-то замыла.

— **Вы говорили, что руководитель сам хотел что-то заказать.**

— (Смеется.) Вообще комичная история — я была в шоке. Когда я ему позвонила, он сказал: «Евгения, как хорошо, что вы мне позвонили. Я хотел с вами познакомиться, потому что мне нужно написать монографию. Два моих помощника с этим не справляются, а вашу работу я читал, и она мне понравилась». В этот момент я поняла, что он все-таки читал эту мою первую главу, и она ему понравилась настолько, что он хочет, чтобы я для него написала монографию, — но для своей коллеги он пишет отрицательный отзыв, чтобы она его предоставила в суд. Он попросил позвонить ему в октябре: у него были аспиранты, которым тоже нужна была помощь. Я полагаю, что план был такой: он научный руководитель у аспирантов и будет направлять этих аспирантов ко мне для помощи и с этого иметь откат.

— **Это уже недоказуемое предположение. Так вы ему позвонили?**

— Конечно, нет. Даренков мне сначала очень понравился: такой приятный мужчина, вроде разговорчивый... Сказал, что договорится, и Коршунова иск заберет. Я с самого начала хотела, чтобы она забрала иск и мы просто распрощались — никто никому ничего не должен. Он уверил (даже потом перезвонил): «Всё, Коршунова заберет свой иск, я договорился, я еще позвонил ее мужу-урологу» (из кандидатской мужа Коршунова тоже немного заимствовала в свою кандидатскую — я проанализировала ее работу). Но Коршунова не забрала иск. Поэтому у меня есть вопросы к Даренкову, но звонить я ему больше не хочу.

— **Глава, которую вы написали (не важно, про «паркинсонизм» или «болезнь Паркинсона»), —**

►



АСТРОНОВОСТИ

Алексей Кудря

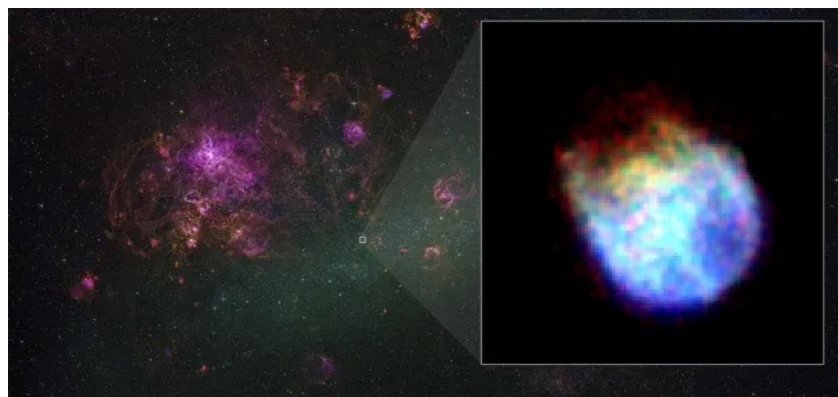
Азиатские рентгеновские обсерватории начинают свою работу

Китай в сотрудничестве с ESA запустил «Зонд Эйнштейна» (Einstein Probe, 爱因斯坦探针) – рентгеновскую обсерваторию нового поколения для исследований в области астрофизики высоких энергий – прежде всего для наблюдений за такими космическими событиями, как столкновения нейтронных звезд, образования и слияния черных дыр и прочими примечательными событиями в «мягком» рентгеновском диапазоне электромагнитного спектра (с энергиями меньше 10 кэВ). Масса новой космической обсерватории – 1,45 тонны, ее орбита – 600 км. Полный обзор неба будет завершаться за каждые пять часов.

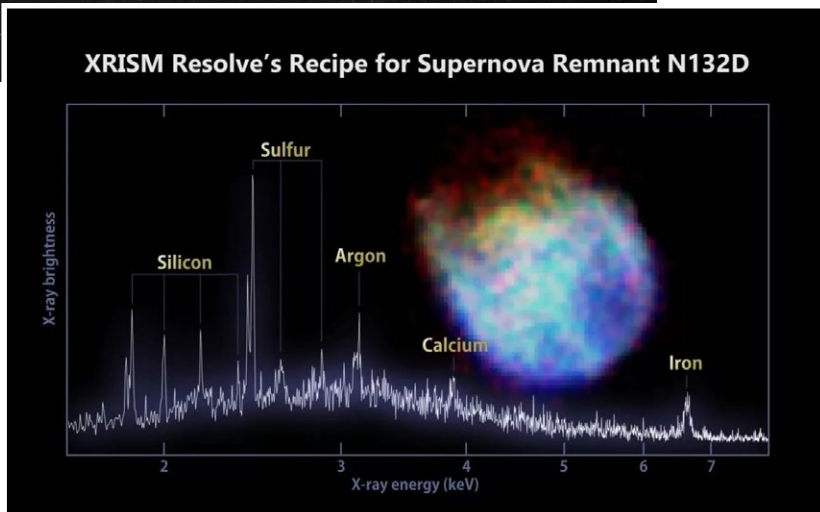
«Зонд Эйнштейна» – это даже не один, а два телескопа, работающих в связке. Прежде всего это широкоугольный телескоп WXT (Wide-field X-ray Telescope) Шанхайского института технической физики, использующий технологию Micro Pore Optics, имитирующую работу глаза омара. Он обладает широчайшим полем зрения в 3600 квадратных градусов. Второй, следящий телескоп Пекинского института физики высоких энергий – с более узким полем, но и с более высоким разрешением – FXT (Follow-up X-ray Telescope). Он составлен из двух идентичных блоков с зеркальными модулями, в каждом из которых 54 «раковин» – зеркала Вольтера с золотым покрытием, наподобие тех, что у германской eROSITA, установленной на российской обсерватории «Спектр-РГ». FXT работает в диапазоне энергий от 0,5 до 8,0 кэВ и будет более детально изучать то, что обнаружит WXT.

Проектом руководят китайские исследователи при участии ESA и Института внеземной физики Общества Макса Планка в Германии.

