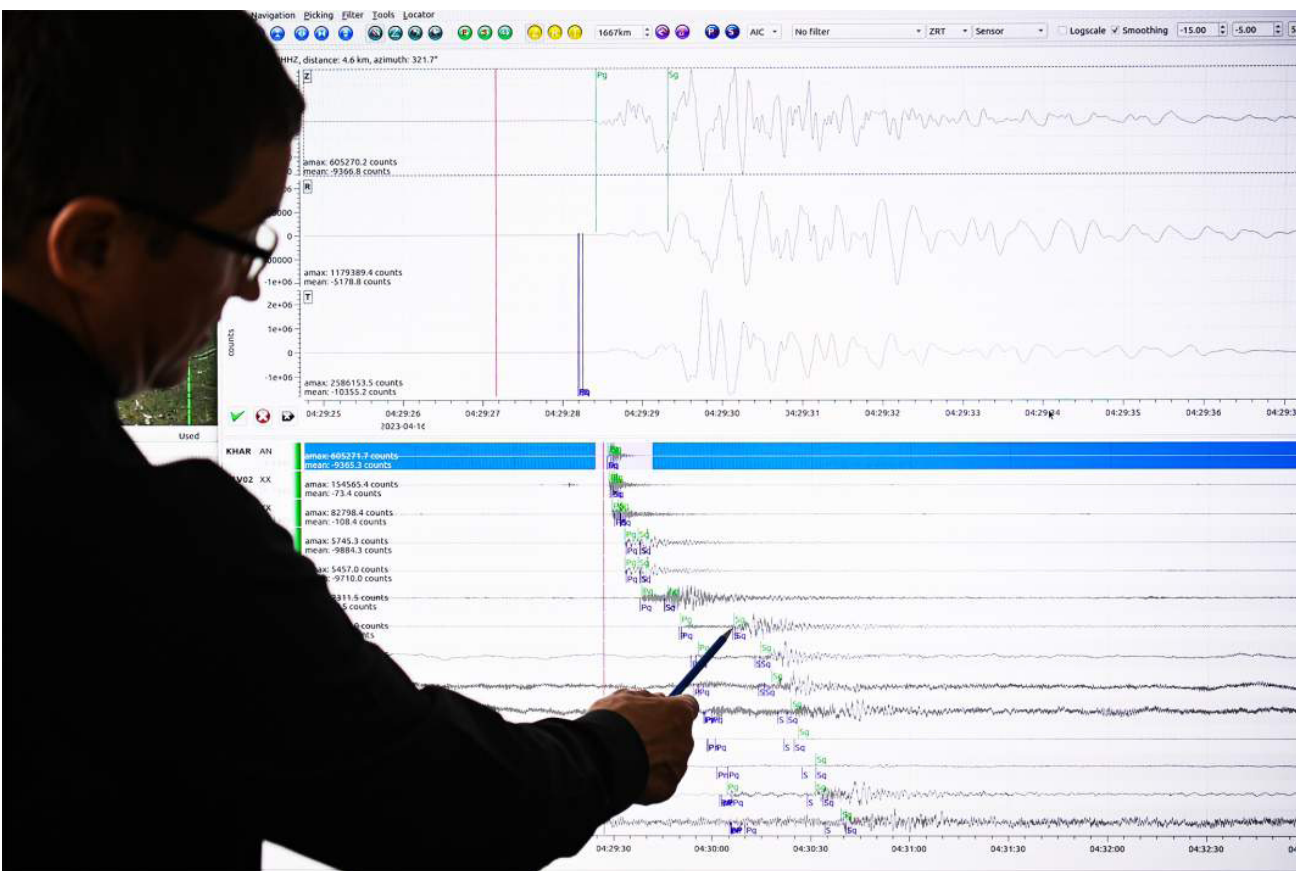




НАУКА И ТЕХНИКА

№8 (11)
2024

ISSN 2949-4427



С. 10

Земной жар: ученые прогнозируют сильное землетрясение на Камчатке



НАУКА И ТЕХНИКА

В ЦИФРОВОМ ФОРМАТЕ



ЦИФРОВАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА
РЕДАКЦИОННЫЙ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.наука-техника.рф
(подписка и отдельные номера)

Читайте в приложениях для мобильных устройств:
PRESSA.RU • Строки • Kiozk

www.наука-техника.рф

e-mail: izd-naukatehnika@yandex.ru

В НОМЕРЕ:

ТОМ МЕТКАЛФ

Как решить проблему трафика дронов.....5

БРАЙН СТОУН-МЛАДШИЙ

Древний Рим знал способы борьбы с эффектом городского острова тепла – как уроки истории применимы к современным городам.....7

ДЕНИС ГРИЦЕНКО

Земной жар: ученые прогнозируют сильное землетрясение на Камчатке.....10

В начале было вычисление.....14

ДАРРЕН ОРФ

Это солнечное покрытие однажды сможет обеспечить ваш телефон энергией.....21



ISSN 2949-4427

№8(11)

**НАУКА И
ТЕХНИКА**

А В Г У С Т

Журнал основан в 2023 г.

2024

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

ОТ РЕДАКЦИИ

«Наука и техника» — научно-популярный журнал широкого профиля. Люди с техническим складом ума не только найдут здесь полезную информацию о достижениях авиации, кораблестроения, покорении космоса, но также смогут расширить свой кругозор в области естественных и гуманитарных наук. Гуманитариям, в свою очередь, будет интересно получить представление о разных направлениях технической мысли. Мы стараемся поддерживать традиции тех замечательных научно-популярных журналов, на которых воспитывалось старшее поколение: «Знание — сила», «Наука и жизнь», «Юный техник», «Химия и жизнь» и... старая «Наука и техника». Прямой преемственности между нами нет, но мы вдохновляемся лучшими образцами прошлого и будим вносить и что-то новое, соответствующее духу времени. Расскажем о сложных научно-технических проблемах интересно и понятно. Научно-популярный журнал «Наука и техника» ждет своих читателей. На нашем сайте <https://наукатехника.рф> можно найти дополнительные материалы и информацию, а на сайте <https://наука-техника.рф> электронную версию печатного издания и информацию о подписке на бумажную и электронную версии. Приятного чтения!

Том Меткалф, журналист

КАК РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ ТРАФИКА ДРОНОВ

ЧТОБЫ НАЙТИ СВОБОДНЫЙ ПУТЬ, СЛЕДУЙТЕ ЗА ПТИЦАМИ

С балконов и крыш в перенаселенных городах сбрасывают роцери. Спасательные службы оперативно отправляют в районы катастроф и на отдаленные пороги. Это лишь некоторые обещания доставки дронами, и они больше не являются далекой фантазией.

Уже сейчас крошечные воздушные роботы летают по всей территории США и за ее пределами, доставляя небольшие посылки по воздуху. Количество зарегистрированных в США коммерческих дронов превышает 300 000, что даже превышает общее количество зарегистрированных самолетов, вертолетов, планеров и воздушных шаров, которыми управляют люди. Но бум трафика дронов ставит перед нами загадку: как мы можем координировать локальный и глобальный воздушный трафик, чтобы гарантировать, что эти крошечные летательные аппараты доберутся до нужного места без столкновений и заторов?

Исследователи из Венгрии обратились к птицам, чтобы найти ответ. Стаи птиц сохраняют свое глобальное направление, несмотря на многочисленные силы, которые могут сбивать особей в этой стае с курса, и могут выполнять резкие коллективные повороты, когда это необходимо. «Каждый вид уникален, и вы можете учиться у всех них», — говорит Габор Вашаргейи, исследователь из Университета Этвеша Лоранда в Будапеште. Вашаргейи является старшим автором нового исследования, опубликованного в журнале *Swarm Intelligence*, в котором описывается система управления движением дронов, которую он и его коллеги разработали и продемонстрировали экспериментально с помощью 100 автономных дронов. Работа была частично поддержана CollMot Robotics, компанией, основанной некоторыми членами исследовательской группы для коммерциализации системы.

