

12 событий, которые могут изменить мир

Фотографии Кевина ван Элста

В любой момент могут неожиданно произойти события как природного, так и антропогенного характера, которые способны полностью изменить общество.

Многие из этих событий будут развиваться совсем не так, как излагается в популярных концепциях

Важнейшие достижения науки преобразуют представления человека о мире и его месте в нем и помогают понять изменения, на которые он не в силах повлиять или приспособиться к ним. Теория относительности, естественный отбор, микробная теория инфекции, гелиоцентрическая система и другие объяснения природных явлений изменили наши интеллектуальный и культурный ландшафты. То же относится и к таким разным изобретениям, как колесо или Интернет, формальная логика или агротехника.

Какие новые яркие события ожидают человечество? Ниже мы рассматриваем 12 возможных событий и для каждого из них даем оценку вероятности того, что оно произойдет до 2050 г. Некоторые из них, несомненно, напомнят давние сюжеты антиутопий: столкновение с астероидом, в результате которого погибнет все живое; интеллектуальные машины, которые начнут войну; монстры Франкенштейна. Однако лучшие умы уже сегодня предполагают, что события будут разворачиваться не так, как ожидалось. Возможно, одних людей такой сценарий разочарует, другим покажется забавным. Несомненно одно: эти события могут навсегда изменить наши представления о себе и о том, как мы проживаем нашу жизнь. ■

КЛОНИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКА

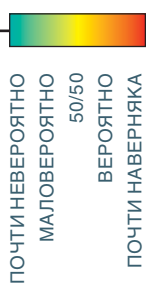


Чарлз Чой

ПРОЦЕСС ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ТРУДЕН, НО НЕИЗБЕЖЕН

НАСКОЛЬКО ВЕРОЯТНО?

Этот индикатор показывает вероятность наступления рассматриваемого события до 2050 г.



С момента рождения овечки Долли в 1996 г. клонирование человека в репродуктивных целях представляется неизбежным. Вопреки сомнительным утверждениям клонов человека пока не было создано (кроме природных идентичных близнецов). Несмотря на успехи, достигнутые в опытах с другими млекопитающими, применительно к человеку процесс оказался гораздо более слож-

ным, что может утешить одних и разочаровать других людей.

Ученые создают клоны путем замены ядра яйцеклетки ядром яйцеклетки другого человека. Им удалось клонировать эмбрионы, но ни один из них не прошел в своем развитии дальше ранней стадии, где эмбрионы представляют собой компактные шарики из клеток, называемые морулами. Акт переноса ядра может разру-



шить способность хромосом выстраиваться нужным образом в процессе деления клеток. «Клонировав все новые виды, вы формируете кривую обучения, а в случае человека получение яйцеклетки настолько хорошего качества, чтобы ее можно было изучать, представляется трудным», — отмечает Роберт Ланца (Robert Lanza) из компании *Advanced Cell Technology*, первой объявившей о клонировании эмбриона человека в 2001 г. К самым трудным этапам относятся правильный выбор момента и смеси химикатов для соответствующего перепрограммирования клетки.

Хотя некоторый опыт и накоплен, около 25% клонированных животных имеют явные дефекты, указывает Ланца, — небольшие сдвиги при перепрограммировании или выращивании эмбрионов либо манипулировании с ними могут привести к ошибкам развития. Попытки клонировать человека будут настолько рискованными, что их можно уподобить попытке «отправить младенца в космос в ракете, которая может взорваться с вероятностью 50%».

Этические проблемы сохранятся даже в случае создания совершенных надежных методов. Например, можно ли клонировать человека без его ведома или согласия? С другой стороны, клон может прожить более полную жизнь, поскольку он в буквальном смысле «получает знания от оригинала», говорит специалист по молекулярным технологиям Джордж Черч (George M. Church) из Гарвардской медицинской школы. «Например, если я только в 25 лет понял, что у меня прекрасный музыкальный слух, а до этого никогда не брал уроков музыки, я мог бы посоветовать своему двойнику попытаться начать заниматься в раннем детстве».

Возможность клонирования может не ограничиваться видом *Homo sapiens*. Ученые могут вскоре полностью секвенировать геном неандертальца. Хотя в процессе окаменения (фоссилизации) ДНК повреждается, Черч полагает, что хорошо сохранившаяся окаменелость может содержать достаточное количество молекул для формирования

генома, пригодного для клонирования. «Согласование» вымерших видов с современными — задача еще более трудная, чем обычное клонирование, поскольку такие факторы, как среда матки и период созревания плода, могут оказаться различными. Единственный созданный на сегодня клон вымершего животного — букардо (пиренейского горного козла) — погиб сразу после рождения из-за дефектов легких.

В США не все штаты запрещают клонирование человека в репродуктивных целях. ООН приняла необязательный запрет. Если клонирование состоится, то «будет совершено в зоне с менее строгими ограничениями — вероятно, каким-то эксцентричным состоятельным человеком», полагает Ланца. Ужаснемся ли мы или созреем до принятия клонирования, как мы приняли экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО)? Разумеется, разработка новых путей создания жизни заставит нас задуматься об ответственности, связанной с обладанием столь огромной научной мощью. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ



Джордж Массер

КРУПНЕЙШИЙ В МИРЕ КОЛЛАЙДЕР МОЖЕТ ОТКРЫТЬ НОВЫЕ ПЛАСТЫ ПРОСТРАНСТВА

Разве не здорово было бы простереть руку в четвертое измерение пространства? Это позволило бы избавиться от оков привычной геометрии. Безнадежно запутавшиеся удлинительные шнуры легко распутаются. Перчатку для левой руки можно будет превратить в перчатку для правой взамен той, что изгрызла ваша собака. Стоматолог сможет обрабатывать корневые каналы без помощи бормашины, и вам даже не нужно будет раскрывать рот.

Сколь бы фантастичными ни представлялись «лишние» измерения, они могут существовать. Самые разные тайны окружающего мира, от относительной слабости гравитации до глубокого родства кажущихся различными частиц, создают впечатление, что известная нам

Вселенная — лишь тень реальности, в которой существует большее число измерений. Если так, то Большой адронный коллайдер (БАК) вблизи Женевы, который будет сталкивать частицы друг с другом, сможет высвобождать достаточно энергии, чтобы разбить оковы, удерживающие частицы в рамках трех измерений, и позволить нам проникнуть в этот умопомрачительный мир.