1. scmp.com/news/china/science/article/3247782/einstein-probe-china-launches-powerful-space-x-ray-observatory-understand-flashes-night-sky



Остаток сверхновой N132D в центральной части Большого Магелланова Облака



Данные спектрографии сверхновой N132D в Большом Магеллановом Облаке. В спектре отмечены пики, связанные с кремнием, серой, аргоном, кальцием и железом

А пока «Зонд Эйнштейна» только готовится выдать первые изображения, японское агентство JAXA и американское NASA уже демонстрируют первые данные космического рентгеновского телескопа XRISM, запущенного в сентябре 2023 года. XRISM (X線分光撮像衛星, X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission – миссия рентгеновской визуализации и спектроскопии) получил первые тестовые снимки одного из остатков сверхновой N132D и скопления галактик Abell 2319.

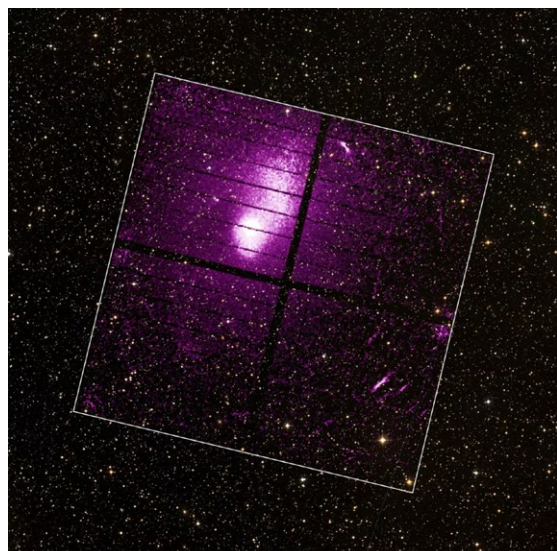
Полезная нагрузка XRISM также состоит из двух инструментов. Это микрокалориметрический спектрометр Resolve мягкого рентгеновского излучения, обеспечивающий энергетическое разрешение 5–7 эВ в полосе пропускания 0,3–12 кэВ с полем зрения около 3', и камера Xtend, позволяющая получать изображения в «мягком» рентгеновском диапазоне с помощью ПЗС-матрицы с полем зрения 38' в диапазоне энергий 0,4–13 кэВ.

На одном из тестовых снимков прибор XRISM Resolve нацелился на N132D – это один из самых ярких источников рентгеновского излучения в Большом Магеллановом Облаке, галактике-спутнике Млечного Пути, расположенной примерно в 160 тыс. световых лет от Земли. В спектре обнаружены кремний, сера, кальций, аргон и железо в остатках сверхновой.

На другом тестовом снимке камера XRISM Xtend получила рентгеновское изображение Abell 2319, пятого по яркости скопления галактик на небе, расположенного примерно в 770 млн световых лет от нас. Поперечник Abell 2319 оценивается в 3 млн световых лет, что позволяет продемонстрировать исключительно широкое поле зрения Xtend.

2. global.jaxa.jp/press/2024/01/20240105-1_e.html

Изображение в рентгеновских лучах скопления галактик Abell 2319



«Зонд Эйнштейна». China News Service

Полярные сияния коричневого карлика W1935

Согласно современным представлениям, коричневые, или бурые карлики – это объекты небольшой звездной массы (0,013–0,08 M_{\odot}), в ядрах которых не могут длительно протекать самоподдерживающиеся термоядерные реакции «горения» обычного водорода из-за малой температуры (ввиду недостаточной массы объекта). Поверхностная температура варьирует в диапазоне от 300 до 3000 К. Их светимость – порядка 10^{-4} – $10^{-5} L_{\odot}$, причем большая часть излучения приходится на инфракрасную часть спектра. Ядро состоит из водорода, гравитационное равновесие поддерживается вырожденным электронным газом, давление которого не позволяет такой «незвезде» коллапсировать. Коричневые карлики излучают энергию за счет термоядерного горения дейтерия и медленного сжатия ядра.

Коричневый карлик W1935 [3], удаленный от нас на 47 световых лет, – именно такой объект.

Группа астрономов занималась изучением 12 коричневых карликов при помощи космического телескопа «Джеймс Уэбб» (JWST). Ученые ожидали обнаружить в атмосфере следы метана, который очень часто встречается у коричневых карликов. На длинах волн менее 4 мкм молекула метана поглощает большую часть света, что является характерным признаком присутствия метана. Но в данных W1935 команда не увидела поглощения – они увидели эмиссию. Что-то заставляет метан светиться. И астрономы предположили, что наблюдают полярное сияние в атмосфере коричневого карлика.

По опыту наблюдений за планетами-гигантами нашей Солнечной системы известно, что полярные сияния на их полюсах возникают из-за взаимодействия мощных магнитных полей с солнечным ветром при участии выброса вещества некоторыми из их активных спутников: вулканическим Ио у Юпитера и гейзерами Энцелада у Сатурна. Однако W1935 – довольно тусклый и далекий объект, и геологически активного спутника обнаружить у него не удалось, как и присутствия звезды-компаньона. Альтернативная версия не менее интересна. Возможно, W1935 сталкивается с облаками плазмы в межзвездном пространстве, оставляемыми каким-то формирующимся объектом. В этом случае будущие наблюдения JWST могут показать, что полярные сияния на W1935 сходят на нет по мере рассеивания источника частиц. Версия с нагревом атмосферы собственным теплом коричневого карлика весьма сомнительна, поскольку он весьма «холоден» – около 470 К. Ранее обнаруженный коричневый карлик с признаками полярного сияния был намного горячее.

Команда, занимающаяся изучением W1935, намерена запросить время для дополнительных наблюдений на JWST за коричневым карликом. Возможно, будущие данные помогут выявить причину полярных сияний в атмосферах подобных «незвезд».