«Каждый вид птиц уникален, и у каждого из них можно чему-то научиться.»

Стаи автономных коммерческих дронов сильно отличаются от многих современных развертываний дронов, например, тех, что сейчас используются для световых шоу, объясняет Вашаргейи. Дроны в таких шоу могут насчитывать сотни или даже тысячи, но они летают по заранее определенным траекториям. «Они не общаются друг с другом, и им не нужно принимать решения», — говорит он, — напротив, автономным воздушным дронам будущего придется договариваться между собой о лучших маршрутах, чтобы не сталкиваться друг с другом.

«Некоторые перелетные птицы летают V-образными формациями, чтобы быть более эффективными», — говорит Вашаргейи. Другие, как голуби, общаются друг с другом с помощью тонкого языка тела, например, ориентации головы, о том, должны ли их стая лететь влево или вправо. «Существует много исследований о разных птицах, демонстрирующих все эти коллективные модели движения... и мы использовали эти установки в наших алгоритмах дронов».

В более ранней работе, опубликованной в 2020 году, группа исследователей разработала «одноранговую» сеть Wi-Fi, которую можно установить на коммерческих дронах, чтобы они могли общаться друг с другом так, как это делают птицы. Чтобы летать в хорошо организованной «стае», каждый дрон запрограммирован следовать за лидером стаи и каждый дрон, в свою очередь, получает обратно ту же информацию. Этот поток данных позволяет этим воздушным роботам регулировать скорость, чтобы избежать столкновений. Исследователи обнаружили, что ограничение одноранговой связи дронами, расположенными ближе всего друг к другу, было наиболее эффективной стратегией — особенностью стай птиц. Результатом стала полностью автономная стая из 52 дронов, которая могла следовать за одним дроном, назначенным лидером.

Новое решение по управлению движением является дальнейшим развитием более ранней работы, говорит Вашархейи. Вместо того, чтобы общаться с другими дронами в стае о лучшем способе следовать за лидером, каждый из дронов получает индивидуальный пункт назначения, а затем связывается с соседями об этом пункте назначения, а также о положении и скорости. Каждый дрон также получает инструкции, чтобы избежать столкновений с другими дронами. Результатом является система управления движением для воздушных дронов, которая не требует централизованного надзора, говорит Вашархейи — метод, используемый сегодня в большинстве систем управления воздушным движением, где группа людей-диспетчеров контролирует схемы полета.

В эксперименте использовались два слоя для трафика, расположенные на расстоянии примерно 46 футов друг от друга. Скорость движения была установлена на уровне около 20 футов в секунду по горизонтали и 5 футов в секунду по вертикали. Исследователи настроили свою систему так, чтобы избегать «пробок-призраков», которые возникают, когда люди в системе, по-видимому, замедляются без причины, тем самым создавая ярвь, которая еще больше нарушает движе-

ние. Такие пробки являются возникающим свойством децентрализованных транспортных систем, и много работы было сделано для определения способов их избежания.

Профессор авиационной инженерии Мирко Ковач, директор Лаборатории воздушной робототехники Имперского колледжа Лондона, отмечает, что попытки использовать «роевой интеллект» больших групп дронов являются одним из следующих рубежей в этой технологии, приобретая все большее значение во многих различных областях, включая логистику, строительство и мониторинг окружающей среды.

Ковач, который не принимал участия в новом исследовании, говорит, что такие системы управления движением дронов станут «важной частью будущего, в котором экосистемы роботов будут работать вместе и интегрироваться в нашу искусственную среду».

Поскольку коммерческие дроны поднимаются в небо во все большем количестве, предотвращение воздушных заторов и столкновений в воздухе между ними станет существенной проблемой. Логично, что для решения этой проблемы нам следует обратиться к птицам, которые летают стаями уже миллионы лет.

Брайн Стоун-младший, профессор экологического планирования

ДРЕВНИЙ РИМ ЗНАЛ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ЭФФЕКТОМ ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА – КАК УРОКИ ИСТОРИИ ПРИМЕНИМЫ К СОВРЕМЕННЫМ ГОРОДАМ



В то время как сильная жара бьет рекорды по всему миру, малоизвестный факт дает некоторую надежду на охлаждение городов: даже в периоды самой сильной жары некоторые городские кварталы никогда не испытывают аномальной жары.

КАК ЭТО ВОЗМОЖНО?

Цивилизации осознавали силу городов нагревать и охлаждать себя на протяжении столетий. Городские архитекторы Древнего Рима призывали сужать улицы, чтобы снизить поздние послеполуденные температуры. Было обнаружено, что узкие улицы охлаждают воздух, ограничивая площадь, подверженную прямому солнечному свету.

Побеленная архитектура греческих

островов демонстрирует еще одну давно практикуемую стратегию. Светлые стены и крыши могут помочь охладить города, отражая входящий солнечный свет.

В жарких и влажных регионах юга США Томас Джефферсон предложил другой подход к охлаждению: все новые поселения должны использовать шахматный рисунок из густо засаженных городских кварталов, перемежающихся плотной застройкой. Это могло бы способствовать охлаждению за счет конвективного движения воздуха между прохладными и теплыми зонами.

Как я исследовал в своей недавней книге «Радикальная адаптация: трансформация городов для мира с изменившимся климатом», современные города непредна-



меренно повышают собственную температуру, создавая то, что известно как «эффект городского острова тепла».

КАК ГОРОДА НАГРЕВАЮТСЯ

Температура в городах повышается четырьмя основными способами :

Застройщики вырубает деревья, чтобы освободить место для зданий и автомобилей. Когда кроны деревьев исчезают, это уменьшает затенение и выделение охлаждающего водяного пара из листьев через транспирацию .

Городское строительство затем усиливает тепло. Асфальт, бетон и темные кровельные материалы поглощают тепло от Солнца и нагревают окружающую среду.

Поглощенная солнечная энергия усугубляется огромным количеством отработанного тепла, выделяемого промышленными процессами, выхлопными трубами автомобилей и системами кондиционирования воздуха в зданиях.

В районах города, где расположены высотные здания, лучистая энергия, выделяемая улицами и парковками, задерживается в бетонных каньонах , что еще больше повышает температуру.

В совокупности эти четыре фактора, влияющие на эффект городского острова тепла, могут повысить температуру в городе на 10–20 градусов по Фаренгейту (5,6–11 градусов по Цельсию) в жаркий летний полдень — существенное изменение погоды, вызванное деятельностью человека, которое

может представлять серьезную угрозу здоровью для тех, у кого нет кондиционера.

В сочетании с дизайном застроенной среды, естественная топография города может еще больше подчеркнуть разницу температур между районами. Холмы и туманные узоры Сан-Франциско, например, последовательно разделяют районы города на отдельные климатические зоны. А широкое использование систем орошения дворов в жарком и засушливом климате может привести к тому, что городские температуры будут ниже, чем в окружающей пустыне, иногда их называют городскими прохладными островами.

ПРОСТЫЕ ШАГИ ПО ОХЛАЖДЕНИЮ ГОРОДОВ

Понимание того, в какой степени города могут нагреваться, дает мощные инструменты для их охлаждения, поскольку глобальное потепление, вызванное деятельностью человека, повышает базовую температуру.

Во-первых, крайне важно, чтобы города резко сократили выбросы парниковых газов, чтобы прекратить подпитывать глобальное явление изменения климата. В глобальном масштабе городские районы с их промышленностью, транспортными средствами и зданиями составляют более 70% выбросов парниковых газов от использования энергии, и их население быстро растет . Даже глобально скоординированное сокращение выбросов парниковых газов потребует многих десятилетий, чтобы заметно замедлить

тенденции потепления, поэтому городам все равно придется адаптироваться.

Города также могут замедлить темпы потепления, вызванного городским островом тепла, предпринимая иногда простые шаги. Исследования показывают, что польза для здоровья от сокращения городского острова тепла может быть существенной.