Доказательство существования большего числа измерений полностью изменит наше представление о реальности, говорит космолог Макс Тегмарк (Max Tegmark) из Массачусетского технологического института, создавший в 1990 г. четырехмерный вариант видеоигры «Тетрис», чтобы получить представление о том, как могут выглядеть до-

полнительные измерения. (В этой игре движение падающих «кирпичиков» отслеживается с помощью множества трехмерных срезов полного четырехмерного пространства.)

В современных физических теориях главным доводом в пользу существования большего числа измерений стала концепция суперсимметрии, цель которой — объединение различных видов частиц в одно большое и счастливое семейство. Суперсимметрия может достичь этой цели только в случае, если пространство содержит десять измерений. Скрываться от обнаружения эти измерения могут либо потому, что они слишком малы, либо потому, что мы слишком зациклены на трехмерной «мембране», как гусеница, вгрызшаяся в лист.

Вообще-то не все предлагаемые теории унификации требуют дополнительного числа измерений. Поэтому обнаружение или необнаружение этих измерений станет необходимой точкой отсчета. «Оно позволит выбрать нужное направление», — говорит физик Лайза Рэндолл (Lisa Randall) из Гарвардского университета, создавшая себе известность исследованием варианта гусеницы на листе.

Один из способов добраться до этих дополнительных измерений состоит в использовании энергии ускорителя частиц. Согласно законам квантовой механики, чем больше энергии у частицы, тем в меньшем пространстве она сосредоточена. Энергии в 1 тераэлектронвольт (ТэВ, или 10^{12} эВ) соответствует размер в 10^{-19} м. Если дополнительное измерение не меньше этого, частица должна будет буквально впасть в него и начать вибрировать.

В 1998 г. физик Гордон Кейн (Gordon Kane) из Мичиганского университета представил себе соударение двух протонов в БАК, в результате которого возникли электроны и другие частицы, имеющие энергию

не только в 1 ТэВ, но и целые кратные ей, например 2 или 3 ТэВ. Такие кратные должны представлять собой гармоники вибрации в дополнительных измерениях, выявленных столкновением. Никакие стандартные взаимодействия частиц, и даже такая экзотика, как темная материя, не могут быть причинами этих явлений.

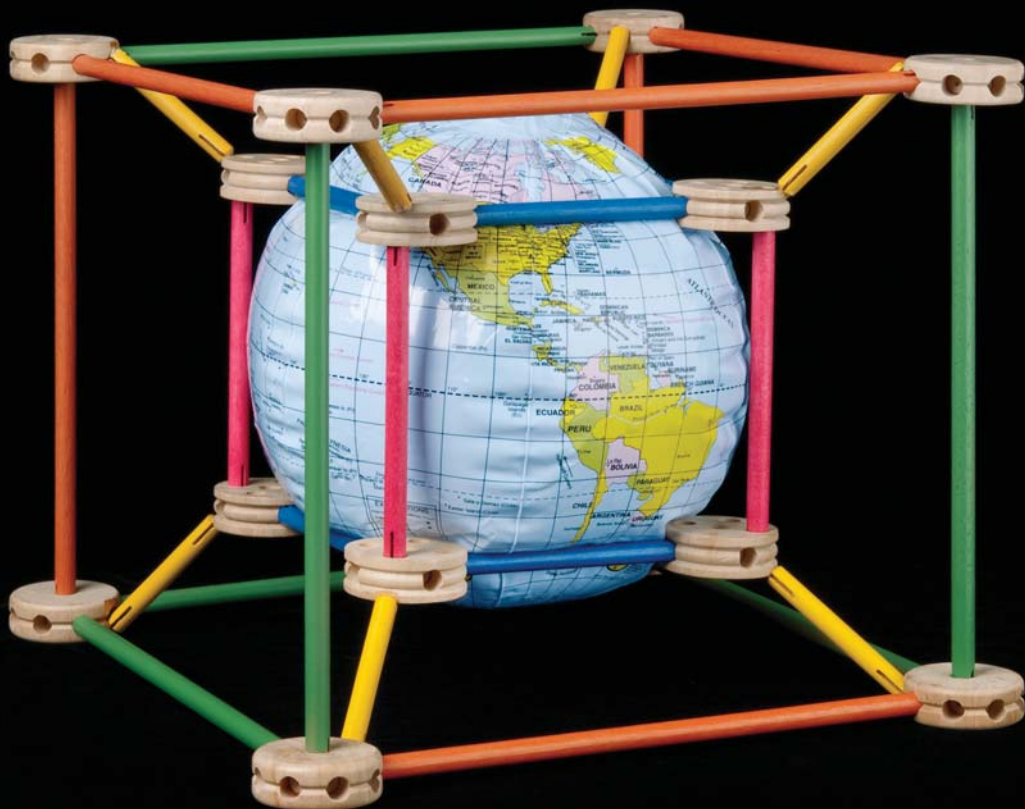
Дополнительные измерения могли бы проявить себя и другими способами. Если бы БАК породил субатомные черные дыры, это стало бы прямым доказательством существования дополнительных измерений, т.к. в обычном трехмерном пространстве силы гравитации слишком слабы, чтобы создать черные дыры столь малых размеров. Они подобным же образом изменили бы поведение других сил, например электромагнитных, в микромасштабах. А управляя действием суперсимметрии, они смогли бы привести к созданию четких картин взаимосвязи между массой и другими свойствами частиц. Если отвлечься от БАК, намеки на существование дополнительных измерений ученые могли бы найти путем измерений гравитационных сил

и наблюдения орбит черных дыр или взрывающихся звезд.

Открытие дополнительных измерений преобразовало бы не только физику, но и родственные дисциплины. Дополнительные измерения помогли бы раскрыть такие тайны, как ускорение расширения Вселенной, и даже стать прелюдией к пересмотру всей концепции размерности, углубляя представление о том, что пространство и время возникают из физических принципов, действующих в безграничном и вечном мире.

«Итак, хотя обнаружение дополнительных измерений будет потрясающим открытием, на более глубоком, концептуальном уровне оно будет не столь уж фундаментальным», — говорит физик Нима Аркани-Хамед (Nima Arkani-Hamed) из Института перспективных исследований в Принстоне, штат Нью-Джерси.