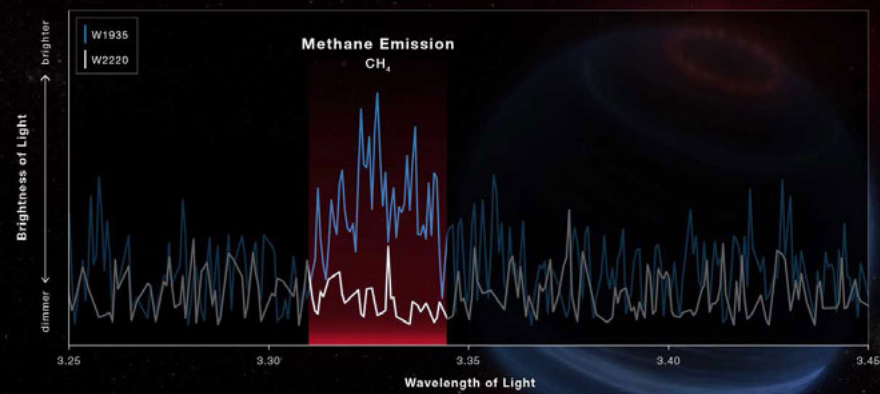
3. webbtelescope.org/contents/news-releases/2024/news-2024-103



Наблюдаемая эмиссия в излучении W1935 и его отличие от собрата по составу, яркости и температуре. NASA, ESA, CSA и Л. Хастак (STScI)

BROWN DWARFS W1935 AND W2220 ATMOSPHERIC METHANE

NIRSpec | Slit Spectroscopy



WEBB
SPACE TELESCOPE

Объяснение фотометрического минимума RW Цефея

Получены подробные изображения удаленной от Земли на 16 тыс. световых лет массивной звезды RW Цефея. Наблюдения и исследования, проведенные группой ученых, позволяют предположить, что произошел гигантский выброс с ее поверхности и в результате образовалось газовое облако, блокирующее большую часть звездного света. Соответствующая статья опубликована в *Astronomical Journal* [4].

RW Цефея (RW Serpe) — одна из крупнейших звезд, красный гипергигант, расположена в созвездии Цефея и имеет звездную величину +6,25. В списке самых крупных звезд она занимает четвертое место — после NML Лебедя, УY Щита и Stephenson 2-18 (Стивенсон 2-18), ее радиус в 1535 раз превышает солнечный. Если поместить RW Цефея на место Солнца, то ее фотосфера окажется между орбитами Юпитера и Сатурна. Светимость звезды примерно в 625 тыс. раз больше солнечной, температура поверхности составляет 4000 К.

Астрономы Вольфганг Фольманн и Костантино Сигизмонди объявили в 2022 году, что RW Цефея резко потускнела по сравнению с предыдущими годами. К декабрю 2022 года RW Цефея утратила примерно до трети своей нормальной яркости. Ученые вознамерились выяснить, что стало причиной столь сильного затемнения.

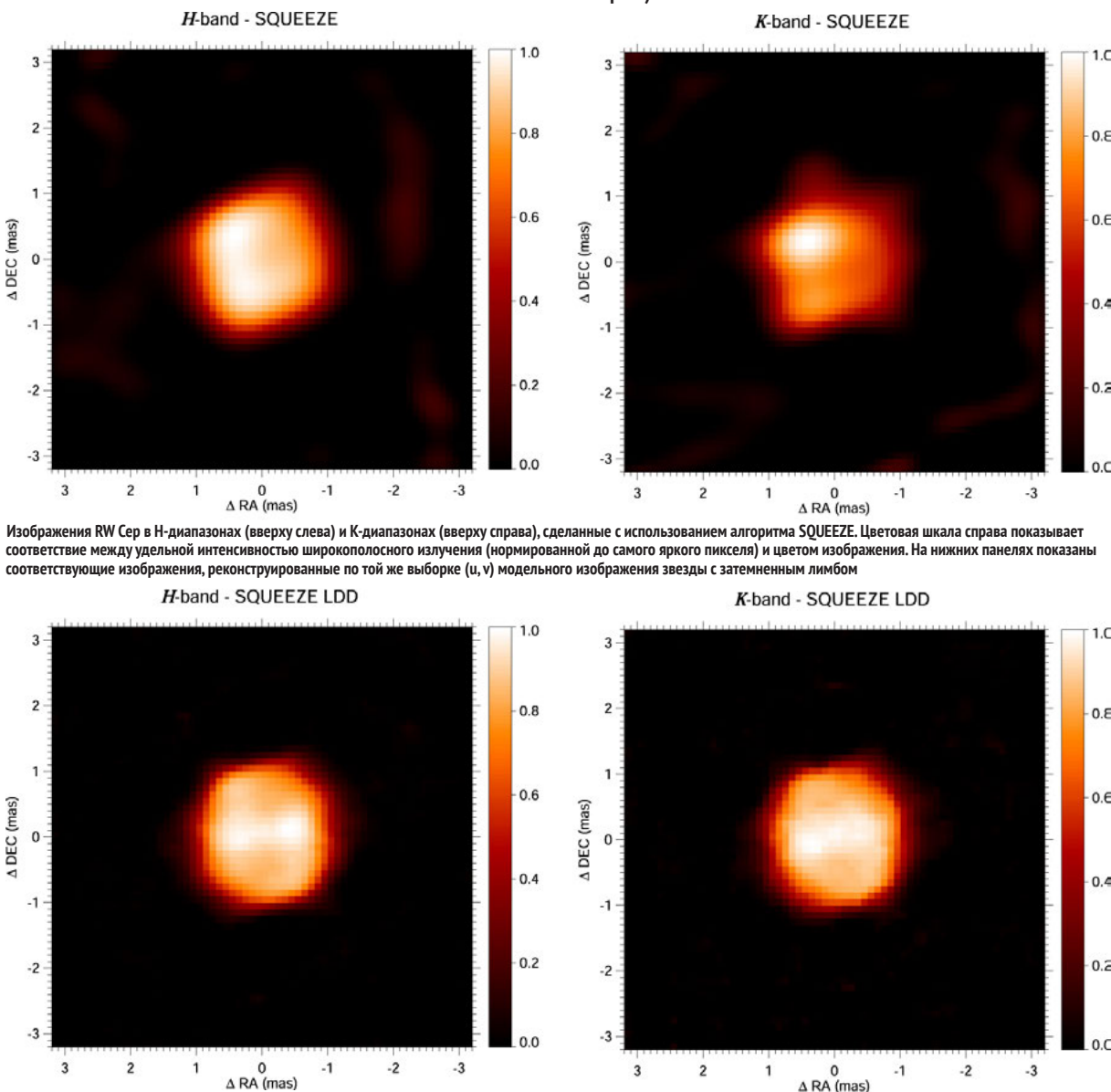
Несмотря на свои огромные размеры, RW Цефея находится так далеко от нас, что и в телескопе выглядит как точечный объект. Чтобы разрешить поверхность звезды, потребовались возможности массива телескопов CHARA. CHARA — это установка из шести телескопов обсерватории Маунт-Вилсон в Калифорнии. Телескопы расположены по всей вершине горы, чтобы работать вместе как один огромный телескоп и разглядывать мелкие детали на очень крошечных небесных объектах.