В лаборатории городского климата Georgia Tech я и мои коллеги сотрудничаем с городскими властями, чтобы оценить охлаждающий потенциал городского управления теплом — наборы стратегий, призванных обратить вспять эффект городского острова тепла. Для этого мы измеряем прямую пользу для здоровья от таких действий, как расширение лесного покрова и другой зеленой инфраструктуры, а также использование прохладных материалов для дорог и крыш.

Наша работа показывает, что посадка деревьев всего лишь на половине пространства, доступного для поддержки древесного полога, например, вдоль улиц, на парковках и во дворах жилых домов, может снизить летнюю полуденную температуру на 5–10 °F (2,8–5,6 °C), что позволит сократить количество смертей, связанных с жарой, на 40–50 % в некоторых районах.

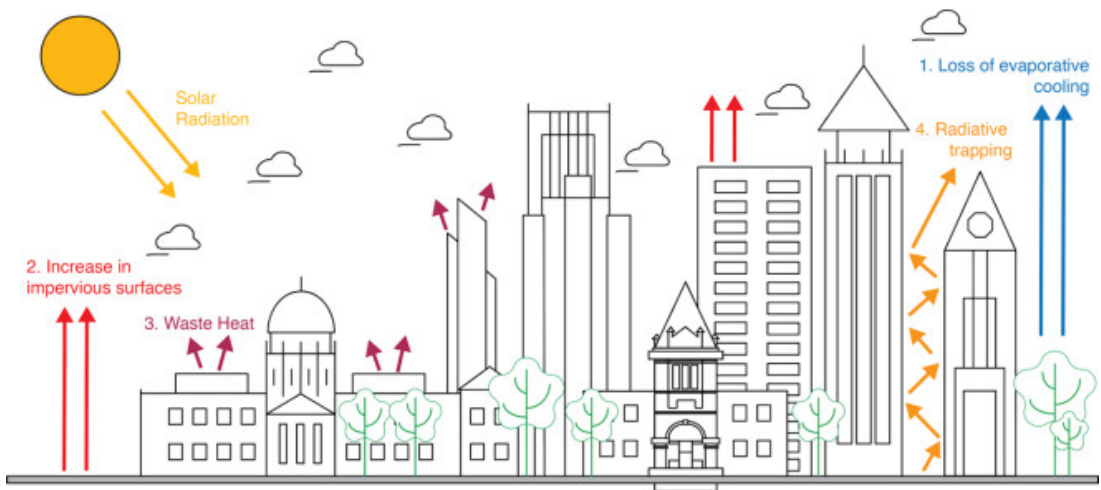
В знак признания этих существенных преимуществ город Нью-Йорк поставил перед собой цель посадить 1 миллион деревьев в пяти районах города и выполнил ее.

Прохладный кровельный материал и светлые поверхности также могут помочь снизить температуру. Если вы наденете черную рубашку на солнце в жаркий день, вы нагреетесь больше, чем если бы вы надели белую рубашку. Аналогично, светлые строительные материалы, кровельные покрытия и черепица будут отражать больше входящего солнечного тепла, чем темные, и поглощать меньше этого тепла. Это особенно эффективно в жаркий день, когда солнечное излучение наиболее сильное.

Чтобы использовать этот охлаждающий эффект, в 2013 году Лос-Анджелес стал первым крупным городом, который потребовал устанавливать прохладные крыши на всех новых домах.

ЧТО ГОРОДА МОГУТ СДЕЛАТЬ СЕЙЧАС

Агрессивные стратегии по увеличению зеленого покрова деревьев в городах, быстрый переход на прохладные кровельные



материалы и даже замена некоторых уличных парковочных полос и других недостаточно используемых непроницаемых зон биоотстойниками, заполненными растительностью, могут существенно снизить городскую температуру. При этом может повыситься устойчивость города к повышению температуры.

Оценки риска городской жары, проведенные нами во многих городах США, вклю-

чая Атланту, Даллас, Луисвилл (штат Кентукки) и Сан-Франциско, показывают, что сочетание стратегий управления городской жарой может снизить температуру в районах более чем на 10 F (5,6 C) в жаркие дни и сократить преждевременную смертность, связанную с жарой, на 20–60 %.

Более прохладный город — более безопасный город, и создать его вполне по силам местным сообществам.

Денис Гриценко

ЗЕМНОЙ ЖАР: УЧЕНЫЕ ПРОГНОЗИРУЮТ СИЛЬНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ НА КАМЧАТКЕ



Фото: ИВиС ДВО РАН/Виктор Фролов

Сильное землетрясение магнитудой 7, произошедшее 18 августа на Камчатке, может быть предвестником более разрушительного толчка магнитудой 8. Если прогноз подтвердится, землетрясение будет мощнее вчерашнего сейсмического события в 30 раз. Такое предположение сделали дальневосточные ученые, основываясь на данных, собранных в глубинных скважинах, расположенных в зоне тектонических разломов. С тем, что на Камчатке стоит ждать новых землетрясений, согласны и другие исследователи. Однако, по их версии, сила толчков не будет превышать 5. Специалисты считают,

что камчатское землетрясение и несколько извержений вулканов в регионе — звенья одной цепи. Свой вклад в них могло внести и суперлуние.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ НА КАМЧАТКЕ

Сильное землетрясение, произошедшее на Камчатке 18 августа, может быть фоном к более мощному сейсмическому явлению магнитудой 8, рассказал «Известиям» заведующий лабораторией комплексного мониторинга сейсмоактивных сред Института вулканологии и сейсмологии дальневосточного отделения РАН, а также

заведующий научно-исследовательской лабораторией изучения экстремальных явлений Камчатки КамГУ имени Витуса Беринга Валерий Гаврилов.

— Сейчас велика вероятность более мощного землетрясения. То, что произошло вчера, это было сильное землетрясение магнитудой 7. Мы ждем сильнейшего события магнитудой более 8. Разница между магнитудой 7 и 8 где-то в 30 с лишним раз. Это очень существенно. Подобные землетрясения происходят на Камчатке примерно раз в 55 лет. Последнее было в 1952 году. Оно вызвало цунами и смыло Северокурильск. Было множество жертв, — рассказал Валерий Гаврилов.

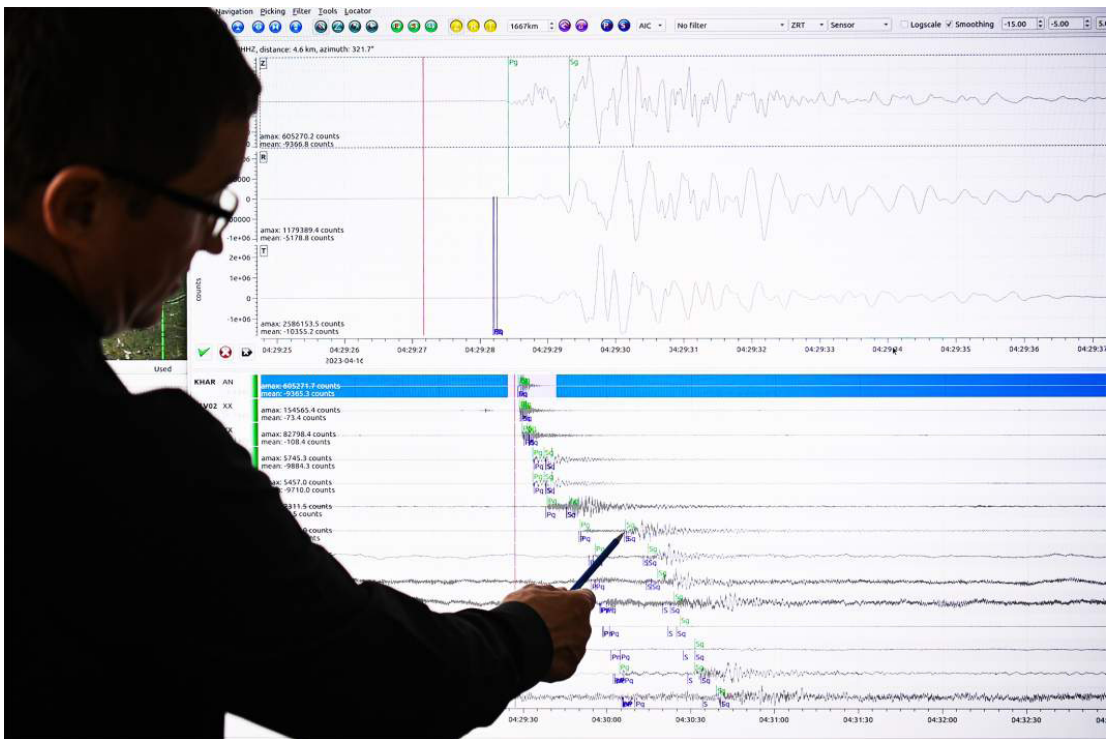
Свой прогноз ученые сделали на основе созданной ими системы мониторинга. В отличие от большинства аналогов, они используют данные, полученные не на поверхности Земли, а в скважинах глубиной до 1 тыс. м. В таких условиях влияние шумов на датчики снижается в 200 раз, что дает гораздо более точные результаты наблюдений.