Сколь бы привлекательными ни были дополнительные измерения, мы сами никогда не сможем проникнуть в них. Будь они открытыми для частиц, из которых состоят наши тела, дополнительная свобода движений дестабилизировала бы сложные структуры, включая жизнь. ■



ВНЕЗЕМНОЙ РАЗУМ



МАЛОВЕРОЯТНО

Джон Мэтсон

КАК МЫ БУДЕМ РЕАГИРОВАТЬ НА СИГНАЛЫ ИЗ КОСМОСА?

В апреле 1960 г. в Национальной радиоастрономической обсерватории в Грин-Банке, штат Западная Виргиния, Фрэнк Дрейк (Frank Drake), которому тогда было 29 лет, навел 26-метровый радиотелескоп на две ближайšie звезды. Он надеялся получить сигнал от цивилизаций, которые, возможно, существуют в этих звездных системах. Попытка не увенчалась успехом, но проект *Ozma* Дрейка положил начало усердному поиску внеземного разума (*Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI*), продолжающемуся и ныне.

Дрейк, которому в мае исполнилось 80 лет, продолжает это дело. Он руководит Центром по изучению жизни в космосе им. Карла Сагана и некоммерческим Институтом SETI в Маунтин-Вью в Калифорнии. Тем, кто занимается поиском внеземного разума, сегодня не нужно арендовать время на других астрономических инструментах: они располагают собственными, специально созданными, вроде строящейся системы радиотелескопов *Allen Telescope Array (ATA)* в Хат-Крике (Калифорния). Однако финансируется этот проект скудно, поэтому строительство остановилось на 42 тарелках из запланированных 350, и астрономы пока не собрали достаточно данных, чтобы рассуждать о наличии разумной жизни во Вселенной.

«Несмотря на то что мы занимаемся этими исследованиями уже 50 лет, мы пробыли за телескопом не так уж много времени, — сказал директор Центра SETI-исследований в Институте SETI Джилл Тартер (Jill Tarter). — Нам лишь известно, что не в каждой звездной системе в Галактике имеются технологии, благодаря которым возможно посылать радиосигналы».

С ним согласен астрофизик Алан Босс (Alan P. Boss) из Института Карнеги: «Отсутствие сигналов SETI сегодня означает лишь, что цивили-

зации, от которых мы их ожидаем, распространены не настолько, чтобы ограниченные поиски SETI обнаружили хоть одну, — говорит он. — Есть еще множество неисследованных галактик». В рамках одной из наиболее широких в настоящее время программ — проекта *Phoenix* — с помощью некоторых крупнейших в мире радиотелескопов наблюдались близлежащие звезды в широком диапазоне частот. За девять лет было обследовано 800 звезд, что составляет меньше одной миллионной процента всех звезд нашей Галактики.

Даже для наблюдавшихся звезд параметры возможного искомого сигнала удивительно многочисленны. В их число, как и в случае земных радиостанций, входят частота (какая станция работает?), время работы (круглосуточно семь дней в неделю или выключается на ночь?), вид модуляции (АМ или ЧМ?) и др. «Этот поиск должен быть как минимум девятимерным, и при этом мы можем правильно оценить, что именно следует искать, и построить подходящий инструмент для восьми из этих измерений, но ничего не найти из-за ошибки в одном», — говорит Тартер.

Доводы в пользу поиска внеземного разума и широкого распространения жизни во Вселенной были подкреплены подтверждением распространенности планетных систем у других звезд. Большинство из 400 с лишним исследованных планет других звездных систем — это горячие гиганты, непригодные для

жизни в том виде, как мы ее знаем. Но в ближайшие годы космический телескоп «Кеплер», обследующий сегодня больше 100 тыс. звезд на предмет наличия планет, должен решить вопрос о распространенности планет земного типа.

Однако даже на планетах земного типа высокоорганизованная жизнь, способная создать технологии, позволяющие передавать радиосигналы, может быть редкостью. Многие исследователи надеются найти более простые формы жизни вроде микробов или слизевиков. Босс отмечает, что такие формы жизни должны быть достаточно широко распространенными, однако технологиями, которые позволили бы их обнаружить, мы не будем располагать еще по меньшей мере два десятка лет.

Но что делать, если кто-то все-таки поймает сигнал от высокоразвитой цивилизации? У сообщества SETI на этот случай есть предупредительные обсерватории во всем мире, а у правительств такого нет. Даже на уровне ООН не существует структуры, которая могла бы направлять последующие спорные шаги. Если мы услышим крик потенциально враждебного соседа, осмелимся ли мы ответить?

Для Дрейка, который, будучи аспирантом, думал, что обнаружил сигнал от внеземного разума, впечатление не будет совершенно новым. «Если вы думаете, что это случилось, у вас возникает совершенно особое чувство, ибо вы понимаете, что все изменится, — говорит он, имея в виду новые знания о других мирах, существах и культурах. — Чтобы понять это ощущение, вы должны, так же как и я, испытать его». ■

ОБМЕН ЯДЕРНЫМИ УДАРАМИ



МАЛОВЕРОЯТНО

Филип Ям

МЕСТНЫЙ КОНФЛИКТ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ВСЕМИРНОМУ КОШМАРУ

Окончание холодной войны и продолжающиеся усилия США, России и других стран по контролю вооружений намного уменьшили угрозу глобального ядерного уничтожения. Од-

нако сохраняющаяся напряженность делает местный обмен ядерными ударами вполне реальной угрозой.

Одиночный ядерный взрыв может привести к страшным последстви-

ям. Взрыв над Хиросимой, эквивалентный 15 килотоннам тротила, породил ударную волну сверхзвуковой скорости, которая снесла почти до основания бетонные здания. Тепловое излучение взрыва вызвало смертельные ожоги у людей в радиусе километра. Люди, находившиеся на многокилометровых расстояниях от эпицентра, со временем погибли от последствий радиационного поражения и рака.