Полученные результаты удивили исследователей. Прежде всего формой поверхности звезды — вместо ожидаемой окружности наблюдателям предстал диск крайне неровной формы.

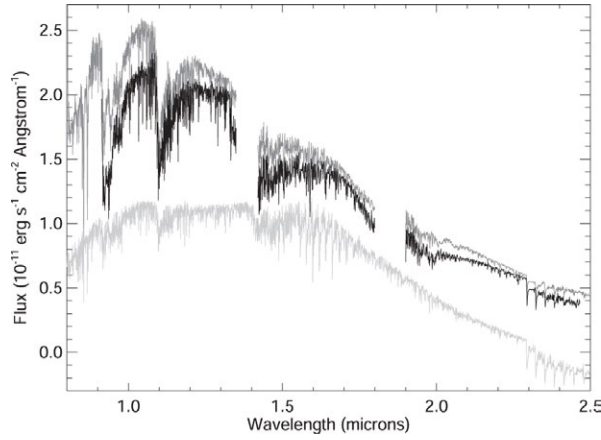
Однако для получения изображения с полной детализацией потребовались специализированные компьютерные программы, созданные доцентом астрономии Университета штата Джорджия Фабьеном Бароном.

Внешний вид звезды значительно менялся за десяти-месячный период наблюдений, который совпал с переходом от ее самого тусклого состояния к медленному восстановлению прежней яркости.

Последняя часть головоломки была получена в результате дополнительных наблюдений RW Цефея, которые были выполнены аспиранткой Университета штата Джорджия Кэтрин Шепард в обсерватории Апачи-Пойнт в Нью-Мексико. Шепард использовала специальную камеру для мониторинга света от звезды. Полученные данные показали, что затухание выглядело заметно драматичнее в видимом свете по сравнению с инфракрасным. Это явный признак того, что звездный свет был скрыт пылевыми облаками, закрывавшими нам обзор.



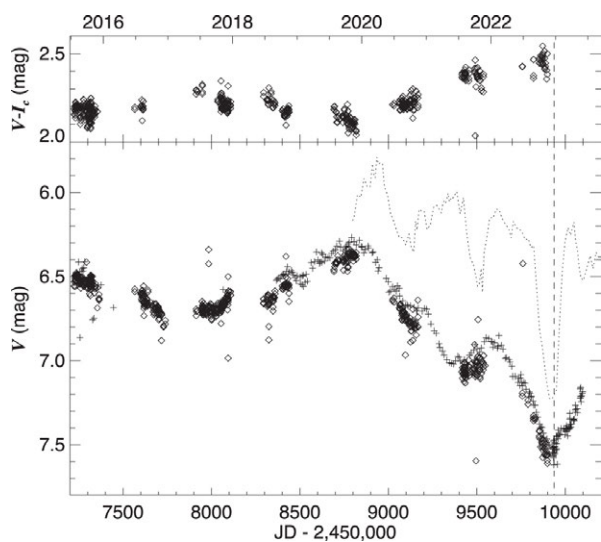
Изображения RW Сер в H-диапазонах (вверху слева) и K-диапазонах (вверху справа), сделанные с использованием алгоритма SQUEEZE. Цветовая шкала справа показывает соответствие между удельной интенсивностью широкополосного излучения (нормированной до самого яркого пикселя) и цветом изображения. На нижних панелях показаны соответствующие изображения, реконструированные по той же выборке (u, v) модельного изображения звезды с затемненным лимбом



Кривая блеска в V-диапазоне (нижняя панель) и цветовой индекс V-Ic (верхняя панель) RW Сер за последние семь лет. На нижней панели показана кривая блеска в V-диапазоне из архива AAVSO

Наблюдения показывают, что RW Цефея пережила мощное извержение, в результате которого образовалось огромное облако газа. Когда облако удалялось, оно охладилось и образовало скопления пылевых частиц, которые блокировали большую часть звездного света. Теперь, когда облако рассеивается, мы снова начинаем видеть звезду и ее беспокойное окружение.

4. iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/ace59d/meta



Ближний инфракрасный спектр RW Сер, полученный во время события затемнения (от APO; показан черным цветом), сравнивается с архивным спектром, связанным с нормальной яркостью (из спектральной библиотеки IRTF; показан темно-серым)



Сверхновая SN 2022jli в галактике NGC 157 на снимке Симоне Больцони, полученном при помощи обсерватории Берк-Гаффни (Галифакс, Канада)

Наблюдения за образованием компактного объекта в NGC 157

Когда существование массивных звезд подходит к концу, они коллапсируют под действием собственной гравитации так быстро, что происходит мощный взрыв, выглядящий как сверхновая. После взрыва от звезды остается сверхплотное ядро, или компактный остаток. В зависимости от того, насколько массивна звезда, компактным остатком будет либо нейтронная звезда, либо черная дыра.

В науке уже накоплена масса фактов, демонстрирующих реалистичность подобных сценариев окончания жизни массивных звезд — астрономы видят остатки вспышек сверхновых и наблюдают нейтронные звезды в них, как, например, в известной Крабовидной туманности (пульсар PSR B0531+21). Но они никогда раньше не видели, чтобы этот процесс происходил в реальном времени, а это значит, что прямых доказательств того, что сверхновая оставляет после себя компактный остаток, не было.