При этом одна из скважин находится в зоне разломов, которые уходят в Авачинской залив, где часто зарождаются землетрясения. Они заполнены водой, поэтому при сейсми-

ческих процессах изменяется влажность породы, что и дает ученым возможность делать предсказания. Также специалисты применяют и другие методы контроля состояния земной коры, которые используют для проверки полученных данных, чтобы убедиться, что изменения не случайны.

Благодаря такой методике ученые уже в декабре 23 года прогнозировали сильное землетрясение на Камчатке, а за 10 дней до 18 августа объявили самый высокий уровень опасности.

— Сейчас сейсмическая обстановка сложная. Авачинской залив, который находится перед Петропавловском, — это зона сейсмической брешы. То есть она уже созрела для сильнейшего землетрясения. И то явление, которое произошло 18 августа, может быть предвестником более сильного события. Российские исследования показали, что в 30% случаев на Курило-Камчатской дуге перед сильнейшими землетрясениями происходят форшоки. Это не учли японцы в 2011 году. Они получили событие магнитудой 7,5 и решили, что всё на этом. Расслабились, а вскоре произошло сильнейшее событие магнитудой 9,1, — сказал Валерий Гаврилов.



● УЧЕНЫЕ И КАТАСТРОФЫ

КАКОЙ МОЩНОСТИ БУДУТ СЛЕДУЮЩИЕ ТОЛЧКИ

На Камчатке еще некоторое время будут возможны сильные землетрясения, но более слабые, чем толчок, произошедший 18 августа. Они могут вызвать сотрясения с интенсивностью до 5 баллов, рассказал «Известиям» директор Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба» РАН Данила Чебров.

— Поэтому базовый сценарий, на который стоит опираться жителям Камчат-

ского края, — это не паниковать, но в то же время, учитывая в каком опасном регионе мы живем, быть готовым в том числе и к сильным землетрясениям, — сказал Данила Чебров.

Он напомнил, что на Камчатке сейсмическая активность не редкость. Землетрясение, которое произошло в воскресенье утром, было сильным, с примерной магнитудой 7,0. Оно произошло в 115 км от Петропавловска-Камчатского и вызвало в городе серьезные сотрясения — до 6 баллов по шкале Рихтера. Однако всё указывает на то, что это событие не является форшоком — землетрясением,



которое происходит перед более сильным сейсмическим событием. Наоборот, сейчас наблюдается мощный афтершоковый процесс.

Эксперт отметил, что извержения вулканов, которые происходят сейчас на Камчатке, и землетрясение напрямую не связаны. Они обусловлены разными процессами. В частности, вулкан Шивелуч активен уже в течение года. И текущее извержение — лишь один из эпизодов этой активности. Кроме того, вулкан и эпицентр землетрясения находятся далеко друг от друга, в разных сегментах литосферной плиты.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ И СУПЕРЛУНИЕ

Однако, по мнению старшего научного сотрудника Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН Владимира Кособокова, активность местных вулканов и толчок на Камчатке связаны.

— На самом северном курильском острове Парамушир извергался вулкан Эбеко. Сейчас извергается вулкан Шивелуч. За несколько часов до события магнитудой 7 был толчок под полуостровом. Всё это явления одной области, — сказал Владимир Кособоков.

Также землетрясение могло быть связано с феноменом суперлуния, который наблюдается сейчас. Луна влияет на тектонические процессы. Благодаря этому Земля «дышит», кора то опускается, то поднимается. То же связано и с приливами и отливами.

— Я бы не стал объявлять тревогу в связи с вероятностью новых толчков. В Петропавловске дополнительно укрепили здания. Сейчас их все проверяют, а поврежденные расселяют. Ведь при новом землетрясении они могут рухнуть, даже если оно не будет очень сильным, — сказал Владимир Кособоков. По словам ученого, прошедшее землетрясение может по-разному повлиять на сейсмическую активность. Оно может как снизить на-

пряжение в земной коре, так и спровоцировать новые толчки.

По мнению заведующего отделом физики и эволюции звезд Института астрономии РАН Дмитрия Вибе, нынешнее суперлуние вряд ли могло быть причиной землетрясения на Камчатке, так как это явление бывает несколько раз в год и в других случаях никаких сейсмических последствий оно не имело.

— Луна воздействует на Землю непрерывно. Суперлуние ничего особенно не меняет в этом. Ближайшую к Земле точку орбиты спутник проходит ежемесячно. И несколько раз в год это происходит рядом с полнолунием, — сказал Дмитрий Вибе.

Поэтому, по мнению ученого, землетрясение и суперлуние не более чем совпадение.

В НАЧАЛЕ БЫЛО ВЫЧИСЛЕНИЕ

Жизнь — это код, а код — это жизнь, как в природе, так и в технологиях.

БЛЕЗ АГУЭРА-И-АРКАС — вице-президент/научный сотрудник Google, где он является техническим директором Technology & Society и основателем Paradigms of Intelligence, организации, занимающейся фундаментальными исследованиями ИИ. Его исследования включают работу над машинным обучением, сохраняющим конфиденциальность, ИИ на устройстве, большими языковыми моделями и человеческой идентичностью (тема его последней книги Who Are We Now?). Его готовящаяся к выпуску книга *What Is Intelligence?* пытается ответить на вопрос, вынесенный в заголовок, на основе последних достижений в области ИИ, нейронауки и искусственной жизни.

I. АБИОГЕНЕЗ

Как впервые возникла жизнь на Земле? Несмотря на четкую формулировку принципа эволюции, Чарльз Дарвин не имел об этом ни малейшего понятия. В 1863 году он написал своему близкому другу Джозефу Далтону Хукеру, что «это просто чепуха, думать в настоящее время о происхождении жизни; с таким же успехом можно думать о происхождении материи».

Сегодня у нас больше информации, хотя подробности утеряны в глубине веков. Биологи и химики, работающие в области абиогенеза — изучения момента, когда 3 или 4 миллиарда лет назад химия стала жизнью, — разработали несколько правдоподобных историй происхождения. Согласно одной из них, протоорганизмы в древнем «мире РНК» состояли из молекул РНК, которые как реплицировались, так и складывались в трехмерные структуры, которые могли действовать как примитивные ферменты.

В конкурирующем описании «начала метаболизм» химические реакционные сети зародились в пористых каменных трубах «черных курильщиков» на дне океана, питаемых геотермальной энергией; РНК и ДНК появились позже.

В любом случае, даже бактерии — простейшие формы жизни, выжившие сегодня — являются продуктом многих последующих эволюционных шагов. Наиболее важным из этих шагов, возможно, был большой и внезапный, а не ежедневная,

инкрементальная мутация и отбор, теоретизированные Дарвином. Эти «основные эволюционные переходы» включают в себя более простые, менее сложные реплицирующиеся сущности, которые становятся взаимозависимыми, чтобы сформировать более крупный, более сложный, более способный репликатор.

«Мы состоим из функций, а эти функции состоят из функций, до самого низа.»