Однако глобальных эффектов не возникнет, если не взорвутся десятки ядерных бомб, что может произойти, например, в случае обмена

ядерными ударами между Индией и Пакистаном. Моделируя предполагаемые эффекты, ученые исходили из предположения, что эти страны «разгрузят» весь свой ядерный потенциал, поэтому будет взорвано около 100 бомб примерно такой мощности, как в Хиросиме (см.: Робок А., Тун О.Б. *Локальная ядерная война и глобальная катастрофа* // ВМН, № 3, 2010).

Кроме 20 млн человек, которые погибнут в ходе этой войны, со временем умрут еще множество людей, живущих вне зоны конфликта. Дело в том, что взрывы поднимут в верхние слои атмосферы 5 млн т сажи.

Переносимая ветрами, она примерно за неделю обогнет земной шар, а через несколько месяцев накроет его весь как одеялом. Затмение неба лишит растения доступа к солнечному свету и нарушит все пищевые цепи как минимум на десятилетие. В итоге голод сможет погубить около миллиарда человек, страдающих от недостатка продовольствия и сегодня.

Последствия мрачны, но есть и одно светлое пятно: предотвращение такого губительного события лежит в пределах возможностей (и ответственности) человечества. ■

СОТВОРЕНИЕ ЖИЗНИ

Дэвид Биелло

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ ПЕРЕСТРАИВАЕТ ОРГАНИЗМЫ, НО МОЖЕТ ЛИ ОНА ВДОХНУТЬ ЖИЗНЬ В НЕЖИВУЮ МАТЕРИЮ?

Ученый добавляет несколько химических соединений в лабораторный стакан с булькающей жидкостью и взбалтывает ее. Происходят незаметные реакции — и вот чудесным образом возникает новая форма жизни, готовая развиваться и процветать. Таково популярное представление о синтетической биологии или сотворении жизни в лаборатории.

На самом деле специалисты в этой области не рвутся оживлять неживое. Они пока еще далеки от понимания базовых процессов, которые могли бы позволить инертным, не имеющим устремлений соединениям собраться в живую самоорганизующуюся клетку. Повторить знаменитый эксперимент Миллера — Юри 1952 г., продемонстрировавший образование аминокислот из смеси газов, соответствовавшей тогдашним представлениям о составе атмосферы ранней Земли, так, чтобы можно было сделать достаточно определенные выводы, непросто.

Вместо этого синтетическая биология занимается видоизменением существующих организмов. Это можно представить как генную инженерию на стероидах: вместо замены одного гена синтетические биологи мо-



ПОЧТИ НАВЕРНЯКА

дифицируют большие группы генов или даже целые геномы. Изменения в ДНК могут заставить организмы вырабатывать химические соединения, топливо и даже лекарственные препараты. «Они конструируют с нуля набор команд для жизнедеятельности и вводят их во что-то уже живое, заменяя природный набор команд, — объясняет биоинженер Дрю Энди (Drew Endy) из Стэнфордского университета. — Это определяет альтернативный путь распространения жизни по Земле. Вам теперь необязательно происходить непосредственно от родителей».

В свете этого некоторые ученые не видят смысла в том, чтобы искусственно воспроизвести существующую живую клетку. «Вместо того чтобы создавать что-то близкое к существующей клетке, вы можете просто ее использовать», — указывает генетик — разработчик технологий Джордж Черч (George Church) из Гарвардской медицинской школы. А манипулирование геномами приобрело такой широкий размах, что им занимаются даже школьники старших классов.

На самом деле синтетическая биология занимается перенесением принципов крупномасштабного производства в биологию. Представьте себе мир, где плетеное кресло вырастает само из запрограммированного соответствующим образом бамбука, так что не надо сплетать его вруч-



ную или механическим способом. Или дома питаются электроэнергией от самособирающихся солнечных батарей («листья»), а деревья выделяют из своих стволов дизельное топливо. Мир, в котором биологические системы перестроены таким образом, чтобы удалять загрязнения или не бояться изменений климата. Возможно даже, что удастся создать некие перепрограммированные бактерии, способные проникать в наше тело, чтобы лечить его, действуя подобно армии живых внутренних врачей.

«В принципе, все, что изготавливается, может производиться с помощью биологии», — говорит Черч. В небольших масштабах это уже происходит. Используемые в стиральных порошках энзимы от высокотемпературных микробов были видоизменены таким образом, чтобы они работали в холодной воде, — это позволяет экономить энергию.

Синтетическая биология «намеревается фундаментально изменить способ, которыми мы изготавливаем все на свете, на ближайшие столетия», — говорит Дэвид Реджески (David Rejeski), директор научных, техноло-

гических и инновационных программ Международного научного центра им. Вудро Вильсона в Вашингтоне. — Мы можем конструировать материю в биологическом масштабе. Это не меньшее достижение, чем промышленная революция XIX в.»

С большими перспективами связан и большой риск — опасность выхода видоизмененных организмов за пределы лаборатории. Сегодня большинство таких организмов слишком неумелы, чтобы выживать в природных условиях, но биологи-синтетисты понимают, что для более сложных созданий будущего потребуются различные меры защиты, например строгий контроль или введение какого-то механизма саморазрушения в новый генетический код. Поскольку специалисты могут полностью перестраивать организмы на генетическом уровне, они могут и изолировать их от природных систем. «Мы можем заставить их быстро погибнуть», — говорит Энди.

И все же некоторые ученые пытаются сотворить жизнь. Кэрол Лартиг (Carolee Lartigue), Хэмилтон Смит (Hamilton Smith) и другие из Института Крейга Вентера создали с нуля

геном бактерии и даже превратили один тип бактерии в другой. В других организациях исследователи создали синтетические органеллы и даже совершенно новую органеллу, так называемую синтосому, которая должна вырабатывать энзимы для синтетической биологии. Создание жизни с нуля может оказаться неотвратимым.