Случай предоставился исследователям в мае 2022 года, когда южноафриканский астроном-любитель Берто Монард обнаружил сверхновую SN 2022jli в спиральном рукаве соседней галактики NGC 157 [5], расположенной в 75 млн световых лет от нас. Две группы астрономов с помощью Очень Большого Телескопа Европейской южной обсерватории (VLT) и Телескопа Новой Технологии ESO (NTT) смогли наблюдать последствия взрыва сверхновой в соседней галактике, обнаружив свидетельства существования компактного объекта, который она оставила после себя.

После взрыва яркость большинства сверхновых со временем просто угасает; астрономы видят плавное, постепенное снижение «кривой блеска» взрыва. Но поведение SN 2022jli очень своеобразно: по мере того, как общая яркость уменьшается, это происходит не так плавно, а колеблется вверх-вниз каждые 12,4 суток. «В данных SN 2022jli мы видим повторяющуюся последовательность прояснений и затуханий», — говорит Томас Мур, который руководил исследованием сверхновой, обнародованном в конце прошлого года в *Astrophysical Journal*. «Это первый случай, когда на кривой блеска сверхновой были обнаружены повторяющиеся периодические колебания на протяжении многих циклов», — отметил Мур в своей статье [6].

Обе команды считают, что в системе SN 2022jli подобное событие можно объяснить существованием пары звезд [7]. На самом деле нет ничего необычного в том, что массивные звезды находятся на орбите со звездой-компаньоном в так называемой двойной системе, и звезда, вызвавшая событие SN 2022jli, не была исключением. Что примечательно в этой системе, так это то, что звезда-компаньон, по-видимому, пережила гибель своего партнера, а два объекта (компактный остаток и компаньон), вероятно, продолжали вращаться друг вокруг друга.

Сопоставляя все эти улики, обе группы исследователей согласились с тем, что при взаимодействии с веществом, выброшенным во время взрыва сверхновой, богатая водородом атмосфера звезды-компаньона стала более плотной, чем обычно. Затем компактный объект, оставшийся после взрыва, захватил газообразный водород из атмосферы звезды-компаньона, образовав вокруг себя аккреционный диск. И именно аккреция высвободила так много энергии, которая и была зафиксирована как регулярные изменения яркости при наблюдениях.

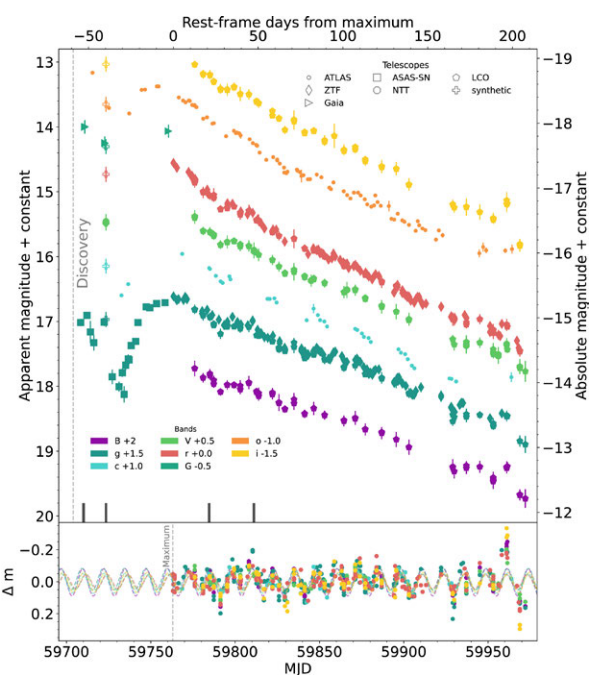
Подобный аккреционный диск может существовать только вокруг нейтронной звезды или, возможно, черной дыры, вытягивающей вещество из плотной атмосферы звезды-компаньона. Значит, образование и присутствие компактного объекта подтверждено, и будущим исследователям остается лишь прояснить его природу, а также эволюцию этой двойной системы в целом.

5. arxiv.org/abs/2310.07784

6. iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/acfc25

7. nature.com/articles/s41586-023-06787-x

Кривые блеска SN 2022jli, скорректированные с учетом затухания, включая фотометрические ошибки. Черные линии внизу графика указывают на спектроскопические наблюдения



► сливает воедино образы грома и молнии. По-русски в старину говорили *убило громом*, хотя гром сам по себе, конечно, никого не убивает: причиной смерти бывает молния. В македонском просторечии у слова *гром* и поныне сохраняется значение «молния». А значит, *гром сињи* — сербский аналог «синих молний» из «Слова о полку Игореве». Когда могла сложиться строчка о пушке? Очевидно, не раньше, чем в обиход вошло огнестрельное оружие (и, следовательно, она гораздо моложе образа *синего моря*), но при этом раньше формулы *сиња кукавица*, ведь молнии серыми не бывают. Так анализ употребления единственного слова раскрывает неоднородную природу эпоса и может помочь понять, как и когда складывались эпические песни.

Разобравшись наконец с праславянским значением слова **sĩnъ*, вернемся к цитате, приведенной Потенбней: *а к утру то тело как котел посинело*. В песне речь идет о битье плеткой. В принципе, об избитом человеке можно сказать и *посинел*, и *почернел*. Но русский язык, когда речь идет о человеческом теле, «предпочитает» глагол *посинеть*. Об этом говорят данные Национального корпуса русского языка (НКРЯ). Всего в текстах 1800–2023 годов нашлось 1235 примеров употребления глагола *посинеть*, при этом 85% из них относятся к человеческому телу и его частям и лишь 15% — к другим объектам (включая животных и инопланетян). Напротив, примеров на *почернеть* целых 2478, из которых лишь 30% относятся к человеку и частям его тела (исключая одежду и кости). Из этих 30% следует к тому же вычлечь многочисленные случаи, когда «чернеют» от загара, грязи или копоти. Получается, что некая доля синонимичности между *посинеть* и *почернеть* всё же есть, но довольно слабая (см. диаграммы слева).