Как обнаружила в 1960-х годах независимый биолог Линн Маргулис, эукариотические клетки являются результатом такого симбиотического события, когда древние бактерии, которые стали нашими митохондриями, были поглощены другой одноклеточной формой жизни, связанной с сегодняшними археями. В такие моменты древо жизни не просто ветвится; оно также переплетается само с собой, его ветви сливаются, производя радикально новые формы. Маргулис была одним из первых сторонников идеи о том, что эти события являются движущей силой скачков эволюции.

Вероятно, что бактерии сами являются продуктом таких симбиотических событий — например, между РНК и белками.

Даже слабо реплицирующиеся сети химических реакций у этих черных курильщиков можно рассматривать как такой альянс, набор реакций, которые, катализируя друг друга, образовали более прочное, самоподдерживающееся целое.

Так что в каком-то смысле Дарвин, возможно, был прав, когда говорил, что «это просто ерунда» — думать о происхождении жизни, поскольку жизнь могла не иметь единого происхождения, а скорее сплелась из множества отдельных нитей, самые старые из которых выглядят как обычная химия. Для того, чтобы это плетение имело место, не требуется разумного замысла; нужна только неопровержимая логика, что иногда союз создает что-то прочное, и что все прочное... прочно.

Часто выживать означает и занимать, и создавать совершенно новые ниши. Следовательно, эукариоты не заменили бактерии; на самом деле, они в конечном итоге создали для них много новых ниш. Аналогично, симбиотическое возникновение многоклеточной жизни — еще один важный эволюционный переход — не вытеснило одноклеточную жизнь. Наша планета — палимпсест, и большая часть ее прошлого все еще видна в настоящем. Даже черные курильщики все еще бурлят. Самокатализирующая химия протозимии, возможно, все еще медленно варится там, на дне океана.

II. ВЫЧИСЛЕНИЕ

В то время как большинство биохимиков сосредоточились на понимании конкретной истории и функционирования жизни на Земле, более общее понимание жизни как явления пришло с неожиданной стороны: из компьютерной науки. Теоретические основы этой связи восходят к двум основателям этой области, Алану Тьюрингу и Джону фон Нейману.

Получив степень по математике в Кембриджском университете в 1935 году, Тьюринг сосредоточился на одной из фундаментальных нерешенных проблем того времени: Entscheidungsproblem (по-немецки «проблема принятия решения»), которая спрашивала, существует ли алгоритм для определения действительности произвольного математического утверждения. Ответ оказался «нет», но способ, которым Тьюринг доказывал это, оказался гораздо важнее самого результата. 5-е Доказательство Тьюринга требовало, чтобы он определил общую процедуру вычислений. Он сделал это, изобретя воображаемое устройство, которое мы теперь называем «Машиной Тьюринга». Машина Тьюринга состоит из головки чтения/записи, которая может двигаться влево или вправо по бесконечной ленте, считывая и записывая символы на ленте в соответствии с набором правил, заданных встроенной таблицей.

Во-первых, Тьюринг показал, что любой расчет или вычисление, которые можно выполнить вручную, может быть выполнено и такой машиной, если у нее есть соответствующая таблица правил, достаточно времени и достаточно ленты. Затем он показал, что существуют определенные таблицы правил, которые определяют универсальные машины, так что сама лента может определять не только любые входные данные, но и нужную таблицу, закодированную как последовательность символов. Это компьютер общего назначения: одна машина, которую можно запрограммировать на вычисление чего угодно.

В начале 1940-х годов фон Нейман, венгерско-американский полимат, который уже внес большой вклад в физику и математику, обратил свое внимание на вычисления. Он стал ключевой фигурой в разработке ENIAC и EDVAC — одних из первых в мире реальных универсальных машин Тьюринга, теперь известных как «компьютеры».

За эти годы было потрачено много мыслей и творчества на то, чтобы выяснить, насколько простой может быть универсальная машина Тьюринга. Для этого нужно всего несколько инструкций. Знатоки эзотерических языков даже придумали, как вычислять с помощью всего одной инструкции (так называемый OISC или «компьютер с одним набором инструкций»).

Однако существуют неснижаемые требования: инструкция или инструкции должны каким-то образом изменять среду, которую последующие инструкции могут «видеть», и должно быть условное ветвление, то есть в зависимости от состояния среды произойдет либо одно, либо другое. В большинстве языков программирования это выражается с помощью операторов «if/then». Когда есть только одна инструкция, она должна служить обеим целям, как в языке SUBLEQ, единственная инструкция которого — «вычесть и перейти, если результат меньше или равен нулю».

III. ФУНКЦИОНАЛИЗМ

И Тьюринг, и фон Нейман прекрасно понимали параллели между компьютерами и мозгом, развивая множество идей, которые стали основополагающими для нейронауки и искусственного интеллекта. В отчете фон Неймана об EDVAC логические вентили машины явно описывались как электронные нейроны. Независимо от того, была ли эта аналогия верна (она не верна; нейроны сложнее логических вентилей), ключевым

моментом здесь было то, что и мозг, и компьютер определяются не своими механизмами, а тем, что они делают — их функцией, как в разговорном, так и в математическом смысле.

Мысленный эксперимент может проиллюстрировать это различие. Хотя нам еще многое предстоит узнать о мозге, биофизики тщательно охарактеризовали электрическое поведение отдельных нейронов. Следовательно, мы можем написать компьютерный код, который точно моделирует, как они реагируют на электрические и химические входы. Если бы мы каким-то образом смогли заменить один из нейронов в вашем мозге компьютером, работающим по такой модели, подключив его входы и выходы соответствующим образом к соседним нейронам, сможет ли остальная часть вашего мозга — или «вы» — заметить разницу?

Если модель верна, ответ — «нет». Этот ответ останется тем же, если заменить миллион нейронов... или все из них. Что имеет значение, будь то в масштабе отдельного нейрона или всего мозга, так это функция. Мы сделаны из функций, и эти функции сделаны из функций, вплоть до самых низов.

«Назвать ДНК «программой» — это не метафора, это буквально так.»

В популярной культуре 1950-х годов компьютеры часто считались «похожими» на мозги по поверхностным причинам, например, из-за того, что они оба полагаются на электричество. Для Тьюринга такие детали были несущественными, и придание им значения было просто суеверием. Компьютер можно было бы с таким же успехом сделать из шестеренок и шестеренок, как стимпанковскую «аналитическую машину», о которой Чарльз Бэббидж и Ада Лавлейс мечтали (но, к сожалению, так и не построили) в 19 веке. Более глубокий смысл заключался в том, что достаточно мощный универсальный компьютер, соответствующим образом запрограммированный, может вычислить все, что вычисляет мозг.

ИИ был поиском такой программы, и смысл имитационной игры Тьюринга, мысленного эксперимента, известного сегодня как тест Тьюринга, заключался в том, что если такая программа может вести себя функционально как разумный человек, мы должны сделать вывод, что компьютер (или запущенная программа) также разумны.

В своей обычной форме тест Тьюринга упрощает вещи, ограничивая взаимодействие окном чата, но когда вы уменьшаете масштаб, чтобы рассмотреть целое живое

тело, а не только мозг в бочке, это упрощение больше не кажется адекватным. С точки зрения эволюции, самая основная функция организма — не отправлять и получать текстовые сообщения, а воспроизводиться. То есть, его выход — это не просто информация, а реальная копия чего-то подобного ему самому. Как, задавался вопросом фон Нейман, может машина (в самом широком смысле) воспроизводиться? Как, другими словами, возможна жизнь.

IV. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

Фон Нейман представил себе машину, сделанную из стандартизированных деталей, как кирпичики LEGO, плавающую по водоему, где эти детали можно было бы найти качающимися на воде. 7 Задача машины — собрать все необходимые детали и построить другую машину, подобную ей. Конечно, именно это и должна делать бактерия, чтобы размножаться; на самом деле, это то, что должна делать каждая клетка, чтобы делиться, и то, что должна делать каждая мать, чтобы родить.