Сотворение жизни не будет означать, что ученые поняли, как она возникла впервые, но может вызвать страх перед тем, что человечество незаслуженно приобрело божественную мощь. Однако это достижение может иметь и более скромные последствия — преобразование нашего понимания сосуществующих с нами форм жизни. «Мы сможем приспособить свою цивилизацию к партнерству с живым миром на молекулярном уровне так, чтобы устойчиво производить нужные нам материалы, энергию и продукты питания», — говорит Энди. — Мы достигнем равновесия в партнерстве со всеми остальными формами жизни на планете способом, кардинально отличающимся от того, как мы взаимодействуем с природой сегодня». ■

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Майкл Мойер

СВЕРХПРОВОДНИКИ, СОХРАНЯЮЩИЕ СВОИ СВОЙСТВА ПРИ ОБЫЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ, ПРЕОБРАЗУЮТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СЕТИ, ЕСЛИ ОКАЖЕТСЯ, ЧТО ОНИ МОГУТ СУЩЕСТВОВАТЬ

Электростанцию, работающую на угле, можно построить почти в любом месте. С возобновляемыми источниками энергии дело обстоит иначе. Самые сильные ветры дуют на горных плато. Солнце светит ярче всего в пустынях. Передача энергии из этих мест на сотни километров в города станет одной из труднейших задач при переходе на возобновляемые источники энергии.

Новейшие сверхпроводящие кабели позволяют передавать мегаватты электроэнергии на тысячи километров с потерями, не превышающими нескольких процентов. Но здесь есть своя сложность: эти кабели должны

поддерживаться в среде жидкого азота с температурой 77 К (–196° С). А это означает, что примерно через каждый километр придется размещать насосные и холодильные установки, что резко усложнит и удорожит систему сверхпроводящих кабелей.

Сверхпроводники, способные работать при обычных температурах, позволили бы обеспечить поистине глобальное энергоснабжение. Солнце Сахары способно обеспечивать Западную Европу электроэнергией по сверхпроводящим кабелям, проложенным по дну Средиземного моря. Но сама возможность создания сверхпроводников, которые могут



работать при комнатной температуре, остается сегодня такой же тайной, какой она была в 1986 г., когда ученые впервые создали сверхпроводящий материал, пригодный для работы при сравнительно высокой температуре жидкого азота (прежние материалы обладали сверхпроводящими свойствами только при температурах не выше 23 К).

Два года назад открытие нового класса сверхпроводников — на основе железа — породило надежды, что теоретики смогут разгадать механизм высокотемпературной сверхпроводимости (см.: Коллинз Г. Железный ключ // ВМН, № 10, 2009). На этой основе, возможно, удастся найти путь к созданию сверхпроводников, работающих при комнатных температурах. Но ветры перемен не всегда дуют по команде. ■

САМОСОЗНАНИЕ МАШИН



ВЕРОЯТНО

Ларри Гринмейер

ЧТО ПРОИЗОЙДЕТ, КОГДА РОБОТЫ НАЧНУТ ОТДАВАТЬ КОМАНДЫ?

Исследователи искусственного разума (ИР) не сомневаются, что разработка высокоинтеллектуальных компьютеров и роботов, способных к самовоспроизведению, самообучению и приспособлению к различным условиям, изменит мир. Однако на вопросы о том, когда это произойдет, как далеко зайдет и что с этим делать, пока нет ответа.

Современные разумные машины в большинстве своем предназначены для решения конкретных задач в определенных условиях. Однако скоро они станут более самостоятельными. «По мере того как работы, выполнение которых мы хотим поручать машинам, усложняются, становится все более важно, чтобы эти машины могли сами заботиться о себе», — говорит инженер-механик и специалист по информатике Ход Липсон (Hod Lipson) из Корнеллского университета. Чем меньше мы можем предвидеть результат, указывает он, тем больше необходимость в способности машин адаптироваться к условиям работы и самостоятельно принимать решения. Поскольку машины делают успехи в обучении, «я думаю, это ведет к их самосознанию и самоанализу», — говорит Липсон.

Хотя неврологи расходятся во мнениях относительно биологической основы самосознания, ключевым элементом представляется сложность, а это позволяет рассчитывать, что компьютеры с достаточно совершенными адаптивными аппаратной и программной частями могут однажды приобрести самосознание. Возможно, мы узнаем, что они достигли этого когнитивного уровня, только тогда, когда они внезапно начнут войну против нас, как в фильме «Терминатор». Более вероятно, однако, что мы сможем предвидеть переход техники на этот уровень заблаговременно.

Подобная самоуверенность основана на наблюдениях за людьми. Мы уникальны в отношении развитости интеллекта, который позволяет нам раз за разом совершенствовать себя, достигая все больших высот, считает Селмер Брингсборд (Selmer Bringsjord), философ из Политехнического института Ренсселира. Если животные, по-видимому, заключены в «заданную внешними силами когнитивную тюрьму», указывает он, то люди имеют способность освобождать себя от этих ограничений.

Как только машина осознает свое существование, она сможет придумать себе усовершенствование. «Это может стать поистине опасным делом», — говорит Уилл Райт (Will Wright), создатель игры *Sims* и соучредитель робототехнической мастерской *Stupid Fun Club*. Когда у машины впервые возникнет самосознание, за ним последует самосовершенствование, которое представляет собой «критическую меру того, когда вещи становятся интересными», добавляет он. Усовершенствования будут осуществляться в последующих поколениях, для смены которых в случае машин может потребоваться всего несколько часов.

Иными словами, отмечает Райт, самосознание поведет к самовоспроизведению и далее к созданию более совершенных машин без участия человека. В отношении судьбы человечества «такой сценарий лично меня всегда пугал больше, чем других», говорит он. «Это может произойти еще при нашей жизни. И как только нам придется делить планету с иной формой суперинтеллекта, для нас все будет потеряно».

Не все столь пессимистичны. В конце концов, машины следуют логике программирования, и если выполнять программирование пра-

вильно, «машина не сможет приобрести какой-то сверхъестественной мощи», говорит Брингсборд. Однако он отмечает, что опасения вызывает возможность использования искусственного разума в оружии или боевых машинах за кулисами, где никто не сможет повлиять на развитие событий. «В остальных случаях, я думаю, мы сможем контролировать будущее, используя ИР ответственно», — уверен исследователь.

Появление более высокого ИР не будет похоже на «вторжение враждебных машин-пришельцев с тем, чтобы вытеснить нас», соглашается футуролог и выдающийся писатель Рэй Курцвейл (Ray Kurzweil). Машины, считает он, будут следовать путем, повторяющим путь эволюции человека. Однако в итоге самоосознающие и самосовершенствующиеся машины разовьются до уровня, когда человек не сможет не только управлять ими, но и понимать их, добавляет он.

Юридические следствия работы машин без контроля человека неясны, но, «пожалуй, стоит подумать об этих вещах», говорит Липсон. Если роботы станут программировать друг друга без участия человека, будет очень трудно обеспечить выполнение этических правил вроде выдвинутых покойным Айзеком Азимовым «трех законов робототехники», которые требуют, чтобы робот не мог причинить вред человеку и не позволял это делать кому бы то ни было. «Законы робототехники Азимова основаны на предположении, что работа программируете вы», — говорит Липсон.

Другие сомневаются, что люди вообще смогут управлять новым поколением ИР. «Кто сказал, что эволюция не пойдет таким путем? — спрашивает Райт. — Должны ли были динозавры законодательно запретить млекопитающим размножаться и захватить большую часть планеты?» Если контроль окажется невозможным, будем надеяться, что мы сможем мирно ужиться на одной планете со своими кремниевыми соседями. ■



ВЕРОЯТНО



ТАЯНИЕ ПОЛЯРНЫХ ШАПОК

Дэвид Биелло

УБЕРИТЕ ПЛЯЖНЫЙ ШЕЗЛОНГ: ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ МОРЯ БУКВАЛЬНО ПЕРЕФОРМИРУЕТ МИР

Территория США сокращается — физически. На Восточном побережье она в течение XX в. потеряла полосу шириной около 20 м. За счет потепления (теплая вода занимает больший объем) и таяния полярных льдов уровень океана с 1900 г. поднялся примерно на 17 см. Однако этот подъем составляет лишь малую часть предстоящего. «Рассчитывайте на целый метр к концу нынешнего столетия, — говорит гляциолог Роберт Биндшадлер (Robert Bindschadler), заслуженный научный работник NASA в отставке. — Потепление океана уничтожает ледовый щит».

Некоторые из наиболее известных прогнозов — затопление Флориды слоем воды в несколько метров и обширный залив на месте нынешней Бангладеш — могут сбыться лишь через несколько столетий. Но к 2100 г. следует ожидать освобождения ото льда Северного Ледовитого океана и существенного изменения береговых линий. По оценкам экономиста Николаса Стерна (Nicolas Stern) из Лондонской школы экономики, на территориях, возвышающихся над современным уровнем океана всего на один метр, живут 200 млн человек и расположены восемь из десяти крупнейших городов мира и все мегаполисы развивающихся стран. «Им придется перебраться», — полагает Биндшадлер.

И в самом деле, если выбросы парниковых газов не сократить, то по мере таяния льда на высокогорьях (где содержится около 1% всего льда планеты), в Гренландии (9%) и Антарктиде (90%) уровень океана будет повышаться. Общего объема этого льда достаточно для того, чтобы уровень океана поднялся по меньшей мере на 65 м.

Чтобы растопить весь этот лед, потребуются столетия, но пока тая-

ние происходит быстрее, чем ученые ожидали всего несколько лет назад. И даже при постепенном повышении уровня океана риск катастрофических штормовых нагонов и тому подобных бедствий растет.

Сюрпризом стало недавно оцененное гравитационное притяжение воды льдом: грубо говоря, «таяние льда в Гренландии вызовет повышение уровня в основном в Северном полушарии, а таяние антарктического льда — в Южном, — говорит физик Ричард Пелтиер (W. Richard Peltier) из Университета Торонто. — Мы ожидаем, что наиболее подверженным дестабилизации из-за продолжающегося потепления будет район Западной Антарктики».

Даже если выбросы парниковых газов удастся уменьшить, избежать таяния полярных льдов будет трудно, поскольку изменения ледовых щитов отстают от общих изменений климата, и время их восстановления будет долгим. Как сможет приспособиться человечество к более изобилующему водой миру, пока неизвестно. Нынешние тенденции заставляют думать, что «нам не удастся избежать этого», утверждает Биндшадлер. ■

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В КАЛИФОРНИИ



ПОЧТИ НАВЕРНЯКА

Кэтрин Хармон

РАЗОРВЕТ ЛИ КАЛИФОРНИЮ СИЛЬНО ЗАПАЗДЫВАЮЩЕЕ БОЛЬШОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ?

Возможно, землетрясение *Big One* и не сделает Лос-Анджелес островом, но любое значительное сейсмическое явление на разломе Сан-Андреас сдвинет этот город на несколько метров в сторону Сан-Франциско. Ученые давно ждут сильного землетрясения на Западном побережье. По оценке Геологической службы США (USGS), вероятность того, что до 2038 г. в Калифорнии произойдет землетрясение с магнитудой не меньше 6,7, такой же силы, как в Нортридже в 1994 г., составляет 99%.

Но оно вполне может оказаться и более сильным. Намного более

сильным. Если разом разорвется большая часть разлома Сан-Андреас, магнитуда землетрясения может достичь 8,2, говорит Люси Джонс (Lucy Jones), главный научный сотрудник Проекта демонстрации множественной опасности USGS в Северной Калифорнии.

Разлом Сан-Андреас протянулся примерно на 1,3 тыс. км от юга Калифорнии до залива Сан-Франциско и образует границу между двумя тектоническими плитами: Североамериканской, движущейся в юго-восточном направлении, и Тихоокеанской, движущейся в северо-западном направлении.

На основании геологических данных ученые полагают, что смещения в разломе происходят примерно каждые 150 лет. Однако последний крупный сдвиг произошел около 300 лет назад.

Землетрясение магнитудой 7,8 (которое в отчете USGS и Калифорнийского геологического общества за 2008 г. названо «вероятным событием») смогут ощутить около 10 млн жителей Южной Калифорнии, из них около 1,8 тыс. человек могут погибнуть и около 50 тыс. получить травмы. Встряска такого масштаба, которую USGS моделировало в рамках проекта *ShakeOut Earthquake Scenario*, вызовет смещение в районе разлома примерно на 13 м. Оно приведет к большим разрушениям пересекающих разлом шоссе и железных дорог, трубопроводов и коммуникационных кабелей, а также вызовет обвалы и оползни. Афтершоки магнитудой до 7,2 будут сотрясать регион еще не одну неделю. Объем материальных потерь составит примерно \$200 млрд, и еще многие миллиарды потребуются на долгосрочное восстановление инфраструктур и производств, указывает Джонс.

Но Сан-Андреас — не единственный разлом, склонный к смещению, а сейсмическая активность вдоль одного разлома может вызвать смещения и вдоль других разломов с накопленной энергией, даже удаленных на тысячу километров. Землетрясение магнитудой 6,5 в море, потрясшее Северную Калифорнию в январе, произошло на южной границе зоны субдукции Каскадия, которая проходит вблизи северо-западной части Тихоокеанского побережья США. Эта граница плит способна высвободить энергию, соответствующую магнитуде не меньше 9,0, как при Суматранском землетрясении 2004 г., вызвавшем разрушительные цунами. Геологические данные позволяют считать, что в ближайшие десятилетия вероятность землетрясений, подобных землетрясению 1700 г., которое обрушило цунами на все побережье Японии, составляет около 10%.

Предсказание землетрясений несколько напоминает попытку прогноза погоды на неделю вперед на основе общих сведений о климате, говорит геофизик Роберт Йейтс (Robert Yeats) из Университета штата Орегон. Понимая, что землетрясение вполне может произойти довольно скоро, он добавляет, что оно «не влияет на ваши планы на отпуск, но должно повлиять на строительные нормы и правила». Самые крупные здания могут оказаться и самыми безопасными — некоторые небоскребы штата стоят с расчетом на сейсмостойкость в отношении землетрясений с магнитудой до 7,8. А поскольку большое землетрясение запаздывает, следующий сдвиг может и не привести к наихудшему сценарию. Ученые продолжают изучать сведения о частоте сильных землетрясений (магнитудой больше 6,0) в геологических записях и наш-

ли некоторые новые данные, которые позволяют думать, что более типичными для разлома Сан-Андреас могут быть менее сильные землетрясения.

Благодаря современным, более продуманным конструкциям зданий и кампаниям по подготовке населения землетрясение *Big One*, когда оно все же произойдет, может оказаться не столь разрушительным, как долго боялись. Гораздо больший хаос может возникнуть от землетрясений даже умеренной мощности в более бедных странах с менее подготовленным населением, как это произошло в январе на Гаити, где погибло около четверти миллиона человек. Это наглядный пример того, как внезапный сдвиг разлома может быстро обратить в руины города, для которых тщательное проектирование было недоступной роскошью. ■



ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА



ПОЧТИ НЕВЕРоятНО

Майкл Мойер

ОНА РЕШИТ МНОГИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, НО ПОЛУЧИТЬ ЕЕ ПОКА ЕЩЕ ОЧЕНЬ ТРУДНО

Согласно старой шутке, до постройки работающего термоядерного реактора всегда остается 20 лет. Сегодня картина представляется чуть более оптимистичной. Эк-

перименты на самой большой установке для исследований плазмы — реакторе *ITER* на юге Франции — начнутся не раньше 2026 г. Чтобы подготовиться к проектированию

последующей установки — экспериментального прототипа, способного получать полезную энергию от термоядерной плазмы, удерживаемой в магнитной ловушке, — ученым и инженерам понадобится проводить испытания на *ITER* не меньше десяти лет. И еще должно будет смениться целое поколение, прежде чем ученые смогут начать строить реакторы, способные отдавать энергию электрическим сетям.

Тем временем потребность в энергии продолжает расти. «Поэтому нужен новый подход», — указывает Эдвард Мозес (Edward Moses), директор крупной установки для термоядерных исследований — Национального комплекса зажигания, где для инициирования термоядерной реакции на таблетку ядерного топлива фокусируется множество лазерных пучков.

Теоретически термоядерные электростанции позволят решить проблему дефицита электроэнергии. Топливом для них будет служить тяжелый изотоп водорода, который

содержится в морской воде, и они не будут давать вредных выбросов: ни копоти, ни ядерных отходов, ни парниковых газов. Для выработки электроэнергии на Земле в них будут использоваться те же силы, которые работают в недрах Солнца.

Возможно, однако, что на практике термоядерные реакции не изменят мир, как это представляли физики. Создание технологий, необходимых для запуска самоподдерживающейся термоядерной реакции и управления ею, оказалось очень трудным делом. Более того, первые реакторы наверняка окажутся слишком дорогими для широкого внедрения в нынешнем столетии.

Мозес и другие ученые полагают, что кратчайший путь к использованию термоядерной энергии — гибридный подход, при котором термоядерные реакции используются для ускорения реакций деления в ядерных отходах. При этом подходе, который получил название *LIFE* (*Laser Inertial Fusion Engine*, «лазер-

ная термоядерная машина с инерциальным удержанием плазмы»), энергия мощных лазеров фокусируется на маленькую таблетку топлива. Взрыв ее вызывает короткий импульс термоядерной реакции. Образовавшиеся в результате этой реакции нейтроны разлетаются и бомбардируют оболочку из делящегося материала — либо отработанного топлива обычного ядерного реактора, либо обычного низкообогащенного оружейного урана. В этой оболочке нейтроны запускают дополнительные акты деления, при которых выделяется тепло для получения электроэнергии, и ускоряют распад продуктов до стабильных атомов (что одновременно решает проблему удаления ядерных отходов). Мозес заявляет, что он может к 2020 г. построить технический прототип установки *LIFE*, а к 2030 г. — подключить работающую электростанцию этого типа к энергосети.

Иными словами, до появления термоядерного реактора ждать осталось 20 лет. ■

МАЛОВЕРОЯТНО



СТОЛКНОВЕНИЕ С АСТЕРОИДОМ

Робин Ллойд

СТОЛКНОВЕНИЕ, СПОСОБНОЕ ПОГУБИТЬ ВСЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО, МАЛОВЕРОЯТНО, НО ВЗРЫВ В АТМОСФЕРЕ МОЖЕТ СТЕРЕТЬ С ЛИЦА ЗЕМЛИ ЦЕЛЫЙ ГОРОД



13 июня мимо Земли пролетел астероид *2007XB10* диаметром 1,1 км, потенциально способный вызвать

глобальную катастрофу. Он прошел от нее достаточно далеко — на расстоянии 10,6 млн км, что в 27 раз больше расстояния от Земли до Луны. Похоже, в обозримом будущем ни один гигантский астероид не готов переменить историю Земли. Плохая новость состоит в том, что в ближайшие 200 лет мы можем ожидать взрыва небольшой космической глыбы в земной атмосфере, способного уничтожить средних размеров город.

Астероиды и кометы, которые могут приблизиться к Земле на расстояние меньше 195 млн км, считаются околоземными объектами (*near-Earth objects, NEO*). В 2009 г. *NASA* насчитала 90 *NEO*, которые приближаются к Земле на расстояние

меньше пяти расстояний до Луны, и 21 *NEO*, способный приблизиться на расстояние, не превышающее расстояния до Луны. Охотники за *NEO* обычно обнаруживают их как пятнышки на изображениях, и эти беглые знакомства затрудняют вычисления их орбит. Поэтому исследователи могут лишь ставить на удачу, пока не получат больше данных. *NASA* выявила 940 *NEO* диаметром не меньше километра (около 85% от предполагаемого общего числа объектов таких размеров), и ни один из них не столкнется с Землей. (*NEO*, погубивший динозавров, имел диаметр около 10 км.)

Согласно отчету Национального научно-исследовательского совета (*NRC*), опубликованному в начале этого года, более серьезную угрозу представляют меньшие глыбы. Эти астероиды и кометы, около 100 тыс. из которых имеют размеры 140 м и больше, слишком малы, чтобы вызвать всемирную катастрофу, но даже самые мелкие из них при

входе в земную атмосферу могут вызвать выделение энергии порядка 300 мегатонн в тротиловом эквиваленте. И подобные события происходят в среднем гораздо чаще (примерно раз в 30 тыс. лет для 140-метровых объектов), чем столкновения с объектами размером, скажем, в 1 км (раз в 700 тыс. лет).

С учетом возможной опасности Конгресс США в 2005 г. поручил NASA выявить к 2020 г. 90% таких NEO. Однако, как установил NRC, нехватка средств не позволит ученым уложиться в этот срок. Охотники за NEO получают из федеральных средств около \$4 млн в год.

В любом случае, с учетом риска специалисты имеют в виду даже более мелкие объекты, поскольку наиболее вероятен сценарий взрыва в атмосфере «разрушителя городов» — болида диаметром 30–50 м. Наиболее известный случай такого рода воздушного взрыва произошел в 1908 г. в районе реки Подкаменная Тунгуска в Восточной Сибири, опустошив район размером с Лондон. Знаменитый метеоритный кратер в Аризоне создан объектом, обладающим подобным размером.

В настоящее время почти самые полные данные о взрывах в атмосфере хранятся в Министерствах обороны и энергетики США и на станциях наблюдения, созданных в рамках Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ). В отчете NRC, где выражается пожелание предоставления более широкого доступа к тщательно оберегаемым данным, частота «воздушных взрывов» 25-метровых объектов оценивается примерно как раз в 200 лет. Большинство таких взрывов происходят над океаном, где непосредственная угроза жизни людей очень мала, но возможно возникновение цунами. Член NRC Марк Бослоу (Mark Boslough) из Национальных лабораторий Сандия говорит, что объекты размером порядка 4 м взрываются в атмосфере Земли каждый год.

Так что же нам нужно делать, если мы обнаружим NEO, грозящий столкновением с Землей? Наибо-

лее реалистичные планы предотвращения этой угрозы находятся пока в начальной стадии разработки, говорит член NRC Майкл А'Херн (Michael F. A'Hearn) из Мэрилендского университета. В случае не слишком больших объектов, обнаруженных за годы или десятилетия до возможного столкновения, наиболее подходящим может оказаться метод изменения его орбиты с помощью механического удара космическим аппаратом. Для NEO размера больше 50 м, обнаруженных за

годы или месяцы до столкновения, единственный вариант — ядерный взрыв. Применительно к объектам класса разрушителей городов, обнаруженным с малой заблаговременностью, выбор невелик. Возможно, он ограничивается только эвакуацией населения, и счастье, если ее удастся осуществить эффективно, считает А'Херн. Тем больше оснований, видимо, быть благодарными судьбе за то, что, насколько мы знаем, к нам пока ничто не направляется. ■

ГИБЕЛЬНАЯ ПАНДЕМИЯ



Кэтрин Хармон

НЕСМОТРЯ НА УКРОЩЕНИЕ ВИРУСА H1N1, ВИРУСЫ ГРИППА СПОСОБНЫ УБИТЬ МИЛЛИОНЫ ЛЮДЕЙ И ВЫЗВАТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ХАОС

Вирус H1N1 не вызвал пандемии, но вскрыл несколько жестоких истин относительно нашей готовности (или неготовности) к борьбе с губительным патогеном. Несмотря на большие успехи медицины со времени эпидемии гриппа 1918 г., заразная болезнь по-прежнему может выкосить население и перевернуть общественные, экономические, политические и правовые структуры во всем мире.

Новый вирулентный штамм (вируса гриппа или любого другого) может убить миллионы людей, даже молодых и находящихся в расцвете здоровья и сил, указывает Лоренс Гостин (Lawrence O. Gostin), профессор всемирного права в области здравоохранения из Джорджтаунского университета. Кроме того, многие страны, возможно, закроют границы, что будет сопровождаться дискриминацией отдельных лиц и обвинениями в адрес правительств. Международная торговля упадет, что вызовет «огромные финансовые потери», говорит Гостин, который оценивает вероятный спад ВВП в 3–5% (что принесет потери в \$1,8–\$3 трлн). Этот период нестабильности и распространения инфекции может длиться не один год, говорит Гостин, так как последова-

тельные волны заболеваемости могут накатывать со сменами времен года.

В ситуации, когда вирусная угроза только начнет проявляться, политикам и правительствам придется принимать жесткие решения на основе неточной и неполной информации. Усилия правительств по борьбе с распространением заболевания могут ущемить основные права человека.

Если распространение инфекции начнется по злому умыслу, социальные последствия могут оказаться еще более тяжелыми. «Заболеваемость и смертность могут быть не такими высокими, но когда бедствие вызвано человеком, страх у народа оказывается самым сильным. В социальном и экономическом отношении этот случай более разрушителен, чем при природном бедствии», — считает Гостин. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

■ Расширенную мультимедийную версию настоящей статьи, содержащую дополнительные подробности, см. на www.ScientificAmerican.com/interactive