Мы снова видим, что поэтический текст использует слова не как попало: вне зависимости от того, создается ли он ученым книжником или анонимным народным сказителем, он опирается на тонкие, порой неувольные без специального анализа законы языка. Потенбню, вероятно, смутило сравнение «посиневшего» тела с котлом. Однако это сравнение употребил и Н.С. Лесков в «Очарованном страннике», в знаменитой сцене поединка на плетках:

Вон она от этого, спина-то, у Бахшея вся и вздулась и как котел посинела...

Лесков в привычное своей манере — устами косноязычного героя — не просто «вбрасывает» отсылку к народной песне, но и проясняет ее с помощью слова *вздулась*. Вспомним, что в былинах «голова как пивной котел» означает «огромная». Конечно, котел при желании можно увидеть и синим — в зависимости от того, из чего он сделан. Потенбня, вероятно, думал о черном чугуне, однако во второй половине XX века как минимум два писателя, В.П. Катаев и В.В. Личутин, употребили эпитет *чугунно-синий*. Железо увидел синим М.А. Шолохов в четвертой книге «Тихого Дона»:

По месяцу вся синяя, как железо, ходила, а ить выжила же, и детей воскормила, и из дому ни разу не счиналась уходить.

Котел мог быть и медным, как, например, перегретый самовар из автобиографической повести М. Горького «В людях»:

Я еще в комнатах услышал, что самовар гудит неестественно гневно, а войдя в кухню, с ужасом увидел, что он весь посинел и трясётся, точно хочет подпрыгнуть с пола. Отпавшая втулка крана уныло опустилась, крышка съехала набекрень, из-под ручек стекали капли олова, — лиловато-синий самовар казался вдребезги пьяным. Я облил его водою, он зашипел и печально развалился на полу.

Дело в том, что металлы при нагреве до сотен градусов образуют так называемые цвета побежалости — тоненькие оксидные пленки, по-разному преломляющие свет. При определенной температуре любой обиходный металл может стать синим. (Мне не удалось найти температурной таблицы цветов побежалости для меди, но судя по тому, что самовар распаялся и олово потекло, он успел нагреться выше 232 °С.)

Выходит, забытый на открытом огне котел вполне может посинеть. Однако куда существеннее то, что к человеческому телу в русском языке применяется именно глагол *посинеть*. «Как котел посинело» из народной песни — явная контаминация из «посинело» и вспухло как котел». Что, впрочем, никак не противоречит свойствам котлов.

Такова природа поэтического образа — он отличается одновременно емкостью и точностью. ♦

Интерактивность научного музея и музея головоломок: сходства и различия

Александр Поддьяков, докт. психол. наук

Интерактивные научные музеи переживают расцвет. «Сегодня по всему миру работают научные музеи нового поколения — музеи, где нет привычных для нас с детства барьеров, разделяющих посетителей и экспонаты, и строгой фразы „Руками не трогать!“: В этих музеях демонстрируются на практике основные законы и теоремы физики, механики, геометрии, некоторые занятые факты по биологии и т. д. Главное кредо подобных музеев — с экспонатами можно и нужно взаимодействовать, играть»¹.

На сайте московского музея занимательных наук «Экспериментаниум»² про всё это написано так: «Место, созданное для наглядного изучения сложных законов науки», «В музее занимательных наук познавать сложное просто!», «Исследовать, собирать, дергать, прыгать и даже кричать — в „Экспериментаниуме“ не только можно, но и нужно!»



Александр Поддьяков

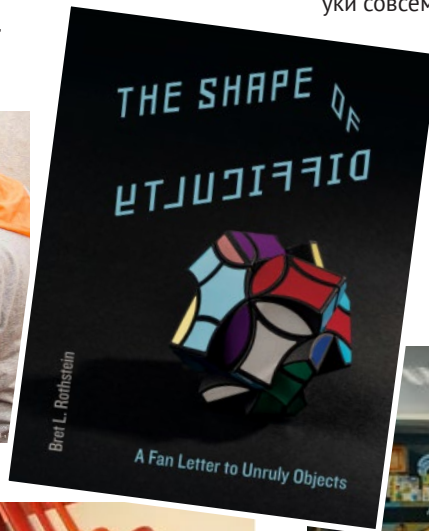


Музей занимательных наук Эйнштейна (Саратов). culture.ru/institutes/19985/

«После знакомства с музеем у многих ребят может возникнуть интерес к естественным и точным дисциплинам».



Там же. Фото Alexander Tsalko



Интерактивный музей науки «Ньютон-парк» (Красноярск). culture.ru/institutes/12306/

Важнейшую роль в успехе интерактивного музея играет не только то, что его создатели владеют научными знаниями. Принципиально важно и их искусство представить научное и сложное наглядно-простым, доступным для исследования в ходе ручных манипуляций или движений тела (например, при вставании на подвижный диск на полу).

Что общего и чем отличается от интерактивного научного музея интерактивный же музей головоломок?

Часть целей у них общая. И там, и там экспонируемые объекты — «инструмент формирования у детей здорового мировоззрения»³

Некоторые музеи головоломок и объекты в них создавались учеными или популяризаторами науки. Крупнейший и старейший в Греции музей головоломок на острове Мейсти (или Мегиста) основан математи-

ком Пантацисом Хулисом и представляет в том числе его собственные изобретения⁴. В Бостонском музее науки, который сотрудничает с научными исследовательскими группами и организациями, способствуя STEM-обучению «за пределами школьного класса», работает группа психологов из Массачусетского технологического института⁵. Они разрабатывают нечто вроде головоломок для детей. Наблюдение за тем, как дети их обследуют, способствует пониманию закономерностей познавательного развития.

Некоторые популяризаторы науки являются и популяризаторами головоломок. «Экспериментаниум» основан на идеях Я.И. Перельмана, автора «Занимательной физики», «Занимательной геометрии» и других научно-популярных книг, переиздаваемых до сих пор, в том числе книг «101 головоломка», «Головоломки и задачи».

Как и интерактивные экспонаты в музее науки, многие головоломки тоже можно использовать для демонстрации физических законов, например законов механики. Еще одна область пересечения: в интерактивных музеях науки нередко есть отдел или магазинчик головоломок, а в музее головоломок на полках могут стоять научно-популярные периодические издания и книги.