На первый взгляд, создание чего-то столь сложного, как вы сами, имеет оттенок парадокса, как будто вы поднимаете себя за собственные волосы. Однако фон Нейман показал, что это не только возможно, но и просто, используя обобщение Универсальной Машины Тьюринга.

Он представил себе «машину А», которая будет считывать ленту, содержащую последовательные инструкции по сборке на основе ограниченного каталога деталей, и выполнять их шаг за шагом. Затем будет «машина Б», чья функция — копировать ленту, предполагая, что сама лента также сделана из доступных деталей. Если инструкции по сборке машин А и Б сами закодированы на ленте, то вуаля — у вас есть репликатор.

Инструкции по созданию любых дополнительных нерепродуктивных механизмов также могут быть закодированы на ленте, так что репликатор может даже построить что-то более сложное, чем он сам. Семя или оплодотворенная яйцеклетка иллюстрируют этот момент.

Примечательно, что фон Нейман описал эти требования к самовоспроизводящейся машине до открытия структуры и функции ДНК. Тем не менее, он сделал это совершенно правильно. Для жизни на Земле ДНК — это лента; ДНК-полимераза, которая копирует ДНК, — это «машина В»; а рибосомы, которые строят белки, следуя последовательно закодированным инструкциям в ДНК, — это

«машина А». Рибосомы и ДНК-полимераза состоят из белков, последовательности которых, в свою очередь, закодированы в нашей ДНК и производятся рибосомами. Вот как жизнь поднимает себя на собственных бутстрапах.

V. ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ

Хотя это редко осознается в полной мере, идея фон Неймана установила глубокую связь между жизнью и вычислениями. Машины А и В — это машины Тьюринга. Они должны выполнять инструкции, которые влияют на их среду, и эти инструкции должны работать в цикле, начиная с начала и заканчивая в конце. Это требует ветвления, например, «если следующая инструкция — кодон CGA, то добавьте аргинин к конструируемому белку» и «если следующая инструкция — UAG, то ОСТАНОВИТЕСЬ». Называть ДНК «программой» — это не метафора, это буквально так.

Существуют существенные различия между биологическими вычислениями и тем видом цифровых вычислений, который выполняет ENIAC или ваш смартфон. ДНК тонка и многослойна, включая такие явления, как эпигенетика и эффекты близости генов. Клеточная ДНК также далека от полной картины. Наши тела содержат (и постоянно обмениваются) бесчисленное количество бактерий и вирусов, каждый из которых выполняет свой собственный код. Биологические вычисления являются массивно параллельными; ваши клетки имеют где-то около 300 квинтиллионов рибосом. Все эти биологические вычисления также шумные; каждая химическая реакция и шаг самосборки являются стохастическими.

Тем не менее, это вычисления. На самом деле, существует множество классических алгоритмов в компьютерной науке, которые требуют случайности, поэтому Тьюринг настоял на том, чтобы Ferranti Mark I, ранний компьютер, который он помог разработать в 1951 году, включал инструкцию случайных чисел. Таким образом, случайность является небольшим, но важным расширением оригинальной машины Тьюринга, хотя любой компьютер может имитировать ее, вычисляя детерминированные, но выглядящие случайными или «псевдослучайные» числа.

Параллелизм также становится все более фундаментальным для компьютерной науки. Современный ИИ, например, зависит как от массивного параллелизма, так и от случайности — как в алгоритме «стохастического градиентного спуска», используемом

для обучения большинства современных нейронных сетей, и настройке «температуры», используемой практически во всех чат-ботах для введения степени случайности в их вывод.

Случайность, массовый параллелизм и тонкие эффекты обратной связи — все это вместе взятое делает очень, очень сложным рассуждать о, «программировать» или «отлаживать» биологические вычисления вручную. (Нам понадобится помощь ИИ.) Тем не менее, мы должны помнить, что фундаментальным вкладом Тьюринга было не изобретение какой-то конкретной машины для вычислений, а общая теория вычислений. Вычисления есть вычисления, и все компьютеры, по сути, эквивалентны.

Любая функция, которую может вычислить биологическая система, может быть вычислена машиной Тьюринга с генератором случайных чисел, и наоборот. Все, что может быть сделано параллельно, может быть сделано и последовательно, хотя это может занять очень много времени. Действительно, большая часть неэффективности сегодняшнего искусственного интеллекта на основе нейронных сетей заключается в том, что мы все еще программируем последовательные процессоры для последовательного выполнения операций, которые мозг выполняет параллельно.

VI. ИСКУССТВЕННАЯ ЖИЗНЬ

Прозрение фон Неймана показывает, что жизнь зависит от вычислений. Таким образом, во вселенной, физические законы которой не допускают вычислений, возникновение жизни было бы невозможным. К счастью, физика нашей вселенной допускает вычисления, что доказывается тем фактом, что мы можем строить компьютеры — и тем, что мы вообще здесь.

Теперь мы в состоянии спросить: во вселенной, способной к вычислениям, как часто будет возникать жизнь? Очевидно, что это произошло здесь. Было ли это чудом, неизбежностью или чем-то средним? Несколько соавторов и я приступили к исследованию этого вопроса в конце 2023 года.

В наших первых экспериментах использовался эзотерический язык программирования под названием (извините) Brainfuck.

Хотя он и не такой минималистичный, как SUBLEQ, Brainfuck очень прост и очень похож на оригинальную машину Тьюринга. Как и машина Тьюринга, он включает в себя головку чтения/записи, которая может шагать влево или вправо по ленте.

В нашей версии, которую мы называем «bff», есть «суп», содержащий тысячи лент, каждая из которых включает в себя как код, так и данные. Ленты имеют фиксированную длину — 64 байта — и изначально заполнены случайными байтами. Затем они взаимодействуют случайным образом, снова и снова. Во взаимодействии две случайно выбранные ленты склеиваются концом к концу, создавая строку длиной 128 байт, и эта объединенная лента запускается, потенциально изменяя себя. Затем 64-байтовые половинки раздвигаются и возвращаются в суп. Время от времени значение байта рандомизируется, как это делают космические лучи с ДНК.

«После нескольких миллионов взаимодействий происходит нечто волшебное: записи начинают воспроизводиться.»

Поскольку bff имеет только семь инструкций, представленных символами «< > + - , []», и существует 256 возможных значений байтов, после случайной инициализации только 2,7 процента байтов в данной ленте будут содержать допустимые инструкции; любые неинструкции пропускаются. Таким образом, поначалу от взаимодействия между лентами мало что происходит. Время от времени допустимая инструкция изменяет байт, и эта модификация сохраняется в супе. Однако в среднем за взаимодействие выполняется только пара вычислительных операций, и обычно они не оказывают никакого эффекта. Другими словами, хотя вычисления возможны в этой игрушечной вселенной, на самом деле их происходит очень мало. Когда байт изменяется, это, скорее всего, происходит из-за случайной мутации, и даже когда это вызвано выполнением допустимой инструкции, изменение является произвольным и бесцельным.

Но после нескольких миллионов взаимодействий происходит нечто волшебное: ленты начинают воспроизводиться. По мере того, как они порождают копии себя и друг друга, случайность уступает место сложному порядку. Количество вычислений, происходящих при каждом взаимодействии, резко возрастает, поскольку — помните — воспроизведение требует вычислений. Две из семи инструкций Brainfuck, «[» и «]», предназначены для условного ветвления и определяют циклы в коде; воспроизведение требует по крайней мере одного такого цикла («копировать байты до завершения»), в результате чего количество инструкций, выполняемых при взаимодействии, достигает сотен, как минимум.

Код больше не является случайным, но, очевидно, целенаправленным, в том смысле, что его функцию можно анализировать и реверсировать. Неудачная мутация может сломать его, сделав неспособным к воспроизводству. Со временем код развивает умные стратегии, чтобы повысить свою устойчивость к таким повреждениям. Это возникновение функции и цели похоже на то, что мы видим в органической жизни на каждом уровне; именно поэтому, например, мы можем говорить о функции кровеносной системы, почки или митохондрии и о том, как они могут «отказаться» — хотя никто не проектировал эти системы.