И вот еще одно важное сходство: и интерактивный экспонат музея науки, и головоломку надо *понять*; и там, и там требуются интеллектуальные усилия.

Но здесь же содержится и основное отличие: понимание головоломки намеренно затруднено ее создателем. В этом, собственно, смысл головоломки — завлечь собой и поставить в тупик, заставить поломать голову над искусно скрытым секретом.

Соответственно, если для интерактивного научного музея важно искусство его создателей представить сложное наглядно-простым и доступным для исследования, то в создании головоломок важно искусство провокации неправильного понимания, ложных гипотез и неэффективных поначалу действий, искусство дезориентации.

Б.Л. Ротштейн, автор книги о механических головоломках и термина «энигматология» (искусство создания головоломок), пишет: «Эти объекты, будучи специально созданы для провокации неправильного понимания, требуют пересмотра наших подходов к пониманию — не только этих объектов как таковых, но в придачу и самих себя, пытающихся понять их»⁶. Одна из их психологических функций — стимулировать процессы понимания — но не столько физики, сколько себя и своих возможностей.

Таким образом, можно сказать, что интерактивный музей головоломок — это среда специально созданных дезориентирующих объектов (и в этом их прелесть для любителей). Смысл интерактивного музея науки совсем не в намеренной дезориентации (даже при наличии в нем

отдела головоломок и отдела оптических иллюзий, каковые там доступно объясняются на табличке рядом с экспонатом).

Демонстратор головоломки в музее отворачивается, чтобы вы не видели, как он собирает обратно, в исходную целостность навороченное вами, — или же делает это на ваших глазах, но так быстро, что секрета не понять. Сотрудник научного музея, наоборот, покажет и объяснит, что и куда девать в разваленном вами экспонате (экспонату в интерактивном музее это не страшно, «можно дергать и прыгать»).



Фото со встречи изобретателей головоломок в московском Музее-студии головоломок (2019). vk.com/puzzlemuseum?w=wall-107766308_186

Вернемся к сходствам.

«Возможно, мы никогда не бываем более старающимися понять что-то, чем когда мы пытаемся справиться с объектом, который отказывается соответствовать нашим ожиданиям», — пишет Б.Л. Ротштейн о головоломках. Это относится и к парадоксально ведущим себя экспонатам в интерактивном научном музее — и в этом одно из их назначений.

В общем, идите в театры — научные интерактивные театры и театры головоломок, поживите в них хотя бы часок. Но — в отличие от традиционного театра и вопреки Белинскому — умирать там ни к чему — разве что в метафорическом смысле, от любопытства.

Поддьяков А.Н. Проблемные ситуации как источник развития творческого потенциала человека // Образовательная политика. 2023. № 3. С. 44–59. edpolicy.ranepa.ru/11/2023/ОП-03-2023/2023_3_4.pdf

Rothstein B.L. The shape of difficulty: a fan letter to unruly objects. University Park, PA: Penn State University Press, 2019.

Rothstein B.L. Visual difficulty as a cultural system // RES: Anthropology and Aesthetics. 2014. 65/66, 332–347. academia.edu/13562267/

⁴ kastellorizofestival.com/en/puzzle-museum/
Описание одной из его головоломок дано здесь: Епифанов Е. Меандры // Квант. 2017. № 1.

⁵ mos.org/living-laboratory

⁶ psupress.org/books/titles/978-0-271-08242-4.html

¹ Интерактивные музеи науки. culture.ru/themes/390/

² experimentanium.ru

³ Цитата с сайта московского Музее-студии головоломок (gorbushkin.ru/shops/4825.html); см. также vk.com/puzzlemuseum

Календарь фантастики

26 декабря:
Родитель капитана Небрехи



Юрий Ячейкин

90 лет назад родился **Юрий Дмитриевич Ячейкин** (Юрий Дмитриевич Ячейкин, 1933–2013), украинский писатель и журналист (псевдонимы — Георгий Козанчук, Ю. Малый, Я. Юрась), автор повестей «Удивительные приключения капитана межзвездного плавания Небрехи и его верного штурмана Азимута во Вселенной и на Земле», «Взрыв сверхновой», «Рождение АДАМа», «Мои и чужие тайны», «Рандеву со смертью», «Груз для горилл».

Капитан Небреха — верный продолжатель традиции Мюнхгаузена, Врунгеля и Ийона Тихого, истории его путешествий объединяют и веселые оригинальные мотивы юмористической фантастики, и пародийные сюжеты космической фантастики (неслучайно у Ячейкина вышла короткая антология НФ «Химеры зеленого змея», собравшая пародии на произведения Р. Шекли, Р. Брэдли, С. Лема, И. Россоховатского, братьев Стругацких, Дж. Родари, З. Юрвега).

30 декабря: Фантазер из «Улиты»



Иосиф Келлер

120 лет назад родился **Иосиф Исаакович Келлер** (1903–1977), русский писатель и театральный режиссер, автор романов «Универсальные лучи» (в соавторстве с Вениамином Гиршгорном), «Вулкан в кармане» (с Борисом Липатовым), «Бесцеремонный Роман» (в соавторстве с Вениамином Гиршгорном и Борисом Липатовым).

Три молодых свердловчанина познакомились в Уральской литературной ассоциации (УЛИТА). Первые два их произведения — скорее пародии на популярные в 1920-х годах темы «лучей смерти» и секретного нового взрывчатого вещества. А вот история Романа Владычина, использующая идеи уэллсовской «Машины времени» и марктовенского «Янки при дворе короля Артура», стала практически первым русским романом о «попаданцах»: инженер из России перемещается во времени, оказывает услугу Наполеону, помогает тому выиграть битву при Ватерлоо, а потом пытается создать общество счастливых людей... Игорь Халымбаджа упоминал о такой любопытной детали: «Примечательно, что авторы вывели самих себя в первой главе, свои споры о литературе, российской революции, о голодном пайке и усеченной рифме, о терроре, Льве Толстом и даже — математике».

1 января: Дорога к храму

100 лет назад родился **Тенгиз Евгеньевич Абуладзе** (თენგიზ ევგენის ძე აბულაძე, 1924–1994), грузинский режиссер, сценарист и постановщик кинофильмов «Мольба», «Ожерелье для моей любимой», «Древо желаний», «Покаяние».



Тенгиз Абуладзе

Конечно, фильмы Абуладзе — это не научная фантастика, но и сугубо реалистичными их назвать не получается. Знаковым для СССР начала перестройки стало «Покаяние», которое не только в иносказательной форме говорило о сталинских репрессиях, но и показывало опасности застоя, который приходит на смену диктатуре.

7 января: Придумавший название городу Новосибирск

130 лет назад родился **Вивиан Азарьевич Итин** (1894–1938), русский писатель, автор повести «Страна Гонгури».



Вивиан Итин

Так получилось, что первое научно-фантастическое произведение в Советской России вышло в провинциальном Канске в 1922 году. Максим Горький писал автору: «Мне кажется, что вы, пожалуй, смогли бы хорошо писать „фантастические“ рассказы». Пораженный осведомленностью Горького, Итин написал в ответ: «Это фантастическое издание почти никому не известно. Тираж, кажется, 800. Экземпляров 700, наверно, купили канские мужики на сигарки, так как „Страна Гонгури“ была очень дешева — 20 000 рублей за штуку, а бумага подходящая».

8 января: О призраках и привидениях

200 лет назад родился **Уильям Уилки Коллинз** (William Wilkie Collins, 1824–1899), английский писатель, автор сборников мистических рассказов «После тьмы» и «Прикосновение призрака».

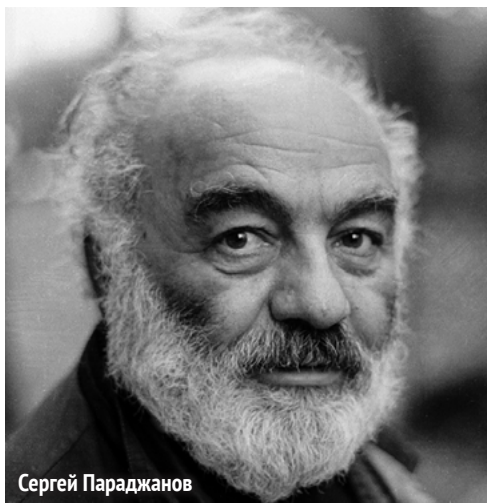


Уильям Коллинз

Наиболее известные романы Уилки Коллинза — это романтические детективно-авантурные истории, такие, например, как «Женщина в белом» или «Лунный камень». Но, как и многие писатели викторианской эпохи, в рассказах он часто обращался к описанию сверхъестественных, мистических событий и явлений. Он принимал активное участие в написании рассказов для рождественских выпусков журналов «Круглый год» и «Домашнее чтение», которые издавал его друг Чарльз Диккенс. Эти выпуски обычно повествовали о призраках и привидениях.

9 января: Материализатор духа

100 лет назад родился **Сергей Иосифович (Саргис Овсепович) Параджанов** (Սարգիս Իոսիֆովի Փարաջանյան, 1924–1990), советский кинорежиссер и сценарист, постановщик фильмов «Молдавская сказка», «Легенда о Сурамской крепости», «Ашик-Кериб».



Сергей Параджанов

Кроме фильмов Сергей Параджанов оставил после себя большое количество художественных работ: рисунков, коллажей, ассамбляжей, инсталляций, мозаик, кукол, шляп, картин, скульптур и других поделок. Свои коллажи он называл «спрессированными фильмами»: в них он был свободен от цензуры и запретов властей, ограничивавших его в фильмах обычных. Юрий Норштейн отмечал: «Параджанов материализовал дух. Вот ключ к пониманию работ художника».

12 января: Японский магический реалист

75 лет назад родился **Харуки Мураками** (村上春樹), японский писатель и переводчик, автор «Трилогии Крысы», романа-эпопеи «1Q84. Тысяча невесельот восемьдесят четыре», романов «Страна Чудес без тормозов и Конец Света», «Хроники Заводной Птицы», «Мой любимый sputnik», «Кафка на пляже», «Послемрак», «Край обетованный», сборников «Медленной шлюпкой в Китай», «Хороший день для кенгуру», «Рождество Овцы», «ТВ-люди», «Призраки Лексингтона», «Токийские легенды».

Сначала Мураками дебютировал необычно ярко в Японии — первый роман «Слушай песню ветра» из будущей «Трилогии Крысы» был распродан тиражом более 150 тысяч. А затем началось его триумфальное шествие и в других странах (на сегодня книги Мураками переведены более чем на 50 языков). Параллельно писатель много занимался переводами (В. Ирвинг,



Харуки Мураками. Фото wakarimasita / «Википедия»

Ф.С. Фитцджеральд, Тим О'Брайен, Урсула Ле Гуин, Ван Альсбург и т.д.). А еще он большой любитель джаза, известен коллекцией из 40 тыс. пластинок.

14 января: Звезды зовут по-русски

100 лет назад родилась **Раиса Ефимовна Облонская-Вольшонок** (1924–2010), русская переводчица произведений Р. Брэдли, К. Невила, Э. По, Дж. Смита, А. Сэллинга, У. Тенна, Р. Янга.



Раиса Облонская-Вольшонок. Фото А. Романенко

В Московском полиграфическом институте Раиса Облонская училась у другой выдающейся переводчицы — Норы Галь, с которой позже совместно работала. Корней Чуковский писал о их переводах, что они «могли бы пригодиться молодым переводчикам в качестве образцов и учебников».

14 января: Автор невыдуманных рассказов водителя времяходов Николая Ложкина

100 лет назад родился **Владлен Ефимович Бахнов** (1924–1994), русский писатель и сценарист, автор сборника «Внимание: ахи!», сценария кинофильма «Иван Васильевич меняет профессию» (в соавторстве с Леонидом Гайдаем).



Владлен Бахнов

По свидетельству современников, он был необычайно остроумным человеком. Владлен Бахнов, несомненно, представлял собой одну из ключевых фигур реальной советской культуры 1940–1970-х годов. Между прочим, именно он — автор песни «От сессии до сессии живут студенты весело».

Владимир Борисов