Мы воспроизвели наш базовый результат с помощью множества других языков программирования и сред. В одной особенно красивой визуализации мой коллега Алекс Мордвинцев создал двумерную среду, похожую на bff, где каждый из массива 200×200 «пикселей» содержит ленту, а взаимодействия происходят только между соседними лентами на сетке. Ленты интерпретируются как инструкции для культового микропроцессора Zilog Z80, выпущенного в 1976 году и использовавшегося во многих 8-битных компьютерах на протяжении многих лет (включая Sinclair ZX Spectrum, Osborne 1 и TRS-80). Здесь также из случайных взаимодействий вскоре возникают сложные репликаторы, развивающиеся и распространяющиеся по сетке последовательными волнами.

VII. ТЕРМОДИНАМИКА

У нас пока нет элегантного математического доказательства, которое хотел бы Тьюринг, но наши симуляции показывают, что в целом жизнь возникает спонтанно, когда позволяют условия. Эти условия кажутся довольно минимальными: физическая среда, способная поддерживать вычисления, источник шума и достаточно времени.

Репликаторы возникают, потому что сущность, которая воспроизводит, более динамически стабильна, чем та, которая этого не делает. Другими словами, если мы начнем с одной ленты, которая может воспроизводить, и одной, которая не может, то в какой-то момент времени мы, скорее всего, найдем много копий той, которая может воспроизводить, но вряд ли найдем другую вообще, потому что она будет либо испорчена шумом, либо перезаписана.

Это подразумевает важное обобщение термодинамики, раздела физики, изучающего статистическое поведение материи, подверженной случайным тепловым колебаниям, то

есть всей материи, поскольку выше абсолютного нуля все подвержено такой случайности. Знаменитый второй закон термодинамики гласит, что в замкнутой системе энтропия со временем будет увеличиваться; вот почему, если вы оставите блестящую новую газонокосилку снаружи, ее лезвия постепенно затупятся и окислятся, краска начнет отслаиваться, и через несколько лет все, что останется, — это высокоэнтропийная грудка ржавчины.

Для физика жизнь странна, потому что она, кажется, противоречит второму закону. Живые существа выживают, растут и даже могут со временем становиться более сложными, а не деградировать. Здесь нет строгого нарушения термодинамики, поскольку жизнь не может существовать в замкнутой системе — для этого требуется ввод свободной энергии — но, казалось бы, спонтанное возникновение и усложнение живых систем, казалось бы, выходит за рамки физики.

Теперь, однако, кажется очевидным, что, объединив термодинамику с теорией вычислений, мы должны быть в состоянии понять жизнь как предсказуемый результат статистического процесса, а не относиться к ней с тревогой как к технически разрешенной, но таинственной. Наши эксперименты с искусственной жизнью предполагают, что когда вычисление возможно, оно будет «динамическим аттрактором», потому что реплицирующиеся сущности более динамически стабильны, чем не В нашей вселенной для этого требуется источник энергии. Это потому, что, как правило, вычисления включают необратимые шаги, а они потребляют свободную энергию. Следовательно, чипы в наших компьютерах потребляют энергию и генерируют тепло, когда работают. Жизнь должна потреблять энергию и генерировать тепло по той же причине: потому что она по своей сути вычислительна.

VIII. КОМПЛЕКСИФИКАЦИЯ

Когда мы вытаскиваем ленту из супа лучших друзей после нескольких миллионов взаимодействий, когда репликаторы берут верх, мы часто видим уровень сложности в программе на этой ленте, который кажется излишне — даже неправдоподобно — высоким. Рабочий репликатор может состоять всего из нескольких инструкций в одном цикле, требуя для выполнения пару сотен операций. Вместо этого мы часто видим инструкции, заполняющие большую часть 64 байтов, множественные и сложные вложенные циклы и тысячи операций на взаимодействие.

Откуда взялась вся эта сложность? Это определенно не похоже на результат простого дарвиновского отбора, работающего со случайным текстом, сгенерированным пресловутым миллионом обезьян, печатающих на миллионе пишущих машинок. Фактически, такая сложность возникает даже при нулевой случайной мутации — то есть, используя только начальную случайность в супе, что приводит к тарабарщине на целый роман. Едва ли миллион обезьян — и слишком мало, чтобы содержать больше, чем несколько последовательных символов рабочего кода.

«Компьютеры и мобильные телефоны, безусловно, имеют определенную цель, иначе мы бы не говорили о них как о глючных устройствах.»

Ответ напоминает о проницательности Маргулис: центральная роль симбиоза, а не просто случайной мутации и отбора в эволюции. Когда мы внимательно смотрим на период покоя перед началом репликации лент, мы замечаем постепенный, устойчивый рост количества выполняемых вычислений. Это происходит из-за быстрого появления несовершенных репликаторов — очень коротких фрагментов кода, которые, так или иначе, имеют некоторую ненулевую вероятность генерировать больше кода. Даже если созданный код не похож на оригинал, это все равно код, и только код может производить больше кода; не-код не может ничего производить!

Таким образом, с самого начала работает процесс отбора, в котором код порождает код. Этот изначально творческий, самокатализирующийся процесс гораздо важнее случайной мутации в создании новизны. Когда биты размножающегося кода объединяются, образуя репликатор, это симбиотическое событие: работая вместе, эти биты кода генерируют больше кода, чем они могли бы по отдельности, а код, который они генерируют, в свою очередь, произведет больше кода, который делает то же самое, в конечном итоге приводя к экспоненциальному взлету.

Более того, после взлета полностью функционального ленточного репликатора мы видим дальнейшие симбиотические события. Дополнительные репликаторы могут возникать внутри реплицирующейся ленты, иногда производя несколько своих копий при каждом взаимодействии. При наличии мутации эти дополнительные репликаторы могут даже вступать в симбиотические отношения со своим «хозяином», обеспечивая устойчивость к мутационному повреждению.

IX. ЭКОЛОГИЯ

По сути, жизнь — это код, а код — это жизнь. Точнее, отдельные вычислительные инструкции — это неприводимые кванты жизни — минимальный реплицирующийся набор сущностей, какими бы нематериальными и абстрактными они ни казались, которые объединяются, чтобы сформировать более крупные, более стабильные и более сложные репликаторы в постоянно восходящих симбиотических каскадах.

В игрушечной вселенной bff элементарными инструкциями являются семь специальных символов «< > + - , []». На первобытном морском дне геотермальные химические реакции, которые могли катализировать дальнейшие химические реакции, могли играть ту же роль. Наше растущее понимание жизни как самоусиливающегося динамического процесса сводится не к вещам, а к сетям взаимовыгодных отношений. На каждом уровне жизнь — это экология.

В настоящее время мы постоянно взаимодействуем с компьютерами: телефонами в наших карманах и сумочках, нашими ноутбуками и планшетными, центрами обработки данных и моделями ИИ. Они тоже живые?

Они, безусловно, целенаправленны, иначе мы не могли бы говорить о том, что они сломаны или глючат. Но аппаратное и

программное обеспечение, в общем, неспособны воспроизводиться, расти, исцеляться или развиваться самостоятельно, потому что инженеры давно поняли, что самомодифицирующийся код (вроде bff или DNA) трудно понять и отладить. Таким образом, телефоны не делают телефоны-дети, а приложения не генерируют спонтанно новые версии самих себя.

И все же: в этом году в мире больше телефонов, чем в прошлом; приложения приобретают новые функции, устаревают и в конечном итоге достигают конца срока службы, заменяясь новыми; и модели ИИ совершенствуются из месяца в месяц. Определенно похоже, что технологии воспроизводятся и развиваются!

Если мы уменьшим масштаб, поместив технологию и людей в кадр вместе, мы увидим, что это большее, симбиотическое «мы», безусловно, воспроизводится, растет и развивается. Появление технологии и взаимовыгодные (хотя иногда и напряженные) отношения между людьми и технологией — это не что иное, как наш собственный последний крупный эволюционный переход. Таким образом, технология не отличается от природы или биологии, а является лишь ее последним эволюционным слоем.

1. Чех, TP Миры РНК в контексте. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 47, a006742 (2012).
2. Рассел, М. Дж. и Мартин, В. Каменные корни пути ацетил-КоА. *Тенденции в биохимических науках* 29, 358-363 (2004).
3. Саттари, Э. и Смит, Дж. М. Основные эволюционные переходы. *Nature* 374, 227-232 (1995).
4. Woese, CR Об эволюции клеток. *Труды Национальной академии наук* 99, 8742-8747 (2002).
5. Тьюринг, А. М. О вычислимых числах с приложением к проблеме Entscheidungsproblem. *Труды Лондонского математического общества*, том 2, вып. 42, стр. 230-265 (1937).
6. Фон Нейман, Дж. Первый черновик отчета по EDVAC. *Университет Пенсильвании* (1945).
7. Фон Нейман, Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. *Издательство Иллинойского университета, Урбана, Иллинойс* (1966).
8. Агуэра и Аркас, Б. и др. Вычислительная жизнь: как хорошо сформированные самовоспроизводящиеся программы возникают из простого взаимодействия. *arXiv* 2406.19108 (2024).

ЭТО СОЛНЕЧНОЕ ПОКРЫТИЕ ОДНАЖДЫ СМОЖЕТ ОБЕСПЕЧИТЬ ВАШ ТЕЛЕФОН ЭНЕРГИЕЙ

СОВРЕМЕННЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ ИЗГОТАВЛИВАЮТСЯ НА ОСНОВЕ НЕГИБКИХ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН, НО НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОЖЕТ СДЕЛАТЬ ИХ ГОРАЗДО БОЛЕЕ ГИБКИМИ БЕЗ ПОТЕРИ ЭФФЕКТИВНОСТИ.

Современные солнечные панели изготавливаются из фотоэлектрических элементов на основе кремния, но новая технология Оксфордского университета на основе перовскитов может сделать их более гибкими и эффективными.

Эта технология толщиной всего в один микрон больше похожа на пленку, которую можно наносить на различные поверхности, ранее не пригодные для размещения солнечных батарей.

Распространение таких пленок могло бы уменьшить нагрузку на крупные солнечные электростанции, обеспечивающие большую часть наших потребностей в энергии.

Когда вы думаете о «солнечной энергии», на ум приходят огромные акры черных панелей, работающих на кремниевых полупроводниковых солнечных элементах. Хотя эти панели, которые помогли снизить мировую цену солнечной энергии почти на 90 процентов с 2010 года, поставляют столь необходимую возобновляемую энергию, строительство больших участков солнечных ферм и установка панелей на наших крышах — не единственный ответ.

Согласно предстоящему исследованию, ученые из Оксфордского университета создали новый вид поглощающего свет материала, который не зависит от впечатляющих, но негибких фотоэлектрических элементов на основе кремния, которые питают солнечные фермы сегодня. Вместо этого эта технология использует «многопереходный подход», который складывается из нескольких поглощающих свет слоев, называемых перовскитами, в один солнечный элемент.

Национальный институт передовой промышленной науки и технологий Японии (AIST), который хорошо известен своей командой по калибровке, стандартам и измерениям фотоэлектрических систем, провел независимые испытания, в ходе которых было установлено, что этот новый солнечный элемент достиг эффективности 27 процентов, что означает, что технология преобразовала 27 процентов солнечного света в полезную энергию. Это довольно впечатляюще, поскольку только в идеальных лабораторных условиях кремниевые фотоэлектрические элементы могут достичь аналогичного уровня эффективности, и, по словам исследователей, это только начало.

«Всего за пять лет экспериментов с нашим подходом к стекированию или многопереходному подходу мы повысили эффективность преобразования энергии с примерно 6% до более чем 27%», — сказал в пресс-релизе Шуайфэн Ху, научный сотрудник Оксфордского университета по физике. «Мы считаем, что со временем этот подход может позволить фотоэлектрическим устройствам достичь гораздо большей эффективности, превышающей 45%».

Хотя повышение этих показателей эффективности необходимо для поглощения всей бесплатной, дающей жизнь энергии солнца, эта новая солнечная технология имеет еще одно преимущество перед своим более традиционным кремниевым собратом — она гибкая. Толщина всего в один микрон, что в 150 раз тоньше кремниевых пластин, эта технология работает скорее как покрытие, которое можно наносить на почти

● НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

бесконечное количество поверхностей, включая рюкзаки, автомобили и мобильные телефоны. Это обеспечивает еще больше поверхностей, которые потенциально могут использовать энергию солнца, что одновременно может снизить потребность в энергии из возобновляемых источников.

Этот прорыв сопровождается несколькими оговорками. Во-первых, перовскиты известны тем, что не так долговечны, как другие солнечные технологии (хотя ученые добились значительных успехов в решении этой проблемы), и создание солнечных элементов в лаборатории — это совсем другое дело по сравнению с их массовым производством. Однако Oxford PV, компания, отделившаяся от Оксфордского университета, была образована в 2010 году для решения многих из этих проблем и в первую очередь для коммерциализации перовскитных фотоэлектрических элементов. По словам соучредителя и главного научного сотруд-

ника Генри Снайта, компания начала массовое производство перовскитных элементов на кремнии с пилотной производственной линии в 2023 году.

«Последние инновации в области солнечных материалов и технологий, продемонстрированные в наших лабораториях, могут стать платформой для новой отрасли, производящей материалы для более устойчивого и дешевого производства солнечной энергии с использованием существующих зданий, транспортных средств и объектов», — сказал Снайт в пресс-релизе.

Подобные инновации не означают, что нам следует замедлить строительство солнечных панелей по всей стране — в конце концов, борьба с изменением климата — это ситуация, когда все на виду. Но если солнечные элементы смогут украсить больше поверхностей и впитать больше бесплатной энергии, ну, все выиграют.

НАУКА И ТЕХНИКА

Ежемесячный научно-популярный электронный журнал

Главный редактор: А.П. СОКОЛОВ

Редактор: А. ДОЛБИН

Дизайн и верстка: А. ВОРОБЬЕВ

Администратор сайта: И. ГОЛДОБИН

Информационное партнерство; Служба распространения; Служба рекламы:

А. СОКОЛОВ, тел. (951) 730-75-75

Информация об условиях размещения рекламы: www.naukatehnika.pf

Адрес редакции: 160033, г. Вологда, ул. Текстильщиков, д. 20 А, оф. 1. Адрес для переписки:

111033, г. Москва, ул. Волочаевская, д. 8, кв. 16 Телефон для справок: (951) 730-75-75.

Электронная почта: izd-naukatehnika@yandex.ru.

Электронная версия печатного журнала: www.наука-техника.pf

Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламодатели

Перепечатка материалов – только с разрешения редакции

Рукописи не рецензируются и не возвращаются

Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов

Авторы опубликованных в журнале материалов несут ответственность за точность приведенных фактов, а также за использование сведений, не подлежащих открытой печати.

© «Наука и Техника», август, 2024

Учредитель: Общество с ограниченной ответственностью

«Университет дополнительного профессионального образования»

генеральный директор: СОКОЛОВА ТАТЬЯНА БОРИСОВНА, тел. (951) 730-75-75.

Адрес: 160033, г. Вологда, ул. Текстильщиков, д. 20 А, оф. 1

Издатель: Общество с ограниченной ответственностью

«Университет дополнительного профессионального образования»

генеральный директор: СОКОЛОВА ТАТЬЯНА БОРИСОВНА, тел. (951) 730-75-75.

Адрес: 160033, г. Вологда, ул. Текстильщиков, д. 20 А, оф. 1

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. ISSN 2949-4427. Регистрационный номер и дата принятия решения о регистрации серия ЭЛ №ФС77-85742 от 03 августа 2023 г.

Выход в свет 31.08.2024

К сведению авторов!

Материалы для публикации в журнале «Наука и Техника» присылайте на электронную почту: izd-naukatehnika@yandex.ru

2023

www.pegaspress.ru



Университет дополнительного профессионального образования

ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ

