

Коллектив авторов
На что похоже будущее?

Под редакцией

Джима Аль-Халили

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА ■ «УМНЫЕ ГОРОДА» ■ ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ■ СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ
КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ■ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ ■ ПАНДЕМИИ ■ КОЛОНИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНОЙ
СИСТЕМЫ ■ ТЕЛЕПОРТАЦИЯ И ПУТЕШЕСТВИЯ ВО ВРЕМЕНИ ■ РОБОТЫ ■ АПОКАЛИПСИС

На что похоже будущее?

Даже ученые не могут
предсказать... или могут?

«На что похоже будущее? Даже ученые не могут предсказать... или могут?»: Альпина нон-фикшн; Москва; 2020
ISBN 978-5-0013-9204-0

Аннотация

Каждый день в мире совершаются открытия и принимаются решения, влияющие на наше будущее. Но может ли кто-то предвидеть, что ждет человечество? Возможна ли телепортация (спойлер: да), как изменится климат, каким будет транспорт и что получится, если искусственный интеллект возьмет над нами верх? Станут ли люди счастливее с помощью таблеток и здоровее благодаря лечению с учетом индивидуальной ДНК? Каких чудес техники нам ждать? Каких революций в быту? В этой книге ведущие мировые специалисты во главе с Джимом Аль-Халили, пользуясь знаниями передовой науки, дают читателю представление о том, что его ждет впереди. Ведь только ученые могут предсказать наше будущее... или не могут?

На что похоже будущее? Даже ученые не могут предсказать... или могут?

Переводчик *Сергей Чернин*
Научный редактор *Дмитрий Баяк*
Редактор *Антон Никольский*
Руководитель проекта *И. Серёгина*
Корректоры *И. Астапкина, М. Миловидова*
Компьютерная верстка *А. Фоминов*
Дизайн обложки *Ю. Буга*

© Подбор материала, предисловие, глава 18 «Телепортация и путешествие во времени». Jim Al-Khalili, 2017

© Philip Ball, Margaret A. Boden, Naomi Climer, Lewis Dartnell, Jeff Hardy, Winfried K. Hensinger, Adam Kucharski, John Miles, Anna Ploszajski, Aarathi Prasad, Louisa Preston, Adam Rutherford, Noel Sharkey, Julia Slingo, Gaia Vince, Mark Walker, Alan Woodward, 2017

© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2020

Все права защищены. Данная электронная книга предназначена исключительно для частного использования в личных (некоммерческих) целях. Электронная книга, ее части, фрагменты и элементы, включая текст, изображения и иное, не подлежат копированию и любому другому использованию без разрешения правообладателя. В частности, запрещено такое использование, в результате которого электронная книга, ее часть, фрагмент или элемент станут доступными ограниченному или неопределенному кругу лиц, в том числе посредством сети интернет, независимо от того, будет предоставляться доступ за плату или безвозмездно.

Копирование, воспроизведение и иное использование электронной книги, ее частей, фрагментов и элементов, выходящее за пределы частного использования в личных (некоммерческих) целях, без согласия правообладателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

* * *

Введение
Джим Аль-Халили

Согласно теории относительности Эйнштейна будущее уже готово и ожидает нас. Все времена: прошлое, настоящее и будущее – предсуществуют и остаются неизменными в статичном четырехмерном пространстве-времени. И только наше сознание «приклеено» к непрерывно меняющемуся настоящему, двигаясь вдоль оси времени, раскрывая объятия навстречу вожделенному будущему и жадно вбирая его, чтобы оставить затем за спиной по мере его превращения в прошлое. Но знать, что там впереди, нам не дано. Как бы ясновидцы и прорицатели всех мастей ни старались убедить нас в обратном, отсутствие у человека способности предсказывать будущее – факт доказанный и неоспоримый.

Рассматривая будущее в плоскости метафизики, ученые и философы продолжают спорить о том, предопределено ли оно или многовариантно, предreshена ли наша участь в детерминистической Вселенной или мы вольны распоряжаться судьбой по своему усмотрению. Разумеется, есть явления, наступление которых мы можем предсказать вполне уверенно просто потому, что они неизбежны: Солнце наверняка будет продолжать светить (уж точно еще несколько миллиардов лет), Земля будет все так же кружиться вокруг своей оси, нам всем суждено постареть, а моей любимой команде – «Лидс Юнайтед» – вряд ли когда-нибудь удастся порадовать меня в конце футбольного сезона.

Но есть и такие сферы, где будущее может сильно расходиться с нашими ожиданиями. Мир людей настолько богат и разнообразен, что зачастую события развиваются по сценарию, который вряд ли кто-нибудь мог предугадать. Поэтому, в отличие от победы Дональда Трампа на выборах президента США в 2016 г., возможность которой некоторые все-таки допускали, время и место наступления очередного природного катаклизма – это может быть землетрясение или наводнение – предсказать невозможно (по крайней мере, сейчас).

Пытаясь спрогнозировать, как именно будет меняться наша жизнь под влиянием новых научных открытий и технологий, мы имеем дело с самым широким разбросом оценок – от неизбежности до абсолютной непредсказуемости. Обычно, когда мы хотим представить себе будущее, мы обращаемся за помощью к писателям-фантастам, прозорливости и изобретательности которых доверяем больше всего. Но скольким из них удалось до 1990 г. описать современный мир, в котором интернет объединял бы все наши жизни так, как это случилось теперь? Если задуматься, всемирная паутина даже сейчас кажется чем-то из мира фантастики.

Как же тогда быть тому, кто решит сейчас, во втором десятилетии XXI в., собрать под одной обложкой материалы о научных достижениях, ожидающих нас в ближайшее время, следующие 5–10 лет или далеком будущем, увидеть которое нам не суждено?

В некоторых из очерков, вошедших в эту книгу, содержатся мрачные прогнозы развития различных процессов – как природных, так и связанных с деятельностью человека, – которые наверняка изменят наш мир в худшую сторону, если мы ничего не предпримем сегодня. Для решения стоящих перед нами проблем глобального характера требуется вести работу не только в научно-технической, но также в финансовой, геополитической и культурной сферах. Однако совершенно очевидно, что в ближайшие десятилетия будет иметь большое значение именно умение правильно применять наши знания о мире природы, а также находить инновационные, нестандартные подходы к использованию технологий, основанных на новых научных разработках. Так что у этого сборника, кроме прогнозов, есть еще и другая задача – вселить в нас надежду, показав, как наука может смягчить последствия пессимистических сценариев развития событий, включая негативное влияние изменения климата, перенаселенности и пандемий, вызванных устойчивостью микроорганизмов к антибиотикам.

Не подлежит сомнению и то, что внедрение новых технологий – будь то в области искусственного интеллекта (ИИ), робототехники, генетики, геоинженерии или нанотехнологий, а также во множестве других захватывающих областей, переживающих сейчас бурное развитие, – требует самого тщательного рассмотрения и обсуждения. Было бы безответственно с нашей стороны очертя голову бросаться в неведомое будущее, не проведя всесторонний анализ вероятных последствий – как с этической, так и с практической точек зрения – наших открытий и возможных способов их применения. Можно привести немало

примеров областей, в которых требуется такой анализ: вытеснение людей роботами с рынка труда, поиск оптимальных способов защиты от кибертерроризма, а также растрачивание нами природных ресурсов, сопровождающееся уничтожением природной среды и ставящее под угрозу существование целых экосистем в результате роста численности и потребностей населения Земли. Впрочем, я несколько сгущаю краски – наше будущее совсем не обязательно будет таким.

Важно помнить, что само по себе научное знание находится за рамками добра и зла – все дело в том, как мы его используем. Несомненно, в ближайшие одно-два десятилетия станут повседневностью «умные» города под управлением ИИ, беспилотные автомобили, дополненная реальность, генно-модифицированные продукты, новые, более эффективные виды энергии, «умные» материалы и огромное множество самых разных гаджетов и устройств, объединенных в единую сеть и взаимодействующих друг с другом. Мир изменится до неузнаваемости и будет казаться таким же необычным в сравнении с современным, каким наш мир показался бы людям из 1970–1980-х гг. Одно можно утверждать наверняка – новые успехи в понимании, как работает мир и как мы в нем существуем, будут и дальше преобразовать нашу жизнь.

В некоторых разделах этой книги представлен вполне достоверный образ будущего. Это объясняется тем, что области научного знания, которым они посвящены, уже прошли начальную стадию формирования, а значит, у нас есть четкое понимание направления их развития в ближайшие годы. В других рассматривается несколько возможных сценариев развития, но вовсе не потому, что мы не добрались до сути этих областей научного знания или их применение может привести к неожиданным результатам, – причина в другом: будущее будет зависеть от того, как мы распорядимся этими знаниями. Нам придется делать выбор всем вместе, с участием всех членов общества. Чтобы не ошибиться, нужны не только ответственные политики, но и просвещенное население, которое готово воспринимать научное знание.

Есть ряд тем, таких как беспилотные автомобили, геномная инженерия и так называемый интернет вещей (ИВ), которые затрагиваются в нескольких разделах. Мы намеренно пошли на этот шаг, чтобы дать читателю возможность под разным углом взглянуть на перемены, которые произойдут в жизни каждого из нас в ближайшие десятилетия. Кроме того, тем самым мы показываем, как новые технологии взаимосвязаны и как они способствуют развитию друг друга.

Рассуждения в некоторых очерках – в особенности ближе к концу книги – принимают выраженно гипотетический характер, что закономерно, поскольку в них делается попытка заглянуть в далекое будущее. Например, в написанном мной разделе рассматривается очень отдаленное будущее, выходящее за рамки отведенного нам времени. Но какая уважающая себя книга о будущем общества может обойтись без хотя бы беглого упоминания телепортации и путешествий во времени?

Следует признать, что при знакомстве с некоторыми главами в начале книги в голове читателя может сложиться безрадостная картина будущего, которая имеет все шансы стать реальностью, если люди оставят без внимания звучащие сейчас предостережения ученых, тогда как другие наполнены оптимизмом, связанным с появлением в самое ближайшее время невиданных технологий, которые наполнят нашу жизнь новым содержанием. Однако стоит сразу оговориться, что у авторов этого сборника не было задачи ни успокоить читателя, пообещав ему светлое будущее, ни заставить его трепетать перед грядущими катаклизмами. Их задача – дать максимально честное и объективное представление о том, что ждет нас в будущем, основанное на знаниях ведущих мировых специалистов в различных областях. Все собранные здесь материалы объединяет общий подход – в их основе лежит современное понимание законов природы, то есть научные факты, а не научная фантастика. Авторы не пытаются что-то выдумывать или делать далеко идущие выводы без веских на то оснований. Они не обращаются ни к магии, ни к фантастике. Хочется верить, что свойственный им взвешенный подход к оценкам, сама основательность суждений делают эту книгу не просто

по-настоящему честной, но еще и интересной.

Будущее нашей планеты ***Демография, сохранение окружающей среды и изменение климата***

1

Демографическая ситуация **Филип Болл**

Мир меняется потому, что меняемся мы. Как и большинство прописных истин, на которые мы обычно не обращаем внимания, данное утверждение кажется очевидным, стоит произнести его вслух. Будущее будет другим не просто потому, что мы придумаем новые технологии – важно совсем не это, а то, какие именно технологии мы решим разрабатывать, какими из них будем пользоваться и, как следствие, каким разработкам мы позволим менять нас самих. Некоторые из этих технологий наверняка не только помогут решить ряд давних проблем, но и создадут новые, тогда как другие и вовсе не принесут никакой пользы в преодолении трудностей, с которыми предстоит иметь дело в будущем. В любом случае, чтобы понять будущее, недостаточно просто перенести себя нынешних в экстраполированную версию существующей сейчас природной и искусственной среды. Поэтому мы должны ответить на вопрос: как изменится наша жизнь – и как сильно она изменится?

Численность населения

Рост численности населения, который возможен только благодаря появлению новых технологий, стал сегодня одним из главных факторов изменений. Без начавшейся в XIX в. стремительной эволюции сельского хозяйства и пищевой промышленности, в особенности так называемой зеленой революции, в ходе которой в середине XX в. появились высокоурожайные сорта сельскохозяйственных культур и началось применение искусственных удобрений, мы вряд ли смогли бы прокормить планету с населением 7 млрд человек. Таким образом, только благодаря прогрессу миллиардам людей не грозит голодная смерть.

Но что будет, когда, согласно прогнозам, население планеты к 2050 г. достигнет 9 млрд человек – сможем ли мы обеспечить их питанием без внедрения принципиально новых технологий, в особенности в сфере сельского хозяйства, производства продуктов питания и пользования водными ресурсами? Самые высокие показатели рождаемости наблюдаются в Африке и Азии, то есть в регионах, где просто недостаточно экономических и инфраструктурных ресурсов, чтобы справиться с таким приростом.

Никто не может гарантировать, что продуктивность сельского хозяйства будет расти так же быстро, как и численность населения. К тому же не стоит забывать о падении урожайности в результате эрозии почв, опустынивания и утраты биоразнообразия на фоне изменения климата, которое, как ожидается, затронет большую часть территории планеты, включая многие из регионов, где спрос на продукты питания будет постоянно повышаться с увеличением числа людей. В условиях глобализации негативное влияние этих изменений усугубляется рыночными механизмами: изменение спроса или приоритетов в одном регионе (например, переориентация на культуры, используемые в производстве биотоплива) может иметь серьезные последствия для производства продуктов питания или их доступности в других регионах. Поэтому проблема обеспечения продовольственной безопасности будет сохранять свою актуальность в качестве одного из главных факторов, определяющих возможность устойчивого развития человечества. Например, в 2008 г. мы уже были свидетелями того, как скачок цен на продукты питания спровоцировал социальные беспорядки и привел к отставке правительства на Гаити, а рост цен в 2011 г. стал косвенной

причиной волны протестов и восстаний в Северной Африке, получившей название «арабской весны».

Положение дел с водой также не дает повода для оптимизма. Три четверти миллиарда людей уже сейчас живут в условиях нехватки водных ресурсов. Учитывая громадный спрос на пресную воду в засушливых районах от американского Среднего Запада до Великой Китайской равнины, к 2025 г. эта цифра может вырасти до 3 млрд.

Можно было бы поддаться унынию, предчувствуя приближающуюся катастрофу, цивилизационный излом и конец света. Или, наоборот, засучить рукава, воспринимая эти прогнозы как руководство к действию – перечень вызовов в политической и технологической сферах, на которые нам предстоит ответить. Но, пожалуй, главная функция прогнозов – напоминать нам о том, что будет действительно важно в будущем. Да, персонализированная медицина и «умные» роботы, добыча полезных ископаемых на астероидах и регенерация органов – все это звучит очень захватывающе (или немного устрашающе – все зависит от подхода) и, вполне возможно, станет частью нашей жизни. Но извечные проблемы человечества – как нам прокормить себя и утолить жажду – не будут сняты с повестки дня в ближайшее время. Более того, не исключено, что как раз они, а вовсе не инновации в области информационных технологий, транспорта или медицины, будут определять взаимоотношения между людьми и странами.

Нам нужен комплексный подход к обеспечению устойчивого развития. Несмотря на популярность этой фразы, далеко не всегда за ней стоит продуманная концепция. Некоторые экономисты относятся скептически к предостережениям относительно неуправляемого роста численности населения, полагая, что они излишне преувеличены и что благодаря новаторству и изобретательности люди в очередной раз смогут обеспечить себя всем необходимым. Другие считают ошибочной и указывают на несостоятельность в долгосрочной перспективе концепции, которая говорит, что неограниченный рост населения оправдывается экономической необходимостью и поддерживается рыночными силами, при этом происходит вытеснение на периферию таких болезненных тем, как, например, загрязнение окружающей среды. И те и другие могут привести данные – ну или хотя бы логически выстроенную аргументацию – в поддержку своей позиции, однако, как правило, стороны спора забывают о том, что наука уже выработала подход к проблеме – это термодинамика, накладывающая жесткие ограничения на возможные варианты развития событий. Любая деятельность – будь то производство продуктов питания, поиск новых идей или обмен благами внутри общества – сопровождается затратами энергии и приводит к образованию отходов. Попросту говоря, бесплатных обедов не бывает. Общества – сложные экосистемы, обладающие всеми теми же характеристиками, что и любая другая экосистема: сплетения взаимодействий, требующие энергии, противостоящие энтропийной деградации, обладающие способностью приспосабливаться, но при этом уязвимые и хрупкие. Формирование научной основы устойчивого развития, возможно, является самой важной задачей этого столетия: без этой основы вряд ли будет иметь хоть какой-то смысл все остальное. Вселенная может обойтись и без нас.

Меняющийся облик человечества

Мы в будущем – это кто?

Население планеты стареет. Виной всему – увеличение продолжительности жизни, сопровождающееся снижением рождаемости. В 2022 г. в Великобритании будет проживать около 6,6 млн человек старше 75 лет. Для сравнения – в 2012 г. этот показатель составлял 5,1 млн. К 2050 г. треть жителей развивающихся стран будут старше 60 лет, что, помимо прочего, будет означать большую нагрузку на сферу здравоохранения и изменение доли работающего населения.

Следующий вопрос, на который мы обязаны ответить: где мы будем? В начале XXI в. население Земли перешагнуло важный рубеж: согласно отчету ООН, в 2007 г. доля горожан

среди населения планеты превысила 50 %. Для большей части человечества будущее будет связано с городской средой.

Уже сегодня население многих мегаполисов превышает 10 млн. Большинство из них находятся в развивающихся странах Азии, Африки и Южной Америки. В качестве примера можно привести Мумбаи, Лагос, Сан-Паулу и Манилу. По прогнозам, почти весь прирост численности населения в ближайшие 20 лет придется как раз на такие города главным образом в развивающихся странах, благодаря чему уже к 2035 г. около 60 % всех людей на Земле будут проживать в городских агломерациях.

В поисках счастья бывшие литературные персонажи отправлялись в странствия по белу свету. Сегодня искатели удачи устремляются в города, переезжая из сельской местности в надежде на лучшую жизнь, но далеко не всегда ожидания оправдываются. Многие города не справляются с таким значительным притоком людей: например, в настоящее время 150 млн горожан живут в условиях хронического дефицита воды. Кроме того, прогнозные модели изменения климата указывают на увеличение риска затопления быстро растущих городов в низколежащих прибрежных районах.

Не нужно быть пророком, чтобы предсказать дальнейшее ослабление влияния США на мировые процессы или заметить тучи, сгущающиеся над проектом единой Европы. Но, если вы все еще сомневаетесь и не хотите пропустить все самое интересное, что ждет нас в ближайшие годы, вам стоит обратить внимание на изменения в списке крупнейших городов мира. В 1950 г. он выглядел так (в порядке убывания численности населения): Нью-Йорк, Токио, Лондон, Осака и Париж. В 2010 г. в первую пятерку входили: Токио, Дели, Мехико, Шанхай и Сан-Паулу. По прогнозам, к 2030 г. список снова изменится: Токио, Дели, Шанхай, Мумбаи и Пекин. Так что, если вы хотите держать руку на пульсе событий в будущем, у вас одна дорога – на Восток.

Разумеется, растущий город и процветающий город – это совсем не одно и то же, о чем красноречиво свидетельствуют фавелы Рио-де-Жанейро и Сан-Паулу. Тем не менее вряд ли кто-то станет спорить, что при сохранении текущих темпов роста Китай и Индия имеют все шансы превратиться в мировые сверхдержавы. Ожидается, что в ближайшие 20 лет в Китае будет построено от 200 до 300 абсолютно новых городов, во многих из которых будут проживать более 1 млн человек. На самом деле существующих темпов прироста населения уже достаточно, чтобы на планете каждую неделю появлялся новый полуторамиллионный город.

Но каким будет город будущего? Несмотря на всю свою привлекательность, рожденный воображением художника образ сверкающего стеклом и хромом города с утопающими в зелени крышами может оказаться всего лишь фантазией – вряд ли все города ждут одно будущее. Глядя на одни, понимаешь, что жить в них, скорее всего, будет еще удобнее, безопаснее и интереснее. Другие рискуют быть затянутыми в болото трущоб с небольшими редкими островками фешенебельных финансовых районов в центральной части и таким уровнем неравенства в распределении богатства, на фоне которого нынешний разрыв между богатыми и бедными покажется просто мизерным. Можно ли вообще спланировать эффективный город? Или же органический рост – вот то единственное, как уверяют влиятельные урбанисты Льюис Мамфорд и Джейн Джекобс, что может наполнить города жизнью и обеспечить их процветание, не дав им скатиться в бездушные и безликие?

Некоторые исследователи полагают, что мы вряд ли найдем ответы на эти вопросы, пока у нас не будет настоящей науки о городах, которая придет на смену несистематичным, излишне директивным и зачастую весьма политизированным грезам специалистов по городскому планированию и архитекторов. Мы уже видим первые слабые ростки новой дисциплины, становлению которой в немалой степени способствует осознание наличия ряда общих факторов, влияющих практически на все города, независимо от их размера и характера. Например, во всех городах наблюдается связь экономии с масштабом: чем они крупнее, тем меньший объем инфраструктурных ресурсов и энергии требуется в расчете на одного жителя, тем выше темпы роста среднего дохода и тем активнее идет внедрение

инноваций. Но рост масштаба сопровождается расширением всех процессов – как положительных, так и отрицательных: в больших городах выше уровень преступности и инфекционных заболеваний, да и сам темп жизни в них в целом интенсивней, что проявляется не только в той скорости, с которой в них рождаются и умирают компании, но даже и в том, насколько быстро ходят по улицам их жители. Похоже, преимущества городов неотделимы от их недостатков. Так что придется выбирать, если, конечно, повезет и возможность выбора будет.

Миграция в города – часть более масштабных процессов, связанных с перемещением людей по планете. По оценкам ООН, на данный момент количество людей, покинувших родную страну, составляет 200 млн. Еще около 740 млн человек сменили место жительства внутри своей страны. В течение последних нескольких десятилетий значительная часть этого миграционного потока приходилась на тех, кто перебрался из сельской местной и горных районов в города.

Почему так происходит? В странах с низким уровнем доходов большинство людей переезжают по соображениям экономического характера – они хотят получить хорошую работу, больше зарабатывать или найти новые источники средств к существованию, что особенно актуально в условиях, когда одного лишь сельского хозяйства уже недостаточно для поддержания привычного уклада жизни. Кто-то уезжает из дома, чтобы получить образование; кто-то отправляется вслед за родственниками. Одни бегут от преследования по политическим мотивам, от войны и распрей, как это происходит в Сирии; другие вынуждены покидать насиженные места в результате общественно-политических процессов, как это происходит в районах строительства дамб в Китае. Наконец, есть те, кому приходится убежать от природных катаклизмов – наводнения, истощения почв и недостатка водных ресурсов.

Несмотря на неизбежность усиления миграции из-за изменения климата в ближайшие годы и десятилетия, вряд ли есть смысл говорить о «климатических мигрантах». Изменения окружающей среды могут накладываться на другие факторы миграции, вступая в сложные взаимодействия. К примеру, с начала нового тысячелетия 1,5–2 млн людей покинули Зимбабве, не имея возможности продолжать заниматься сельским хозяйством из-за постоянных засух, которые усугубляют и без того глубокие кризисные явления в экономической и политической сферах. При этом в Южной Африке, куда они направляются, их чаще всего встречают весьма враждебно. Более того, увеличение масштабов перемещений, вызванных изменениями окружающей среды, может привести к размыванию границ между понятиями «миграции» и «перемещение», на которые часто указывают политики и юристы: если первое считается добровольным шагом, то второе рассматривается как вынужденная необходимость. Далеко не всегда можно четко установить тот момент, когда условия жизни в стране или регионе ухудшаются настолько, что добровольная миграция превращается в вынужденную. В любом случае вряд ли у кого-то есть сомнения, что после недавних событий в Европе миграция и иммиграция еще долго будут оставаться в числе главных тем политической повестки.

Идентичность перед лицом технологий

Казалось бы, все эти масштабные изменения должны обходить стороной уклад жизни в сельских районах Африки или монгольских степях. Так и было бы, если не один важный фактор: наличие телефонных сетей, обеспечивающих связь со всем миром.

Мобильный телефон (или, по крайней мере, возможность пользоваться мобильной связью) сегодня есть у двух из трех человек – причем даже в менее развитых странах к югу от Сахары. Эти устройства – главное средство общения в современном мире. Интернет пока что совсем не так распространен: если в развитых странах доступ к нему имеют четыре из пяти домохозяйств, то в наименее развитых странах этот показатель недотягивает даже до одного из десяти. Опасения относительно технологического, в том числе цифрового разрыва имеют под собой основания, и ситуация куда сложнее, чем кажется на первый взгляд. Между

разными возрастными группами, что вполне закономерно, также наблюдается очевидный разрыв: по данным опроса, проведенного в Великобритании в 2016 г., более 99 % жителей страны в возрасте от 16 до 24 лет пользовались интернетом в течение трех месяцев, предшествовавших опросу, тогда как среди людей старше 75 лет данный показатель составил лишь 39 %.

Просто иметь доступ к сети сегодня уже недостаточно – мобильные сети дали возможность быть все время на связи. Так называемое поколение Z, к которому принадлежат те, кто родился в 1990-е гг. и кому не довелось жить в мире без сотовых телефонов, как раз сейчас подошли к своему совершеннолетию. Проведенный в 2011 г. опрос британцев в возрасте 16–24 лет показал, что 45 % из них чувствуют себя максимально счастливыми, находясь в интернете. Во многих компаниях сотрудники должны быть готовы в любое время ответить на звонок по мобильному телефону или сообщение электронной почты, но при этом у них появилась возможность заниматься домашними и личными делами, не отходя от рабочего места. Все это приводит к стиранию границы между работой и домом.

У нас предостаточно статистических данных такого рода, но не совсем очевидно, что именно они означают. Простая экстраполяция текущих тенденций показывает, что к концу следующего десятилетия три четверти населения планеты будут пользоваться мобильными телефонами. При этом совершенно понятно, что в жизни кенийского фермера или монгольского кочевника сотовая связь будет занимать далеко не такое же место, как в жизни трейдера из лондонского Сити.

Информационные технологии и социальные сети часто связывают с некоей «трансформацией» и называют «дизруптивными». Учитывая стремительную скорость, с которой они распространяются по миру, обе эти характеристики оправданы. Но что именно они трансформируют? В 2011 г. умы людей по всему миру взбудоражили волнения «арабской весны», которые получили название «твиттерных революций». Сейчас мы знаем, что в реальности события разворачивались по более сложному сценарию. Но, даже если бы социальные сети действительно были решающим фактором, это все равно бы не помогло нам понять, как они будут влиять на нашу жизнь в дальнейшем.

Распространение инфокоммуникационных технологий по всему миру – это лишь одна грань глобальной тенденции к углублению всеобщей взаимозависимости, которая, с одной стороны, влияет на торговлю, передвижение, заболеваемость, цензуру, частную жизнь и многое другое, а с другой – и сама испытывает влияние с их стороны. Сборная солянка, другими словами, и никто не знает, что в итоге получится. Исходя из накопленного опыта, можно сделать ряд предположений:

- Связь всех со всеми (гиперконнективность) не означает сопричастности. Напротив, гиперконнективность может привести к «балканизации» взглядов и, как следствие, загромождению политического дискурса, сопровождающемуся радикализацией и распространением экстремистских взглядов. Вряд ли можно утверждать, что интернет и социальные сети способствуют большей открытости и создают условия для дискуссии. Более того, в некоторых случаях они, наоборот, намеренно ограждают нас от альтернативных точек зрения и уводят от спорных тем, предлагая настроить новостную ленту с учетом наших личных предпочтений. Если раньше для знакомства с работами отрицающих холокост псевдоисториков требовалось приложить определенные усилия, сегодня для этого достаточно одного щелчка мыши.

- Информационные технологии могут не только усугублять существующие предрассудки и заблуждения, но и усиливать неравенство. В бизнесе и торговле, в искусстве и индустрии развлечений – повсюду как никогда прежде актуален принцип «победитель забирает все». Тут нет ничего удивительного: как показывают исследования в области психологии, иного результата от рейтинговых систем, где каждый может видеть, что выбирают остальные, ждать и не приходится.

- Любой вид деятельности, который может быть роботизирован, рано или поздно будет отдан на откуп машинам. Уже сейчас в секторе биржевой торговли, составляющем

значительную часть финансового рынка, все операции управляются автоматизированными алгоритмами. Они совершаются столь стремительно, что люди просто не способны за ними уследить. В этой деятельности возникли какие-то свои правила, которые мы до сих пор не до конца понимаем. Со временем автоматизация доберется и до более сложных видов деятельности, в том числе в здравоохранении и образовании. Разумеется, это может принести определенную пользу: роботу-врачу не нужно спать, а значит, вам не придется неделями ждать своей очереди; к тому же благодаря вживленным датчикам и данным геномного анализа робот может знать о вашем здоровье больше, чем любой врач. Но автоматизация неизбежно приведет к перестройке рынка труда, и, как со всей очевидностью показывает история, вместо того чтобы наслаждаться свободным временем, люди, выбывшие из производственных цепочек, потеряют экономическую независимость.

- Навыки, знания и даже деньги могут потерять свою ценность – вашим главным активом может стать ваша репутация, то есть, например, ваш рейтинг среди пользователей онлайн-форумов. Это означает, что вам придется внимательно за ней следить и работать над ее повышением, возможно, даже нанять для этой цели кого-то, как это уже делают компании.

Перечисленные тенденции нельзя привести к какому-то одному знаменателю. К тому же многие из них носят противоречивый характер: например, становится легче не только распознавать ложь, но и распространять ее. И самое главное – последствия этих изменений напрямую зависят от социально-политических условий: в Китае они будут отличаться от таковых в Швеции или Иране.

Впрочем, один вывод о нашем будущем все же можно сделать: мы наблюдаем размывание границ идентичности, которая наполняется новым содержанием, куда более сложным, чем то, которое она имела – по крайней мере, так считалось – прежде. У нас множество идентичностей, которые проявляются в разных ситуациях, часто пересекаясь и становясь все менее выраженными, но при этом четко определяя наши взгляды и диктуя вполне конкретные решения в ситуациях выбора. В частности, теряют свое значение такие социальные категории, традиционно определявшие нашу идентичность, как возраст, класс и национальность, а вместе с ними – и границы между частной и публичной идентичностью. На смену старым представлениям об идентичности, исходящим из классовой или этнической принадлежности, а также политических взглядов, могут прийти новые деления, например, основанные на разнице между городом и деревней или наличием и отсутствием хорошего образования.

Дальнейшая фрагментация традиционных атрибутов индивидуальных идентичностей в течение ближайшего десятилетия, скорее всего, будет сопровождаться ослаблением связей между членами социальных групп. Это может повлечь за собой снижение социальной мобильности и рост маргинализации, тем самым создавая угрозу сегрегации и распространения экстремизма. С другой стороны, наличие всевозможных каналов общения и взаимодействия положительно сказывается на формировании и укреплении групповых идентичностей, открывая новые возможности для выстраивания отношений внутри сообществ. Выиграем мы или проиграем от все более глубокого проникновения коммуникационных технологий в нашу жизнь и их усиливающегося влияния на наши идентичности? На самом деле верны оба ответа, что вполне закономерно.

Будущее демократии и религии

Вряд ли найдется футуролог, который бы не критиковал вышедшую в 1992 г. книгу Фрэнсиса Фукуямы «Конец истории и последний человек»¹: идея о том, что после падения Берлинской стены и распада СССР либеральная демократия является логическим завершением истории любого развитого государства, в текущих обстоятельствах кажется смехотворной. Оснований не верить в радужный прогноз Фукуямы сейчас предостаточно.

¹ Фукуяма Ф. Конец истории и последний человек. – М.: АСТ, Ермак, 2005.

Очевидно, что во многих частях мира стабильная демократия, как и раньше, остается недостижимым идеалом – и уж, конечно, она не появляется сама, как по волшебству, на месте свергнутых диктаторских режимов. Да и само утверждение о невозможности смены зрелой демократии другой формой правления сегодня уже не воспринимается как нечто само собой разумеющееся. В то самое время, когда пишутся эти строки, демагогический популизм в Европе и США создает реальную угрозу трансформации либеральных демократий в режимы «сильной руки», существующие за счет принуждения, коррупции и подковерных интриг, обычно ассоциирующиеся с Россией, Китаем и странами Юго-Восточной Азии. Многие серьезно задумываются о том, смогут ли термины «либеральная» и «демократия» сосуществовать друг с другом бесконечно долго и могут ли они – каждый по отдельности или вместе – сосуществовать с безудержным напором капитализма со всеми его экономическими иллюзиями и тенденцией к усилению неравенства и недовольства.

Одним словом, западные эксперты уже не так уверены в безупречности выбранной формы общественно-политического устройства, не говоря уже о возможности органичного развития чего-то похожего за пределами западного мира. По мнению политолога Дэвида Рансимана, главное преимущество демократии – умение восстанавливаться после любых потрясений – одновременно является ее ахиллесовой пятой, так как совершенно лишает ее способности извлекать уроки из ошибок прошлого. Пока выкарабкиваться из передрыг удается, кажется, что все в порядке. Но все до поры до времени.

Одно можно утверждать с уверенностью – мы должны перестать рассматривать политику как своего рода набор химических реакций, которые, пройдя через стадию активного брожения и бурления, через какое-то время достигают состояния статического, стабильного равновесия. Пожалуй, единственное, в чем можно не сомневаться, – это в неизбежности изменений, и политологи все чаще говорят об их «скачкообразном» характере как о процессе, лишенном монотонности и представляющем собой череду внезапных масштабных потрясений.

Предвидя изменения, можно предположить, что вряд ли религия останется в стороне. При этом под вопросом, скорее всего, окажется не столько судьба религии как таковой, сколько будущее конкретных вероисповеданий. Представляется, что «большая четверка» – ислам, христианство, буддизм и индуизм – продолжит вытеснять все остальные формы религиозных верований. Несмотря на широкую популярность в Западной Европе, атеизм, к сторонникам которого относят себя 16 % населения планеты, распространяется медленнее основных религий (за исключением буддизма, который, напротив, постепенно сдает свои позиции). Быстрее всего растет доля мусульман: по прогнозам, в 2050 г. мусульман на Земле будет столько же, сколько христиан (то есть около 30 %).

Как бы мы ни относились к этим процессам, имеет смысл рассматривать их точно так же, как и другие атрибуты культуры, такие, например, как язык, в особенности если учесть, что религия не может быть отделена от других факторов, включая рост численности населения и темпы экономического развития. И, подобно другим факторам, религиозная вера и дальше будет определять многие важные аспекты нашей жизни, делая ее как лучше, так и хуже. Из истории мы знаем, что религия совсем не обязательно должна противостоять интеллекту, науке, демократии и гуманизму. Впрочем, примеров обратного у нас тоже предостаточно.

Заглядывая в далекое будущее...

Хорошая научная фантастика не занимается предсказанием будущего. Авторы настоящего захватывающих историй в этом жанре – взять хотя бы романы «Война миров»² и

² Уэллс Г. Война миров. – М.: Эксмо, 2017.

«1984»³, фильм «Бегущий по лезвию» (и роман Филипа Дика, на котором он основан⁴) или снятый в 1997 г. триллер «Гаттака» о генетической сегрегации – заполняют воображаемый мир будущего страхами настоящего в попытке разобраться в них. Поэтому вряд ли кому-нибудь придет в голову упрекать научную фантастику за несбывшиеся мечты о ранцах с реактивными двигателями, лунных базах или роботах-слугах. Она совсем о другом.

Впрочем, воображая, какими будут технологии будущего, даже самые лучшие произведения в жанре научной фантастики грешат однобокостью, ошибочно рассматривая только их влияние на нас, но не наше влияние на них. Как бы мы ни старались убедить себя в обратном, на самом деле технологии редко или почти никогда не навязываются нам помимо нашей воли. Они появляются только потому, что мы как общество принимаем, одобряем и в конечном итоге осваиваем их как часть повседневности, зачастую заходя еще дальше и в той или иной степени наделяя их статусом чего-то необходимого. Только с появлением мобильных телефонов и социальных сетей мы по-настоящему осознали, насколько сильно в нас стремление к самолюбанию, насколько отчаянно мы хотим вырваться из замкнутого круга обыденности и заглушить чувство одиночества. Мы даже не предполагали, насколько велика роль доверия в функционировании общества (электронная коммерция), насколько неохотно мы соглашаемся с противоположной точкой зрения («эхо-камера» в СМИ), насколько велик наш интерес к обыденному (реалити-ТВ), насколько скверно мы ведем себя в условиях анонимности (троллинг).

Таким образом, футурология может и должна заставить нас взглянуть на себя сегодняшних. Можно представить себе, скажем, трансгуманистическое будущее, в котором мы обретаем бессмертие, сделав информационные технологии частью своего сознания и тела и выгрузив свои мысли на какой-нибудь квантовый жесткий диск. Независимо от реалистичности этой фантазии (каковой я не склонен ее считать), сама по себе она говорит о многом: так или иначе, отношение к смерти и процессу умирания станет важным фактором социальных изменений. Поэтому я советую относиться к большинству прогнозов в этой книге не как к попыткам угадать, каким будет будущее, а как к выражению наших надежд и желаний.

Когда мы пытаемся понять, куда мы движемся, государственные ведомства обычно выдают в ответ сухие отчеты с множеством схем и статистических данных, полученных главным образом путем экстраполяции того, что уже есть здесь и сейчас. Футурологи же, напротив, мыслят в категориях «скачков» и «сингулярностей» – резких сломов статус-кво, разрывов на графике, обусловленных появлением революционной технологии или политическим кризисом. Художники и писатели тем временем предаются фантазиям – иногда весьма смелым, даже зловещим, нередко с примесью сатиры. Нам предстоит жить в «дивном новом мире», где в недрах Центрального инкубатория вырастет новая раса. Или же поверхность нашей планеты скроется под плотным покровом из многоэтажных «мегабашен», каждая из которых будет заселена какой-то нацией. Наконец, мы можем оказаться среди руин Армагеддона, где будем делиться преданиями о технологических чудесах на жалком подобии просторечного говора героев Чосера. Нам нужны все эти цифры, выкладки и графики – и не потому, что в них есть ответ на наш вопрос, а потому, что мы должны найти ловушки, которые сами же и расставили. Как говорил американский писатель Ричард Пауэрс: «Людям нужно все и сразу. В этом их проблема».

2

Биосфера

3 Оруэлл Д. 1984. – М.: АСТ, Neoclassic, 2013.

4 Дик. Ф. Бегущий по лезвию. – М.: Эксмо, 2017.

Гайя Винс

В проблесках занимающегося рассвета под розовеющим небом тихоокеанского побережья Коста-Рики постепенно вырисовывается иссиня-черный силуэт мужчины, стоящего у самой кромки воды. Я выключаю фонарик. Хайро Кирос Росалес и я – мы одни на этом широком пляже из черного вулканического песка, простирающемся на север на несколько километров. Хайро машет мне рукой, приглашая подойти поближе. Я спешу к нему, оглядывая пляж и едва проступающую из мрака береговую линию. Светает. Чуть поодаль я замечаю черные пятна стервятников. Вслед за ними из тьмы появляется свора дворняг, приносившихся к пропитавшим песок запахам ночи.

А потом я вижу их: примерно в 100 м от нас, подобно причудливой россыпи валунов одинаковой формы, из океана появляются сотни оливковых черепах, направляющихся на пляж, чтобы отложить яйца. Это так называемая аррибада, что в переводе с испанского означает «прибытие». Чтобы стать свидетелем этого чуда, мне пришлось ждать больше месяца. Поддавшись импульсу, я хватаю Хайро за руку и тяну его за собой поближе к черепахам. Он слегка удивлен, но улыбается. Это была наша первая встреча, но мы были не совсем чужими людьми – всему виной телефон, а точнее, мои бесконечные надоедливые звонки с вопросом о времени начала аррибеды, благодаря которым я успела проникнуться симпатией к застенчивому коста-риканскому исследователю. Мы общаемся на смеси испанского и английского – его английский лучше моего испанского, но, как это часто бывает, есть понятия, смысл которых один язык передает куда лучше и точнее, чем другой. Аррибада – как раз одно из них.

Большинство морских черепах откладывают яйца поодиночке в разное время в течение года, поэтому предсказать, когда именно вылупится их потомство, невозможно, а значит, хищникам приходится надеяться исключительно на удачу. В отличие от них, оливковые черепахи (и их близкие родственники – черепахи вида атлантическая ридлея) выработали уникальную стратегию массового гнездования. Из-за того, что все яйца откладываются в одно время, хищники просто не могут уничтожить всех вылупившихся черепахат – их слишком много. Такой способ размножения называют стратегией «насыщения хищников». Массовые нашествия оливковых черепах случаются несколько раз в год всего лишь в паре мест на всей планете, в том числе на пляже Остиональ в Коста-Рике.

Мы неспешно идем вдоль мерцающей береговой линии, с благоговением наблюдая за тем, как, подобно закованному в броню захватчикам, из моря на сушу движется, подчиняясь инстинкту материнства, армада древних рептилий. Подгоняемые гормонами, они спешат отложить свой драгоценный груз. Хайро показывает на море, где вдоль берега выстроилась очередь из покачивающихся на волнах панцирей. Периодически то тут, то там из воды появляются маленькие головки – вдох, и они снова исчезают под водой. Пляж перед нами начинает оживать, заполняясь сердцевидными пятнами оливкового цвета. Черепахам не терпится добраться до цели – они напозают друг на друга, используют любую возможность, чтобы протиснуться вперед. Их тут уже, наверное, несколько десятков тысяч. Некоторые, выполнив свой долг, направляются назад в океан, сталкиваясь тяжелыми панцирями со своими беременными сородичами и с трудом удерживаясь на плавниках, совсем не приспособленных для марш-бросков по суше. Обессиленные, они ждут на мелководье, пока набегающие волны не вынесут их в открытое море.

Я как зачарованная наблюдаю за этим удивительным зрелищем. «Maravilloso» – «Волшебно», – глядя мне в глаза, произносит на испанском Хайро. Он на ногах с двух часов, да и видел это все уже не один раз, но все равно заметно, что происходящее трогает его до глубины души. Живя в своем подводном мире, большую часть времени морские черепахи скрыты от нас, обитателей суши, толщей воды. Мне доводилось наблюдать их вблизи во время погружений с аквалангом: в естественной среде их движения легки и удивительно грациозны. Но, когда ты видишь этих диких морских животных так близко на суше, да еще и в таком количестве, и не просто видишь, а находишься среди них, – ты испытываешь

невероятные чувства. Эти живые ископаемости с твердыми панцирями – лишь один из 23 000 видов в разных частях мира, которым в настоящее время грозит вымирание. Виноваты в этом, конечно, мы.

Доминирование людей на планете достигло таких масштабов, что диким животным и растениям места на Земле просто не остается. Уже больше половины всей площади суши занято сельскохозяйственными угодьями, городами, дорогами и шахтами; мы используем более 40 % первичной продуктивности планеты (то есть всех результатов жизнедеятельности растений и животных); мы используем три четверти всей пресной воды. Мы – самое многочисленное крупное животное на Земле. Второе место в этом списке занимают животные, созданные нами путем селекции, чтобы служить нам источником пищи и быть нашими помощниками. Из-за глобальных изменений на планете, вызванных нашей деятельностью, один из пяти видов находится под угрозой вымирания. Таким образом, нынешние темпы вымирания приблизительно в тысячу раз превышают естественные – только за последние 40 лет мы утратили половину дикой природы. Биологи предупреждают о начале шестого массового вымирания в истории Земли. Чтобы понять масштаб бедствия, достаточно вспомнить, что предшествующие события такого рода, включая то, которое привело к гибели динозавров, были результатом страшных катаклизмов, таких как падение гигантского метеорита или мощнейшее извержение вулкана.

Природный мир не может справиться с последствиями нашей деятельности, и для черепах, как и для множества других видов, ситуация с каждым годом только ухудшается. Стоит ли нам беспокоиться? Что будет, если мы потеряем несколько видов животных, с которыми в обычной жизни даже не сталкиваемся? У человечества сложные отношения с окружающим миром. Чтобы понять значение очередного витка вымирания, нам стоит задуматься о тесной связи между внешней средой и тем, как мы живем и обеспечиваем себя всем необходимым, чего хотим и что нами движет.

Для меня аррибада – это уникальная возможность по-новому взглянуть на глобальную проблему, которая касается не только непосредственных участников этого действия. У каждого животного и растения своя стратегия выживания на покоренной человеком планете, но чувства и мотивы людей универсальны. Происходящее на пляже Остиональ выделяется на общем фоне отношением местных жителей, которые не только нашли способ воспользоваться доставшимся им природным ресурсом, но и научились сохранять его. В этом и заключается вся суть: мы вряд ли сможем защитить дикую природу, если не будем учитывать интересы людей, чья жизнь зависит от нее.

Идя рядом со мной по пляжу, Хайро ведет учет черепах, стараясь оценить количество животных в промежутках между расставленными на одинаковом расстоянии колышками по панцирям и забавным, напоминающим гусеничные, следам, которые они оставляют на песке во время своего путешествия к месту гнездования и обратно. По его словам, более точный подсчет исследователи проведут позже, но, по его предварительной оценке, на этот раз в аррибаде приняли участие более 10 000 черепах. К некоторым из них будут прикреплены маячки, после чего их измерят и внесут в международную базу данных, что позволит отслеживать их перемещения. Но сначала Хайро хочет кое-что мне показать.

«Иди за мной», – говорит он по-испански, заставляя ускорить шаг. Мы шагаем вверх по пляжу, туда, где влажный ровный песок сменяется мягкими сухими дюнами. Именно здесь, выше уровня прилива, устраивают свои гнезда черепахи. Вот вновь прибывшая рептилия взбирается на вершину дюны и начинает рыть песок в понравившемся ей месте. Мы с Хайро приседаем, чтобы понаблюдать за ней. Песок она разгребает передними плавниками, отбрасывая его налево и направо так энергично, что скоро мои ноги оказываются засыпаны им. В упорстве ей не откажешь – она методично расширяет и углубляет яму, следуя древнему ритуалу, восходящему к эпохе динозавров, времени господства рептилий, когда на планете было теплее. В те времена животные достигали гигантских размеров (как, например, трехметровая черепаха мелового периода архелон или жившие позднее двухтонные черепахи рода *Stupendemys*), панцирь надежно защищал черепах от хищников, и на Земле не было

людей или кого-нибудь, хотя бы отдаленно похожего на нас. Проходит пара минут, и яма готова. Черепаха аккуратно разворачивается к ней задом и начинает пятиться, пока хвост не оказывается внизу. В этом положении она с помощью задних плавников зарывается еще глубже, забрасывая нас песком, мне кажется преднамеренно, поскольку она при этом не сводит с меня глаз.

Когда яма наконец выкопана, начинаются приготовления к откладыванию яиц. И вот наступает время родовых мук. По тому, как вздымается ее панцирь, видно, как ей трудно. Ее глаза стекленеют, она как будто погружается в транс. В тщательно подготовленном гнезде, которое полностью соответствует представлениям черепахи о подходящей температуре, глубине и удаленности от океана, одно за другим появляются яйца – главное оправдание ее существования в цепочке эволюции, генетический материал, который связывает ее с матерью, бабушкой и всеми предками вплоть до мелового периода, а на каком-то глубинном уровне и с далеким родственником, живущим на планете сейчас, – со мной. Она тяжело дышит, от потуг в ноздрях собирается влага. Мысленно стирая границы между классами животных, между млекопитающими и рептилиями, я проникаюсь глубоким уважением к этой праматери. Повсюду вокруг нас, как в огромном родильном отделении, другие матери разгребают песок или откладывают яйца. Со всех сторон к ним подкрадываются стервятники и собаки, выжидая удобного момента, чтобы выкопать только что отложенные яйца.

Каждая черепаха откладывает приблизительно 100 яиц. Однако к моменту появления потомства из более чем 10 млн яиц, откладываемых во время аррибады, обычно остается всего лишь 0,2 %. При этом из вылупившихся малышей до зрелого возраста, как предполагается, доживает только 1 %. Отчасти виной всему сама аррибада, которая продолжается в течение приблизительно пяти ночей. Из-за того, что такому огромному количеству черепах приходится ютиться на сравнительно небольшом участке суши, каждая последующая волна рептилий выкапывает и повреждает яйца, отложенные их предшественницами за день до того. В результате обе кладки погибают из-за заражения бактериальными инфекциями. Еще одно печальное обстоятельство – продолжительность инкубационного периода у черепах составляет 45 дней, а аррибада, как правило, повторяется с интервалом в один месяц, а значит, гнездящаяся черепаха может выкопать и уничтожить яйца, отложенные во время предыдущей аррибады

У стервятников пир уже в самом разгаре: они лакомятся остатками разбросанных повсюду расколотых яиц. Самостоятельно раскопать гнездо они не способны. На помощь приходят собаки — неизменные спутники людей. Собаки представляют угрозу как для прибывающих на пляж черепах, так и для их яиц и потомства. Хайро отгоняет их, но они тут же возвращаются обратно.

Он интересуется, хочу ли я заглянуть вглубь гнезда. Я киваю в знак согласия. Он аккуратно сгребает слой песка из-под хвоста тужащейся черепахи, и я наклоняюсь поближе. На дне гнезда поблескивает кладка из белых яиц, каждое размером с шарик для настольного тенниса. Под хвостом виднеется мясистый яйцеклад, из которого прямо у меня на глазах вываливается очередной драгоценный шарик, сопровождаемый струей прозрачной вязкой жидкости, которая призвана защищать хрупкие яйца от внешних воздействий. Мы наблюдаем за появлением еще нескольких яиц, после чего Хайро сгребает песок обратно на дно, и мы отходим.

Черепахи превосходно адаптированы к своей среде — недаром они дожили до наших дней, практически не изменившись с триасового периода: в дикой природе продолжительность их жизни превышает 100 лет, а репродуктивная функция сохраняется до глубокой старости. Но в антропоцене, в эпоху доминирования человека, они оказались, вероятно, в самой трудной ситуации за более чем 1 млн лет своего существования. Пляжи, на которых они откладывают яйца, оказались застроены или стали просто непригодны для такого использования из-за огромного количества людей и собак. Искусственное освещение само по себе вызывает

проблемы, сбивая с толку черепах и вылупившихся малышей, для которых основным ориентиром служит лунный свет. Они гибнут и калечатся при столкновениях с лодками и судами, запутываются в рыбацких сетях и умирают, проглатывая пластик и прочий мусор, которыми мы загрязняем окружающую среду. Варварская эксплуатация рыбных ресурсов и разрушение коралловых рифов, в окрестностях которых они добывают пропитание, лишают их привычных источников пищи. Да и изменение климата не обходит черепах стороной — подъем уровня моря приводит к эрозии пляжей, тем самым сокращая площадь доступных для откладывания яиц территорий. Причем некоторые пляжи уже совершенно непригодны для использования черепахами. К тому же повышение средних температур приводит к изменению полового состава популяций, которое не может пройти бесследно. Пол черепахи зависит от температуры, в которой находится яйцо в инкубационный период. При более высоких температурах из яиц вылупляются особи женского пола; при низких температурах рождаются малыши мужского пола. По данным биологов, в результате глобального потепления у некоторых рептилий уже сейчас наблюдается половой дисбаланс, что может лишить многих из них возможности спариваться и в конечном итоге поставить под вопрос само выживание черепах. Например, в прошлом месяце здесь вообще не было аррибады — как полагают исследователи, одной из причин может быть нехватка мужских особей.

Однако наибольшую угрозу для черепах представляет, безусловно, браконьерство. По всему миру в период откладывания яиц оливковых черепах убивают ради кожи и панцирей. Их яйца также объекты промысла, так как считаются изысканным деликатесом. За последние 20 лет, то есть всего за одно поколение, мировая популяция черепах этого вида уменьшилась на треть.оборот незаконной торговли представителями дикой природы превышает \$15 млрд в год, угрожая не только стабильности государственных режимов, но и здоровью человечества — ведь приблизительно 70% инфекционных заболеваний имеют зоонозное происхождение. Во многих случаях незаконной торговлей дикими животными и растениями занимаются хорошо организованные криминальные структуры, которые подрывают деятельность государственных служб по противодействию другим видам незаконной торговли, включая торговлю оружием и наркотрафик. При этом вырученные средства идут на поддержание напряженности и разжигание региональных конфликтов. Стараясь скрыть истинное происхождение своего криминального товара на международных интернет-сайтах вроде eBaу, торговцы используют в описаниях эвфемизмы или убеждают покупателей, что продаваемые животные выведены в неволе. Более половины всего оборота незаконной торговли приходится на Китай.

Во время аррибады пляж патрулируют экологи, как, например, Хайро, и несколько сотрудников государственной природоохранной службы. Им ни за что не справиться с готовыми на все браконьерами, которые сбывают яйца на черном рынке как средство для повышения потенции. Я сама видела, как в барах и кафе на карибском побережье Коста-Рики яйца черепах открыто продают и употребляют в пищу. На одном из пляжей в этой части страны — пляже Моин — откладывают яйца находящиеся под угрозой исчезновения кожистые черепахи. Масштабы браконьерства там таковы, что молодые экологи, многие из которых волонтеры, буквально бегут к гнездам, чтобы вырыть яйца и перенести их в безопасное место, где их не найдут браконьеры, многие из которых вовлечены в наркоторговлю, они ведут себя агрессивно, угрожая защитникам окружающей среды и нападая на них. В мае 2013 г. их жертвой стал молодой эколог Хайро Мора: когда он собирал яйца черепах, планируя перенести их в безопасное место, его похитили и жестоко убили. Преступники не были найдены. Никто из них не оказался за решеткой. А Мора пополнил непрерывно растущий список экологов, убитых в Коста-Рике и за ее пределами за непреклонность в защите окружающей среды. В 2015 г., когда список обновлялся в последний раз, в нем насчитывалось 185 имен экологов, пожертвовавших своими жизнями ради защиты природных ресурсов в разных частях света. Количество обвинительных приговоров по этим делам можно сосчитать по пальцам.

«Тебе страшно быть здесь одному ночью?» — спрашиваю я у Хайро. «Нет, здесь не так, как на карибском побережье», — говорит он. А потом признается: «Иногда». Смерть Мора заставила экологов задуматься о собственной безопасности. Большинство из них перестали патрулировать пляж Моин. Говорят, что теперь браконьерам никто не мешает, и они продолжают бесчинствовать. И все же Хайро и такие, как он, по-прежнему готовы рисковать собственной жизнью в борьбе за сохранение дикой природы.

Рассвело — на часах шесть утра. Хайро улыбается, несмотря на усталость. Пляж, где еще мгновение назад не было никого, вот-вот заполнится чужаками. «Наша» черепаха отложила все яйца, тщательно засыпала их песком и неуклюже ползет к берегу, чтобы, внося свой вклад в продолжение вида, вместе с другими матерями вернуться в океан. Как бы смешно это ни звучало, но сейчас, когда на смену ночи приходит день, это прекрасное место, где я наблюдала за армией заполняющих пески черепах, где я стала свидетелем родовых мук матери, дающей жизнь новому поколению, кажется мне почти своим, чем-то, за что я в ответе. И вот я вижу, как с другого конца пляжа, граничащего с деревней, приближается группа примерно из 40 человек — в руках у них большие мешки из-под риса и корзины.

Мы, люди, всегда эксплуатировали природные ресурсы, используя их в качестве источника пищи, энергии и удовлетворения прочих потребностей. Тут нам нет равных, и в этом-то и заключается секрет нашего успеха как вида: только благодаря этому навыку мы сейчас живем дольше и лучше, чем когда-либо прежде, господствуя над всем миром. В прошлом из-за нашей деятельности уже произошло несколько вымираний местного значения, но теперь, когда нас более 7 млрд, мы перешли на совершенно новый, глобальный уровень, ставя под угрозу те самые ресурсы, от которых зависит сама возможность нашего существования. Укладывается ли происходящее с нами в рамки обычных законов природы: действительно ли мы так и будем размножаться, пока полностью не исчерпаем возможности окружающей среды, после чего последует резкое уменьшение популяции? Или же мы — первый вид, которому суждено самому определять свою судьбу, который способен обуздать естественные потребности и остановить варварское расхищение природных ресурсов, сохранив их пригодными для жизни в будущем?

Вот уже несколько десятилетий местные жители занимаются продвижением уникальной инициативы: здесь проводится неоднозначный эксперимент в области охраны окружающей среды, направленный на поддержание популяции черепах на достаточном для выживания вида уровне при соблюдении интересов живущих в нищете местных жителей. Остиональ — единственное место в мире, где сбор черепаших яиц разрешен законом.

Ко мне подходит Малена Вега. Ее круглое лицо озаряет теплая улыбка. Мы пару раз говорили по телефону, и она любезно предложила мне принять участие в запланированных на сегодня мероприятиях. Она переводит взгляд на Хайро, который подтверждает, что на пляже побывало более тысячи черепах — это минимальное количество, которое требуется по закону для сбора яиц. Помахав на прощанье рукой, он отправляется обратно на научную станцию, чтобы немного поспать перед вечерней работой. В этот самый момент раздается звук рога, давая сигнал к началу сбора.

В конце 1980-х гг. представители деревни обратились к занимавшимся изучением аррибады биологам с вопросом о возможности легализации сбора яиц в масштабах, не угрожающих выживанию черепах. Они были обеспокоены огромным количеством браконьеров, которые заполнили деревню, — те не только воровали яйца, но еще и запугивали местное население. В сотрудничестве с правительством был разработан специальный план, а также учреждена саморегулирующаяся Ассоциация развития Остионаля во главе с жительницами деревни. Согласно плану некоторым семьям разрешалось собирать установленное количество яиц в первые три утра в течение аррибады. (Эти яйца в любом случае повреждаются черепахами, которые приходят на пляж в последующие дни. По подсчетам исследователей, в результате

сбора яиц в первые дни итоговое количество вылупившихся детенышей увеличивается на 5%.) По условиям достигнутого соглашения местные жители поддерживают пляж в чистоте, защищают черепах и яйца от браконьеров и следят за толпами туристов, которые осаждают Остиональ во время аррибады. Чтобы не поощрять рост черного рынка, собранные яйца разрешено продавать по той же цене, что и куриные, а вырученные средства идут на общественные проекты.

Все пространство вокруг меня заполняется мужчинами и женщинами, которые в поисках гнезд как будто танцуют тарантеллу на песке, мягко ступая по нему голыми ступнями. На всех есть что-то, связанное с черепахами, — это может быть ожерелье или футболка с их изображением. Один за другим люди садятся на колени и начинают рыть песок. Черепах на пляже совсем немного — следующая волна прибудет только с приходом сумерек. Малена садится на корточки рядом со мной. Ритмично работая руками, она добирается до более плотного слоя в песке. У меня замирает сердце — неужели это ее гнездо, то самое гнездо, которое было заботливо вырыто, наполнено яйцами и зарыто на моих глазах?

«Иди сюда», — подзывает меня Малена. Я подхожу. Она хватается за мою руку и заставляет меня опустить ее в вырытое отверстие в песке. «Чувствуешь что-нибудь?» — спрашивает она. Немного покопавшись, я, к своей радости, не нахожу ничего, кроме песка. Малена запускает свою руку и ловким движением извлекает на свет пару яиц, которые кладет в мешок. «Попробуй еще раз», — говорит она мне.

На этот раз я, следуя примеру Малены, загибаю руку так, чтобы забраться поглубже, и нащупываю яйца. Я достаю одно из них. Малена аплодирует мне, а потом несколько раз запускает руку в яму, выгребая яйца пригоршнями. Она достает все, что есть в гнезде, зарывает его и отходит на пару метров в сторону, чтобы начать все заново. Я сижу, держа в руке извлеченное мной яйцо. Оно мягкое и теплое на ощупь — от моих прикосновений на нем образуются вмятины. Я превратилась в вора из своих кошмаров, вора, забравшегося в детскую сразу, как только из нее вышла мать. Это полностью противоречит той культуре уважительного отношения к окружающей среде, в которой я была воспитана: воровство яиц уже само по себе плохой поступок, но воровство яиц охраняемого вида — настоящее преступление.

«Его можно есть сырым», — подсказывает Малена. И тут же показывает, как это делается: разрывает скорлупу и отправляет содержимое в рот. За считанные минуты мешки людей вокруг меня наполняются яйцами. На черном песке становится слишком жарко, и все хотят побыстрее вернуться в деревню, туда, где тень. Я помогаю Малене завязать мешок, и мы вместе тащим его по песку назад к ее дому. Во время частых передышек — черепашьи яйца, как оказывается, не такие уж и легкие — Малена, занимающая пост президента Ассоциации развития Остионаля, рассказывает мне о том, как проект изменил жизнь в их деревне. Остиональ — бедная крестьянская деревушка, уютная на небольшом пространстве, ограниченном двумя реками, горами и океаном. В сезон дождей, когда реки выходят из берегов, деревня оказывается полностью отрезана от суши, и жителям приходится выживать за счет той еды, которую им удалось запасти. Многие покинули Остиональ и осели в городах, где есть работа. Сейчас, по ее словам, благодаря разрешению на сбор яиц люди получают прожиточный минимум. Кроме того, у них теперь есть деньги на оплату образования, выплату пособий по уходу за детьми и пенсий. Люди стали возвращаться в деревню и строить свою жизнь здесь. «Черепашки — наше все, — говорит она. — Мы любим их. От них зависит наше будущее».

«Но разве это не простая легализация браконьерства, которым вы занимались до того?» — спрашиваю я. «Раньше здесь было опасно, — поясняет Малена. — Пляж был грязным. Сюда отовсюду шли браконьеры. Иногда вмешивалась полиция и начинались перестрелки. В мою бабушку попала шальная пуля, и она умерла. После этого мы сказали: хватит! Это наша

деревня, и это наши черепахи!» Я поражена яростной решимостью этой женщины, которая сама уже стала бабушкой, и тому, чего она добилась вместе со своими соседками.

Сейчас, как никогда прежде, мы нуждаемся в ресурсах, которые нам может дать природа. Без них нам не поднять экономику бедных стран и не обеспечить нужды растущего населения. Но мы должны научиться пользоваться ими так, чтобы они не иссякали. Попытки реализации проектов, аналогичных тому, которым занимаются в Остионале Малена и ее соседи, предпринимаются в тропических лесах, где пытаются остановить бесконтрольную вырубку деревьев, и в океанах, где остро стоит проблема сохранения рыбных ресурсов. Еще слишком рано делать вывод о реалистичности планов по ограничению эксплуатации этих находящихся под угрозой истощения ресурсов до уровня, обеспечивающего возможность их естественного воспроизводства. Но уже сейчас можно утверждать, что учет долгосрочных интересов тех, кто живет в этих экологически уязвимых частях нашей планеты, сказывается положительно на существующих там экосистемах. Возможно, все дело в присущих людям альтруистических наклонностях, заставляющих нас заботиться о других видах и окружающей среде, являющейся нашим домом.

Мы подходим к жилищу Малены — незамысловатому строению из дерева, разделенному на части панелями. Она живет здесь со своей дочерью, внучкой и несколькими курицами. «Ты просто обязана попробовать черепаху», — улыбаясь говорит она и перечисляет многочисленные целебные свойства содержимого яиц. Пока она нагревает на плите сковороду, нарезает кориандр и лук и взбивает свежесобранные черепаши яйца в миске, я размышляю о причудливости наших представлений о ценности живых существ — и губительных последствиях, к которым они приводят. Многие экологи убеждены, что поддержка спроса на черепаши яйца стала одной из причин убийства Хайро Мора. Но теперь я понимаю, что вклад выручки от продажи яиц в экономику Остионаля обеспечивает черепахам куда больший уровень защиты, чем любые иные меры.

В наступившую эру господства человека мы больше не можем позволить себе наблюдать со стороны за тем, как природа гибнет под нашим натиском, — в этом случае выживут только водоросли. Если мы хотим сохранить диких животных, мы должны активно охранять их. По большому счету, никакой практической пользы от черепах для нас нет. Но все же я бы не хотела жить в мире, где их больше нет. Пока мы мечемся между противоречащими друг другу потребностями людей и природы, пример Остионаля показывает, что совсем не обязательно выбирать что-то одно. В действительности, чтобы сохранить дикую природу, мы должны защитить жизни людей.

Омлет из черепаших яиц был превосходным.

3

Изменение климата

Джулия Слинго

Текущая ситуация

Одной из ключевых угроз XXI в. станет изменение климата; от того, сможем ли мы справиться с ней, будет зависеть наше физическое и материальное благополучие, а также возможность поддержания окружающей среды в устойчивом состоянии. В 2015 г. более 190 стран обязались не допустить роста среднегодовой температуры более чем на 2° С, а при благоприятном, но весьма маловероятном, развитии событий — добиться, чтобы он не превысил 1,5° С. Но что это все значит для нас, и как усилия, направленные на решение проблемы изменения климата, отразятся на том, как мы живем и где мы живем? Стоит ли нам уже беспокоиться?

Давайте начнем с этих двух слов — «климат» и «изменение». Под климатом понимают совокупность средних значений за продолжительный промежуток времени — как правило, 30 лет и более — таких факторов, как сила ветра, температура и уровень осадков, которые могут считаться неизменными. На таком уровне мы ожидаем их видеть год за годом, сезон за сезоном. Многие общества и экономики точно адаптированы к текущему состоянию климата. Наглядный пример — Индия, где муссонные дожди играют ключевую роль в обеспечении людей водой, пищей и энергией, и любая задержка в наступлении сезона дождей или его отсутствие могут иметь колоссальные последствия для экономики страны. Однако, как говорится в одной известной шутке (иногда ее авторство приписывают Марку Твену, но, скорее всего, она принадлежит Эндрю Джону Хербертсону, британскому географу, профессору Оксфордского университета): «Климат — это то, чего ждешь, а погода — то, что получаешь». Поэтому, когда мы говорим о климате, мы также не должны забывать о разнообразии погоды, из которого он и формируется, и в особенности — об экстремальных погодных условиях, их периодичности и возможном влиянии на нас. Более того, как раз в погодных катаклизмах — бурях, наводнениях, лесных пожарах, штормовых волнах и периодах аномально высоких температур — мы видим самые значимые последствия изменения климата.

Словом «изменение» обозначают то, что отличается от нормы. Но как определить, что есть норма? Погодные и климатические условия непрерывно меняются на всех возможных временных промежутках — от часов до десятилетий, и эта изменчивость — одна из определяющих характеристик климата. Возможный способ определить изменение заключается в том, что климат выходит за пределы, к которым мы как представители современной цивилизации привыкли; как раз из этого исходили ученые, когда пришли к выводу о наличии «неоспоримых» доказательств изменения климата.

Впрочем, если заглянуть в историю, становится понятно, что климат на Земле менялся всегда — и во время последних ледниковых периодов, и в далеком прошлом, когда на Земле было теплее, а углекислого газа в атмосфере — куда больше, чем сегодня. Так почему же эта проблема так беспокоит нас именно сейчас?

Есть три обстоятельства, которые отличают нынешнее изменение климата от всех предыдущих. Первое — причина изменения. Виновником изменения климата сегодня является рост — причем стремительный — уровня концентрации парниковых газов, в особенности углекислого газа, в атмосфере. Мы получаем древний углерод, который миллионы лет назад вошел в состав угля, нефти и газа, и выпускаем его в атмосферу в процессе сжигания, чтобы удовлетворить свои неумные потребности в энергии для обеспечения функционирования государств и поддержания привычного образа жизни. На все про все нам понадобилось всего несколько десятилетий. К тому же, вырубая леса и повышая уровень кислотности Мирового океана, мы влияем на способность биосферы Земли поглощать углерод и компенсировать вред от производимых нами выбросов. Поскольку углекислый газ — парниковый, стремительный рост его содержания в атмосфере, не связанный с причинами естественного порядка, приводит к увеличению температуры Земли со всеми связанными с этим изменениями погодных условий и окружающей среды, такими как более продолжительные периоды аномально высоких температур, засухи и наводнения, а также таяние полярных льдов и ледников. Если мы посмотрим на изменения климата в прошлом, то увидим, что они были вызваны медленными вариациями земной орбиты вокруг Солнца. В первую очередь они влияли на температуру. На изменение температуры реагировали природные экосистемы, от жизнедеятельности которых зависит уровень содержания углекислого газа в атмосфере. Таким образом, изменения в прошлом определялись совершенно другими факторами, и хотя мы можем извлечь кое-какие уроки из истории Земли, проводить аналогии между древними процессами и тем, с чем мы имеем дело сегодня, не совсем корректно.

Второе отличие — скорость, с которой меняется климат. Уровень углекислого газа сейчас более чем на 30% превышает уровень всего лишь столетней давности. Более того, он на 30% выше всего, что видела Земля по крайней мере за последние 800 000 лет. За прошедшее столетие средняя температура на поверхности Земли уже выросла на 1° С. Если мы не предпримем серьезные меры, к 2050 г. она вырастет на 2° С или даже больше. Если на первый взгляд эти цифры кажутся незначительными, стоит вспомнить, что для прекращения последнего ледникового периода было достаточно, чтобы температура на планете повысилась всего лишь на 5° С! Кроме того, интенсивно наращивая выбросы углерода, мы фактически разрываем природные механизмы обратной связи, которые могли бы обеспечить выживание экосистем в условиях изменения климата. Последствия видны уже сейчас: разрушаются естественные среды обитания; меняются сезоны, что оказывает влияние на жизненные циклы многих видов. Скорость изменений слишком велика, чтобы многочисленные растения и животные, жизнь которых они затрагивают, могли мигрировать или адаптироваться. Велика вероятность того, что наблюдаемая сейчас дестабилизация климата в ближайшие несколько десятилетий подорвет механизмы, обеспечивающие сохранение и устойчивое развитие многих природных экосистем. В то же время мы опустошаем запасы подземных вод и забираем такое количество воды из наших самых крупных рек, что иногда к месту впадения в океан в них просто ничего не остается. Иными словами, мы вмешиваемся в работу важнейших циклов на нашей планете, нарушая круговорот воды и углерода. Куда это может завести нашу планету — никто не знает.

Третье отличие — масштабы деятельности человека, на фоне которой происходит изменение климата. Численность населения планеты растет; наши города стремительно расширяются, многие из них находятся у береговой линии; наш мир оплетает все более плотная и сложная система взаимных связей, опирающихся на глобальные сети, эффективные транспортные системы и бесперебойное снабжение пищей, энергией и водой. Все эти системы и без того весьма уязвимы перед неблагоприятными погодными и климатическими условиями, а дополнительная нагрузка, вызванная изменением климата, еще больше усугубляет ситуацию, угрожая нашей безопасности в будущем. Глобальные климатические процессы прямо и косвенно оказывают сегодня как никогда большое влияние на условия жизни людей, а также на их имущество, физическое здоровье и материальное благополучие.

Поэтому у нас предостаточно поводов для беспокойства и совсем мало времени, чтобы что-то предпринять. Еще в 1990 г. премьер-министр Великобритании Маргарет Тэтчер говорила об угрозе изменению климата:

Мы на Земле — арендаторы с условиями полной ответственности за состояние арендуемой собственности. Благодаря работе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) мы можем сказать, что располагаем результатами инспекции. В арендуемой нами собственности возникло много неисправностей, и медлить с ремонтными работами больше нельзя... Если, получив это своевременное предупреждение, мы ничего не станем делать и просто махнем рукой, убеждая себя, что на наш век и так всего хватит, мы поставим под угрозу жизнь будущих поколений. Мы не можем просто ждать, когда эти проблемы в полной мере дадут о себе знать, — они уже назрели, и, если сидеть сложа руки, нашим детям и внукам, которые сейчас еще только готовятся к взрослой жизни, придется иметь дело с их последствиями.

Все последние 25 лет мы получаем подтверждения актуальности ее высказывания, включая весьма внушительный массив научных данных, и все равно продолжаем надеяться на чудо.

Что мы знаем и чего мы не знаем

По сравнению с показателями доиндустриальной эпохи среднегодовая температура повысилась приблизительно на $1,0^{\circ}\text{C}$; с 1979 г., когда начались наблюдения, площадь морских льдов в летнее время в Арктике сократилась примерно на 40%; с начала 1990-х гг. уровень моря поднимается приблизительно на 3 мм в год; в каждое из трех последних десятилетий на поверхности Земли было теплее, чем в любое другое десятилетие начиная с 1850 г. Сегодня мы как никогда уверены, что с начала 1950-х гг. именно деятельность людей — это главный фактор, определяющий рост температуры (5-й доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата, 2014 г.).

Мы часто говорим о невозможности точно спрогнозировать, что будет с климатом в будущем, но все же кое в чем можем быть точно уверены. Нам известно, что на Земле будет становиться все теплее и теплее; мы знаем, что по мере повышения температур негативные последствия изменения климата будут расти в геометрической прогрессии, рискуя принять не просто необратимый, но катастрофический характер; мы знаем, что уровень моря будет подниматься еще долго после того, как нам удастся стабилизировать температуру на поверхности Земли, и что таяние полярных льдов и ледников продолжится.

Мы также знаем, что, как бы ни изменился в будущем уровень выбросов углерода, даже существующей его концентрации в атмосфере уже достаточно, чтобы гарантировать неизбежность изменения климата. Таким образом, что бы мы ни предприняли, нам все равно придется в какой-то мере адаптироваться к новым условиям. Масштабы инвестиций, которые могут потребоваться, например, для реализации мер по защите от наводнений и строительства защитных сооружений в прибрежных районах, риск, которому мы подвергаем себя в случае неудачи, а также большие временные затраты на строительство и эксплуатацию такой инфраструктуры означают, что инвестиционный климат в ближайшие два-три десятилетия будет очень чутко реагировать на климатические процессы. Необходимо уже сейчас задуматься о том, как мы можем подготовиться сами и подготовить наши города к возможным последствиям изменения климата и что можно сделать для защиты природной среды.

Климат Земли устроен чрезвычайно сложно; чем больше мы наблюдаем за ним и моделируем его, тем больше узнаем о множестве взаимодействий, из-за которых в нем происходят наблюдаемые изменения. Мы теперь знаем, что благодаря своей исключительной способности поглощать тепло океаны фактически определяют характер проявлений изменения климата в масштабах всей планеты и в конкретных регионах и что в течение ближайших десятилетий многое будет зависеть именно от них; мы выяснили, что, вероятнее всего, под влиянием потепления и изменения режима распределения осадков биосфера суши, состоящая из растительного и почвенного покровов, будет поглощать все меньше и меньше тепла, что приведет к дальнейшему усилению парникового эффекта, создаваемого выбросами углерода вследствие деятельности человека; мы поняли, что в силу простого физического принципа, согласно которому чем теплее воздух, тем больше воды может находиться в нем в виде пара, изменение климата неизбежно приведет к увеличению уровня осадков и наводнениям. И это далеко не полный перечень. На фоне этих научных фактов осознание практически полного отсутствия в климатической системе нашей планеты хоть каких-нибудь механизмов, которые могли бы смягчить последствия производимых нами выбросов парниковых газов, действует особенно отрезвляюще: чем больше мы знаем, тем явственнее проступает суровая реальность и тем очевиднее становится, что впереди нас ждут даже более непростые времена, чем мы думали ранее.

Что касается оценки риска наступления необратимых или опасных для нас изменений климата, за последние годы мы проделали колоссальную работу, создав новое поколение климатических моделей, учитывающих намного большее количество факторов и элементов

земной системы. Эти исследования имеют исключительно большое значение, так как одного лишь наблюдения недостаточно для полноценного прогнозирования эволюции нашей планеты или хотя бы даже для понимания истоков нынешней ситуации. Без этих знаний мы не сможем решить, когда и какие меры нужно предпринять для смягчения последствий изменения климата.

В 2015 г. прирост температуры на поверхности Земли достиг отметки 1°C , то есть половины от установленного в Париже предельного значения 2°C . При этом текущий объем выбросов углерода уже достиг $2/3$ максимально допустимого для того, чтобы температура не выросла более чем на 2°C . Впрочем, даже эти расчеты уже кажутся слишком оптимистичными: согласно новым данным, из-за таяния вечной мерзлоты и исчерпания возможностей биосферы по поглощению производимых нами выбросов углерода у нас даже меньше времени и возможностей что-то предпринять. Поэтому, учитывая крайне высокую вероятность того, что изменение климата будет иметь в лучшем случае неприятные, а в худшем — опасные для нас последствия, было бы весьма неразумно с нашей стороны полагаться на волю случая в вопросе будущего планеты. Неопределенность не оправдывает бездействие.

Наш климат в 2050 г.

На временной шкале эволюции климата 2050 г. уже совсем не за горами, и мы можем составить более или менее точную его картину. Я не стану перечислять все цифры и факты, коим несть числа. Вместо этого я попробую поразмышлять о том, какой будет планета, если нам не удастся существенно сократить объем выбросов и что это будет означать для человечества. Например, мы знаем, что сильнее всего пострадают самые бедные, то есть те, чье положение и без того ужасно и кто не располагает ресурсами, за счет которых мог бы обеспечить собственное выживание.

Итак, давайте перенесемся в 2050 г. Температура на поверхности Земли пересекла рубеж 2°C по сравнению со значением 100-летней давности, а уровень Мирового океана за этот же период поднялся на 30 см. В летнее время в Арктике теперь совсем нет льда, а температура воды в океанах существенно повысилась. Состав популяций морских млекопитающих, рыб и птиц меняется, а вместе с ним и состав доступных людям источников пищи. Возрастает риск нехватки продовольствия; вследствие исчезновения прибрежных морских льдов, повышения уровня моря и тяжелых погодных условий некоторым группам населения приходится переселяться в другие места. Освободившись ото льдов, Арктика становится важным транспортным коридором, кроме того, активно разрабатываются находящиеся на ее территории месторождения полезных ископаемых. Под влиянием новых инвазивных видов, занесенных в ходе активной деятельности человека, изменяются природные экосистемы.

В Индии жара накануне сезона муссонных дождей практически парализует жизнь большинства населения, особенно на равнинах в северной части страны, а с приходом муссонов из-за увеличения среднесуточного уровня осадков начинаются наводнения. Из-за подъема уровня моря жители прибрежных районов все чаще страдают от затопления во время штормовых нагонов. Морская вода попадает в пресные водоемы, что делает их непригодными для использования в сельском хозяйстве и способствуя все более широкому распространению передающихся через воду заболеваний. Обостряется проблема вынужденной миграции. Но есть и положительные изменения — качество воздуха существенно улучшилось, и все меньше людей страдают заболеваниями дыхательной системы.

Повсюду в тропиках температура в дневное время нередко достигает отметок, делающих опасной работу вне помещений, что затрудняет реализацию проектов в области строительства и ремонта объектов инфраструктуры в крупных городах.

Вследствие повышения уровня моря ряд островных государств, таких, например, как Кирибати в центральной части Тихого океана, становятся непригодными для жизни людей. Местные жители лишаются своей земли, а их будущее выглядит весьма неопределенным. В других частях Мирового океана обесцвечивание кораллов делает невозможным традиционное рыболовство — один из основных источников выживания для местного населения. Туризм, который до этого играл важную роль в местной экономике, переживает упадок.

Население на юге Австралии и в Средиземноморье, включая Ближний Восток, живет в условиях продолжительных засух и периодов аномально высоких летних температур. Лесные пожары становятся все более опасными, угрожая жилью людей и городской инфраструктуре, а также нанося немалый вред природным экосистемам. По мере истощения запасов подземных вод все острее встает проблема обеспечения населения водой.

Погода в Великобритании и на севере Европы становится все более неустойчивой, характеризуясь резкими перепадами температуры и обильными осадками. В регионе вкладывается все больше и больше средств в строительство сооружений для защиты от наводнений. Люди здесь меняют образ жизни, стараясь минимизировать негативные последствия изменения климата. В летнее время все чаще имеют место периоды аномально высоких температур, а отсутствие снежного покрова из-за повышения температуры не оставляет шансов любителям зимних видов спорта. Однако благодаря большей продолжительности вегетационного периода и более благоприятному температурному режиму перед местными жителями открываются новые возможности для расширения ассортимента выращиваемых культур и развития туризма.

Этот короткий экскурс, показывающий, каким может быть наш климат в 2050 г., еще раз заставляет всерьез задуматься о том, что социально-экономические процессы в обществе будут во многом определяться характером изменения климата, а также о том, что именно мы несем ответственность за сохранение разнообразия природных экосистем на Земле. Важно помнить, что, вероятнее всего, самым ценным ресурсом на планете в будущем станет вода. В ближайшие десятилетия приобретут особую актуальность вопросы, связанные с изучением изменений в режимах распределения осадков в разных регионах, их влиянием на обеспеченность населения водой и качество воды, а также споры относительно прав собственности на реки и водоносные горизонты, находящиеся на территории нескольких государств.

До сих пор обсуждение проблемы изменения климата сводилось главным образом к констатации ненадежности прогнозов и анализу возможных экономических последствий мер, направленных на ее решение. Но со временем на первый план неизбежно выйдет моральная составляющая. Совершенно очевидно, что больше всех пострадают самые бедные страны и что изменение климата может поставить под угрозу их социально-экономическое развитие. В связи с этим уместно вспомнить слова, сказанные в 2015 г. заместителем Верховного комиссара ООН по правам человека Флавией Пансиери: «Антропогенное изменение климата — это не только удар по нашей общей экосистеме. Оно также создает препятствия для реализации нашего права на здоровье, пищу, воду и достойные санитарные условия, доступное жилье, а для жителей небольших островных государств и прибрежных районов — еще и права на самоопределение». Поэтому вполне закономерно предположить, что, когда встанет вопрос о защите основных прав человека и необходимости оказания помощи развивающимся странам, дискуссия о мерах по борьбе с изменением климата перейдет в совершенно иную плоскость.

Выбор за нами

2015 г. стал поистине переломным: он ознаменовался не только подписанием Парижского соглашения, но также принятием Сендайской рамочной программы, направленной на

координацию работы по снижению риска бедствий, гибели людей, утраты ими источников средств к существованию, причинения вреда здоровью и утверждению целей в области устойчивого развития, включающих ликвидацию нищеты и голода, обеспечение здорового образа жизни и доступного образования, обеспечение экологической устойчивости городов и защиту океанов и лесов. Выполнение каждой из этих задач будет напрямую зависеть от успеха мер по борьбе с изменением климата.

Мы не сможем справиться с глобальным потеплением, если полностью не пересмотрим свой образ жизни. Нам придется внедрить совершенно новые подходы к выработке, хранению и использованию энергии, а также научиться адаптироваться к более экстремальным погодным и климатическим условиям. Чтобы преуспеть, мы должны уметь быстро реагировать на изменения. Постоянное совершенствование методов прогнозирования погодных и климатических процессов делает нас более устойчивыми к возможным потрясениям: предупрежден — значит вооружен. Сама природная среда и ощущаемые нами последствия погодных и климатических катаклизмов все в большей степени зависят от нашей реакции и конкретных действий, связанных с происходящим вокруг. Вот почему при комплексном анализе факторов риска, связанных с окружающей средой, мы должны думать не о возможных источниках опасности, таких, например, как наводнения, а о способах минимизации их последствий за счет реализации конкретных мер, включая, например, обустройство новых дренажных систем или высадку деревьев, и оценки эффективности таких мер, то есть соотношения затрат и приносимой пользы. Для этого нам следует научиться строить сложные модели, учитывающие погодные и климатические процессы, состояние антропогенной среды и экологических систем, а также добиться более глубокого понимания демографических изменений и выработать новые подходы к моделированию финансовых и социально-экономических факторов.

До сих пор при рассмотрении мер по смягчению последствий изменения климата основное внимание уделялось сокращению выбросов углекислого газа. Однако есть и другие компоненты, которые также загрязняют атмосферу, такие, например, как сажистый углерод и сульфатные аэрозоли. Снижение концентрации этих веществ может принести немалую пользу за счет повышения качества воздуха и тем самым — улучшения здоровья людей, состояния растений и животных. Хороший пример — Китай, где низкое качество воздуха — один из главных стимулов к переходу к низкоуглеродной экономике. В то же время удаление из атмосферы этих загрязнителей, которые в настоящее время помогают сдерживать рост температур, может быть сопряжено с определенным риском, связанным с краткосрочным увеличением темпов потепления в некоторых частях мира и негативным влиянием на изменчивость климата на локальном уровне. Поэтому поиск оптимальных путей сокращения антропогенных выбросов с целью минимизации последствий изменения климата требует комплексного подхода, предполагающего анализ различных данных — от самых последних результатов изучения земных систем до социально-экономических показателей.

При обсуждении мер по смягчению последствий не обойтись без упоминания геоинженерии и той роли, которую она может сыграть в их реализации. Речь идет о намеренном крупномасштабном вмешательстве в работу нашей планеты с целью противодействия изменению климата. Это могут быть меры по снижению интенсивности солнечного излучения или удалению углекислого газа непосредственно из атмосферы. Становится все более очевидно, что для выполнения целей по удержанию температуры на определенном уровне, предусмотренных Парижским соглашением, возможно, придется обеспечить удаление из атмосферы больших объемов углерода за счет использования технологий биоэнергетического связывания и хранения углерода (BECCS). (Несмотря на заявление президента Дональда Трампа в июне 2017 г. о выходе США из Парижского соглашения, в тот момент, когда пишутся эти строки, позиция США по данному вопросу до конца не ясна.)

Чтобы достичь необходимого уровня воздействия на содержание углекислого газа в атмосфере, эти методы должны применяться в масштабах всей планеты.

Что касается методов уменьшения интенсивности приходящего солнечного излучения, которые предусматривают, к примеру, изменение состава облаков с помощью мельчайших частиц, способствующих увеличению их отражающей способности, или распыление в стратосфере аэрозолей для отражения солнечного излучения в космос, сначала нам следует провести всесторонний анализ возможных последствий. Не ограничиваясь оценкой влияния на среднегодовую температуру на поверхности планеты, мы должны обратить внимание на возможные изменения в климатических условиях в конкретных регионах и связанные с ними проблемы с обеспечением населения водой и пищей. Эта тема пока еще плохо изучена и требует столь же тщательной научной проработки, как и влияние выбросов парниковых газов на локальном уровне. Особенно большую озабоченность вызывают социальные, правовые и политические аспекты применения указанных методов воздействия на климат: они могут быть использованы отдельными государствами в одностороннем порядке без должного предварительного анализа последствий для всей планеты. У нас все еще нет механизмов, которые бы позволяли урегулировать такие вопросы на международном уровне.

В конечном счете, какую бы комбинацию мер по адаптации к последствиям изменения климата и усилий по сокращению его масштабов мы ни выбрали, все будет зависеть от способности ученых и инженеров в течение ближайших десятилетий найти инновационные подходы к решению проблемы выработки, хранения и распределения «чистой» энергии, сведя к минимуму возможный ущерб для мировой экономики. В то же время каждый из нас должен внести свой вклад в защиту окружающей среды, взяв на себя обязательства по сохранению жизни на Земле для будущих поколений. Это означает, что тем из нас, у кого будет такая возможность, придется выбирать, как и где жить, не забывая о тех, кто лишен такой возможности.

Несколько мыслей напоследок

Изменение климата, несомненно, окажет большое влияние на жизнь каждого из нас в будущем, но важно помнить, что мы идем вперед не вслепую, без малейшего представления о том, что нас ждет. Одним из величайших научных достижений последних 50 лет является построение компьютерных моделей климата Земли, позволяющих прогнозировать, основываясь на фундаментальных физических принципах, как будут меняться погода и климат. Мало какие области науки дают нам возможность заглянуть в будущее и быть настолько же уверенными в правдивости увиденного, как в случае с прогнозированием климата.

Стоит задуматься над словами основателя Метеорологической службы Великобритании и автора первых прогнозов погоды вице-адмирала Роберта Фицроя, капитана «Бигля» — корабля, на котором отправился в свои знаменитые путешествия Чарльз Дарвин. После потери «Ройял Чартер» во время ужасного шторма в 1859 г. он написал в *The Times*: «Человеку не дано обуздать ярость ветра, но он может предвидеть беду. Ему не дано усмирить шторм, но он может заблаговременно укрыться от его гнева. Если мы научимся правильно пользоваться доступными нам средствами для спасения жизней [людей, гибнущих во время кораблекрушений], мы добьемся невероятного — предотвратим страдания, причиняемые беспощадной стихией».

Более чем 150 лет назад Фицрой заложил основы науки о прогнозировании как инструмента борьбы с негативными последствиями экстремальных погодных условий. И вот теперь мы применяем его, чтобы справиться с изменением климата. Как в масштабах всей планеты, так и на уровне конкретных регионов на временных промежутках от нескольких часов до десятилетий наши знания о погоде и климате вместе с прогнозами позволяют планировать будущее и оберегают от разных угроз.

Однако завершить главу я бы хотел словами британского астронавта, климатолога Пирса Селлерса, который умер от рака поджелудочной железы в декабре 2016 г. Узнав о диагнозе за год до смерти, он написал трогательную статью на тему изменения климата для The New York Times:

Обычно мы не можем предсказать, как именно изменится наша жизнь с появлением новых технологий. У нас нет веских причин думать, что будущее будет хуже настоящего, если, конечно, мы позаботимся об ожидающих нас трудностях и угрозах. В истории предостаточно примеров того, как мы, люди, находим выход из самых сложных ситуаций. При этом залогом победы всегда был реалистичный и трезвый взгляд на вещи в сочетании с гибкостью; когда наши предки делали вид, что им ничто не угрожает, их ждала неудача.

Будучи астронавтом, я путешествовал вокруг Земли на высоте 350 км. Паря в космическом пространстве рядом с Международной космической станцией, я видел, как гладь океанов превращается в хаос под натиском ураганов, как Амазонка несет свои воды в море, извиваясь по ослепительно зеленому ковру леса, как огромная территория, простирающаяся на сотни километров вдоль экватора, озаряется вспышками молний во время жутких гроз. Земля была как на ладони — я видел, как она хрупка, и чувствовал, как она бесконечно дорога мне. Я с оптимизмом смотрю в будущее.

НАШЕ БУДУЩЕЕ

Медицина, генетика и трансгуманизм

4

Будущее медицины

Адам Кучарски

26 апреля 2016 г. в США в штате Пенсильвания объявилась новая микробиологическая опасность. Пока внимание всей нации было приковано к праймериз, проходившим в тот день в штате в рамках подготовки к президентским выборам, в одну из больниц обратилась женщина с симптомами бактериальной инфекции. Врачи взяли у нее образец мочи — анализ показал, что причиной недуга была кишечная палочка. Но, когда материал был отправлен в местную лабораторию для более полного исследования, оказалось, что это не был обычный штамм бактерий кишечной палочки.

Незадолго до того, на фоне всеобщей озабоченности проблемой устойчивости микроорганизмов к лекарственным препаратам, специалисты лаборатории начали проверять поступающие к ним образцы на резистентность к антибиотикам под названием «колистин», полученный в 1949 г. Антибиотик относится к препаратам, применяемым в самых крайних случаях. Из-за серьезного вреда, наносимого данным препаратом почкам человека, назначают его нечасто — только в тех случаях, когда другие, менее сильные антибиотики оказываются неэффективными. После проведенного анализа стало ясно, что в образце из Пенсильвании присутствовал ген, делающий бактерии нечувствительными к колистину. Прежде этот ген уже встречался врачам в других странах, но в США он был выявлен впервые. К счастью, пенсильванский образец не был устойчив ко всем антибиотикам. Но сам по себе этот случай показал, что мы постепенно сдаем свои позиции в борьбе с инфекциями. «По сути, мы имеем дело с еще одним доказательством того, что антибиотикам осталось жить не так уж и долго»,

— заметил Том Фриден, занимавший тогда должность директора Центров по контролю и профилактике заболеваний США.

За 50 лет до того подобное заявление показалось бы просто абсурдным. В 1960-е гг. все были полны оптимизма. Пенициллин и другие антибиотики широко и успешно применялись уже почти десятилетие. Альберт Сабин разработал полиомиелитную вакцину, нескольких капель которой на кусочке сахара было достаточно для достижения ожидаемого эффекта. Наконец-то были найдены способы лечения таких тяжелых заболеваний, как туберкулез. В 1967 г. главный врач Министерства здравоохранения США Уильям Стюарт даже заявил, что «война против инфекционных заболеваний выиграна».

На самом деле она продолжается по сей день. Несмотря на масштабные кампании по вакцинации, полностью искоренить полиомиелит до сих пор не удалось. С появлением нечувствительных к препаратам «супербактерий» пенициллин перестал быть эффективным, а туберкулез снова стал смертельным заболеванием. Тем временем мы живем в условиях постоянной угрозы пандемии — это может быть грипп или что-то другое — и нарастающих, как снежный ком, проблем в сфере здравоохранения, связанных со старением населения. Впрочем, медицина не сдаётся, продолжая удивлять нас замечательными открытиями — от генетики и персонализированных методов лечения до регенеративной медицины и удаленной хирургии. Так что же нас всех ждет? Есть ли у нас основания для оптимизма? Каким будет будущее медицины?

Следующая эпидемия

В медицине всегда есть место для сюрпризов. Сэр Уильям Ослер, положивший начало современному медицинскому образованию в начале XX в., однажды назвал медицину «наукой о случайном и искусством вероятного». Взять хотя бы инфекционные заболевания. Почти наверняка в течение нашей жизни нам придется стать свидетелями масштабной вирусной пандемии. Предсказать, где, когда и как она вспыхнет, мы не в силах.

Сам Ослер умер в 1919 г. во время печально знаменитой пандемии «испанки», унесшей жизни большего числа людей, нежели вся Первая мировая война. В начале XXI в. имело место несколько вспышек новых опасных вирусов, включая ТОРС в 2003 г., грипп А/Н1N1 (так называемый свиной грипп) в 2009 г. и Эболу в 2014 г. Несмотря на серьезность угрозы, все три имели биологические особенности, которые сыграли нам на руку. У зараженных ТОРС или Эболой, как правило, отмечались явные симптомы, благодаря чему органы здравоохранения могли оперативно реагировать, выявляя тех, с кем больные контактировали в последнее время, помещая их на карантин и тем самым предотвращая дальнейшее распространение заболевания. Вирус гриппа выявлять намного труднее, но, к счастью, появившийся в 2009 г. штамм был намного менее опасным, чем губительный вариант 1919 г.

Фактор удачи в этом случае играет важную роль, поскольку во время новой вспышки у нас часто нет эффективных препаратов и вакцин. Проблема в сроках: на научные исследования уходят годы или даже десятилетия, тогда как эпидемия может распространиться за считанные месяцы. Именно по этой причине у нас до сих пор нет надежной вакцины против ТОРС, а вакцина против свиного гриппа появилась только в конце 2009 г., когда пик вспышки был уже давно позади. Но ситуация начинает меняться. В ходе эпидемии Эболы в 2014–2015 гг. исследователям удалось ускорить процесс разработки вакцины. Менее чем за год в рамках клинического исследования под эгидой Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) была получена высокоэффективная вакцина против этого заболевания. Следующий шаг — выстроить процесс разработки таким образом, чтобы можно было оперативно выпускать вакцину при появлении новой инфекции. Для этого требуется наличие достаточного количества препаратов и вакцин, прошедших первоначальную проверку на безопасность, а также групп исследователей, готовых в сжатые сроки проводить клинические исследования в непростых условиях. В 2017 г. для решения данной проблемы при участии правительств ряда

стран и биомедицинских организаций была создана Коалиция по инновациям для предупреждения эпидемий. Ее задача — обеспечить инвестирование \$1 млрд в разработку вакцин. На начальном этапе основное внимание будет уделяться трем инфекциям: ближневосточному респираторному синдрому, лихорадке Ласса и вирусу Нипах. Во всех трех случаях источником стали зараженные животные, передавшие данные вирусы в человеческую популяцию. Крупных эпидемий пока они не вызвали, но это только вопрос времени.

Даже если у нас будут вакцины, которые можно применять против новой угрозы, мы все равно должны обнаружить вспышку в момент ее появления. В области эпидемиологического контроля залогом успеха — или неудачи — являются методы сбора и анализа данных. Одновременно с проверкой заражения инфекцией мы сегодня, например, можем собирать и сравнивать геномные последовательности вирусов или бактерий, полученные из взятых у пациентов образцов. Когда в 2014 г. разразилась эпидемия Эболы, на это уходили недели; к концу эпидемии работавшие на местах группы исследователей могли за несколько часов выполнять полное секвенирование вирусного генома с помощью устройства размером с флешку. Очевидно, что в будущем секвенирование генома возбудителя любой инфекции — будь это Эбола или любой другой вирус — станет обычным делом, а значит, мы сможем понять, как происходит распространение различных патогенов и как они эволюционируют. Это очень важно, особенно если мы хотим научиться выявлять и отслеживать мутации, препятствующие эффективному применению существующих препаратов и вакцин.

В ближайшие десятилетия главной темой для медицинского сообщества станут инфекции с устойчивостью к противомикробным препаратам. С появлением неизлечимых бактериальных инфекций на фоне чрезмерно активного использования антибиотиков в лечении людей и в животноводстве даже такие рутинные процедуры, как кесарево сечение и операции на тазобедренном суставе, однажды станут чем-то, сопряженным с большим риском. И дело не только в потребности в новых препаратах: самый свежий из доступных сейчас на рынке антибиотиков появился еще в 1987 г. Разрабатывать антибиотики дорого и сложно. При этом для прохождения курса лечения большинству пациентов достаточно одной-двух недель. Поэтому фармацевтические компании предпочитают заниматься исследованиями в других областях. Для решения проблемы устойчивости к антибиотикам требуется более тщательный контроль за применением существующих препаратов. Люди должны изменить свое отношение к антибиотикам и привычки. Но сделать это совсем не просто. Как формируется наше представление о собственном здоровье? Как наше поведение влияет на риск развития заболевания? Что может заставить нас изменить свое отношение к тому или иному препарату? Чтобы ответить на эти вопросы, специалисты в области биомедицинских дисциплин должны объединить усилия с представителями социальных наук.

Глубокое понимание мотивов поведения также поможет более эффективно бороться с инфекциями других типов. Например, одним из вероятных факторов, обеспечивших локализацию вспышки Эболы в Западной Африке, стало снижение уровня склонности к рискованному поведению. Во многих случаях заражение происходило во время семейных мероприятий и похорон; часто для снижения темпов распространения инфекции было достаточно, чтобы люди изменили свои привычки и сузили круг общения. Однако мы до сих пор не до конца понимаем, как и когда произошли эти изменения в поведении населения Западной Африки и какое значение они могут иметь в будущем.

Специалисты в области здравоохранения уделяют все больше внимания тому, как люди перемещаются по миру и взаимодействуют друг с другом. С этой целью проводятся опросы, а также анализируются данные об использовании мобильных телефонов и изображения со спутников. В скором времени появится возможность объединять эти данные с другой

информацией — от геномных последовательностей до данных анализа состояния окружающей среды — с целью комплексного изучения инфекций. Не ограничиваясь одними лишь биологическими характеристиками заболевания или его влиянием на конкретную группу населения, мы сможем одновременно анализировать инфекцию, ее эволюцию и среду, а также поведение зараженных ею людей. Таким образом, органы здравоохранения смогут разрабатывать стратегии по борьбе с заболеваниями с учетом особенностей конкретных популяций и регионов. Кроме того, наличие информации о прочих инфекциях, перенесенных человеком, поможет спрогнозировать риск развития у него аналогичных заболеваний в будущем. Хорошим примером, подчеркивающим значимость этих сведений, является лихорадка денге: тот, кто в прошлом был заражен одним штаммом денге, во второй раз может переносить заболевание в намного более тяжелой форме. Поэтому по результатам исследования, проведенного в 2016 г. под эгидой ВОЗ, было рекомендовано учитывать наличие в анамнезе инфекций при проведении кампаний по вакцинации от денге. До сих пор для этого требовалось собирать большое количество образцов крови и проводить трудоемкие лабораторные исследования, на которые уходило много времени. Однако сейчас существуют методы анализа крови, которые позволяют быстрее и с меньшими затратами определять, какие именно возбудители инфекций циркулировали среди населения в прошлом. По мере накопления данных такие подходы, предполагающие учет местных особенностей, станут обычной практикой в борьбе с любым заболеванием повсюду в мире.

Персонализированная медицина

Учет индивидуальных особенностей станет нормой и в других областях медицины. В 2015 г. президент США Барак Обама объявил о запуске программы по развитию прецизионной медицины (Precision Medicine Initiative). Задачей инициативы стала замена универсального подхода новыми методами, учитывающими генетические особенности, условия и образ жизни пациента. Она стала частью более масштабной тенденции в медицине, направленной на адаптацию лечения к индивидуальным особенностям конкретного пациента и его состоянию. В отличие от таких процедур, как переливание крови, в которых в определенной степени уже учитываются индивидуальные отличия пациентов (группа крови), данные методы предполагают использование результатов работы по секвенированию генома и других современных видов исследования для того, чтобы облегчить задачу прогнозирования воздействия тех или иных видов лечения на определенных пациентов. К примеру, некоторые противоопухолевые препараты эффективны только против опухолей с определенными генетическими характеристиками. Еще один пример — препарат для лечения муковисцидоза под названием «ивакафтор», который оказывает должное действие только приблизительно у 5% пациентов, имеющих определенную генетическую мутацию.

Благодаря точным подходам медицина станет в большей степени превентивной. Если раньше лечение начиналось только после выявления заболевания, то теперь использование подробных данных позволит бороться с потенциальными угрозами еще до того, как они выльются в полноценные заболевания. Уже сейчас врачи могут прогнозировать развитие наследственных заболеваний с помощью генетических исследований, но, как правило, в этом случае речь идет об одной опасной мутации — такой, например, как мутация гена BRCA1. Наличие у женщины BRCA1 означает, что в течение жизни у нее с вероятностью 65% разовьется рак молочной железы. В этом случае можно предотвратить его с помощью профилактической хирургической операции. Именно наличие мутации гена BRCA1 заставило актрису Анджелину Джоли пойти в 2013 г. на такой трудный шаг, как двойная мастэктомия.

Со временем на смену изучению отдельных генов придет комплексное исследование целых геномов. Причем данных будет очень много: по оценке исследователей из лаборатории Cold Spring Harbor Laboratory в США, к 2025 г. для хранения данных о геноме человека потребуется хранилище данных большего объема, чем для данных YouTube или Twitter.

Однако секвенирование генома еще не включает сложностей, связанных с анализом данных. В некоторых случаях в рамках масштабных клинических исследований удается с большей долей уверенности установить связь между определенным заболеванием и конкретным геном — как это произошло в случае с BRCA1 и раком молочной железы. В идеале мы бы получили простой набор правил, описывающий все возможные комбинации, например, в таком формате: «мутация А в гене В вызывает болезнь В». К сожалению, в случае с заболеванием, которое связано с повреждением в нескольких генах или является редким, оценить возможные риски довольно трудно. Поэтому и решиться на превентивное лечение совсем не просто.

Чтобы понять сложности, связанные с интерпретацией результатов медицинских анализов — будь то генетических или любых других, — давайте рассмотрим пример с заболеванием, которому подвержены 500 человек из 1 млн. Представим, что существует метод анализа, позволяющий установить наличие заболевания с точностью 99%. Теперь давайте ответим на следующий вопрос: если у вас возьмут образец и в ходе анализа будет получен положительный результат, какова вероятность развития у вас этого заболевания? Как ни странно — всего-навсего 5%. Ведь если анализ берется у 1 млн человек, то мы должны ожидать, что у 495 человек, подверженных заболеванию, результат будет положительный (не у 500, так как точность анализа составляет 99%). При этом для 1% из оставшихся 999 500 человек, то есть для 9995 человек, не подверженных заболеванию, анализ также даст положительный результат — но ошибочно (не забываем, что точность анализа составляет лишь 99%). Таким образом, общее количество людей с положительным результатом анализа составит 495+9995. И только 495 из них (то есть у 5%) действительно есть о чем беспокоиться.

Теперь вспомним, что в нашем примере используется превосходная методика, обеспечивающая точность 99%. Если взять менее надежный метод, то интерпретировать результаты становится еще сложнее. Вот почему в диагнозе часто учитываются и другие факторы, включая семейный анамнез. В настоящее время пациенты, сталкивающиеся с необходимостью принять решение в связи с возможным генетическим заболеванием, могут проконсультироваться со специалистами, задача которых — описать существующие факторы риска и объяснить их значение. Такие специалисты обычно не столько дают рекомендации, сколько предоставляют информацию. Однако с распространением генетических исследований вариантов анализа может стать больше, а принимать решения — еще сложнее, в особенности в тех случаях, когда имеющиеся возможности для лечения ограничены. Хотели бы вы знать, что вам грозит неизлечимое заболевание? Как бы вы реагировали на неопределенность, связанную с ненадежностью результатов исследований?

По мере доступа пациентов к относящимся к ним данным ответственность за принятие решений будет все в большей степени лежать на них, а не на врачах. В будущем нам придется самостоятельно разбираться с прогнозируемыми угрозами для здоровья. Мы сами будем определять свои дальнейшие шаги. Это означает, что мы должны научиться находить баланс между потенциальной пользой и вредом, который может причинить неверный диагноз. В 2016 г. врачи из клиники Майо в Миннесоте опубликовали любопытный отчет. В нем рассказывалось о человеке, которому по результатам генетического теста, показавшего наличие у него и членов его семьи опасной мутации, был хирургическим путем имплантирован сердечный дефибриллятор. Когда он обратился в клинику Майо, чтобы узнать мнение врачей о правильности такого решения, оказалось, что результаты анализа были истолкованы неверно: в реальности степень риска была невелика.

Результаты генетических исследований могут интересовать не только самих пациентов. Благодаря принятому в 2008 г. Закону о запрете генетической дискриминации (Genetic Information Nondiscrimination Act) в США компаниям, занимающимся медицинским

страхованием, в настоящее время запрещено использовать данные о наличии генетической мутации в качестве основания для отказа в страховании. Но в сфере страхования жизни дела обстоят иначе: некоторые страховщики уже начали отказывать заявителям с мутацией гена BRCA1. Если законодательство не будет поспевать за стремительным развитием предиктивной медицины, генетические проблемы могут стать препятствием для получения доступа к различным благам, таким, например, как жилье и работа.

Еще одним последствием расширения наших познаний в области наследственных заболеваний может стать размывание самого понятия «пациент». В 2015 г. одна женщина обратилась в Верховный суд Великобритании с иском к Больнице св. Георгия в Лондоне. Основанием для иска послужило то, что сотрудники больницы не сообщили ей о наличии у ее отца, прожившего долгое время отдельно от своей семьи, болезни Гентингтона, относящейся к генетическим заболеваниям. Когда в 2009 г. ее отцу был поставлен диагноз, врачи рекомендовали сообщить дочери об этом, но он отказался. Его дочь, которая в тот момент была беременна, узнала о заболевании только в 2013 г. Должны ли были врачи в данной ситуации предоставить доступ к информации о пациенте члену его семьи? В этот раз судья заключил, что действия врачей по сохранению конфиденциальной информации в тайне были правомерными. Впервые суд вынес решение по вопросу о правомерности разглашения врачами членам семьи сведений о генетических угрозах. Очевидно, что в будущем дела такого рода будут рассматриваться в судах все чаще и чаще.

По мере переключения внимания с острых заболеваний на хронические все большую роль будет играть семья. Сердечнососудистые заболевания, диабет и ожирение уже давно стали большой проблемой для развитых стран; теперь они становятся все более актуальными и в регионах с низким и средним уровнем доходов. В период с 1975 по 2014 г. доля мужчин с избыточной массой тела по всему миру выросла приблизительно с 3 до 11%, а среди женщин — с 6 до 15%. Как это ни парадоксально, успехи медицины также будут способствовать увеличению числа людей с хроническими заболеваниями, поскольку многие болезни, которые сейчас являются смертельными, со временем перейдут в разряд если не предотвратимых, то хотя бы излечимых. В ближайшие годы ученые разработают новые методы лечения, которые позволят замедлить или остановить такие дегенеративные заболевания, как болезнь Альцгеймера. Пациентам будут имплантировать устройства, которые будут корректировать лечение в соответствии с течением заболевания. Стволовые клетки помогут восстановить или заменить поврежденные ткани тела. В прошлом году группа исследователей из Центра биологии развития RIKEN (RIKEN Center for Developmental Biology) в Японии объявила об успешном завершении эксперимента по выращиванию кожных тканей мыши со всеми необходимыми железами и волосяными фолликулами в лабораторных условиях. Таким образом, в будущем может стать обычной практикой лечение травм, включая тяжелые ожоги, с помощью выращенной в лаборатории искусственной кожи, что позволит отказаться от использования ткани, взятой с различных частей тела пациента. Кроме того, другие группы ученых занимаются выращиванием в лабораторных условиях тканей для восстановления самых разных органов — от мочевого пузыря и роговицы глаза до яичников и кровеносных сосудов. Благодаря развитию здравоохранения мы уже живем дольше, чем кто-либо из наших предков; с расширением круга заболеваний, с которыми человек может жить, обществу придется адаптироваться к более высоким затратам — как финансовым, так и эмоциональным — на обеспечение ухода за такими больными в течение длительного времени.

Все более коннективный мир

Социальная структура — еще один важный фактор, который будет определять состояние здоровья людей в будущем. В 1970 г. на планете было всего два города с населением свыше 10 млн: Токио и Нью-Йорк. В 2017 г. таких мегаполисов стало уже 37. Среди их жителей много бедных, и в ближайшие годы ситуация, скорее всего, только ухудшится: по оценке

ООН, к 2030 г. в трущобах могут оказаться 2 млрд человек. В густонаселенных бедняцких районах есть все условия для быстрого распространения таких инфекций, как Эбола и лихорадка денге, к которым местные органы здравоохранения могут быть просто не готовы. Несколько десятилетий никто не рассматривал Эболу в качестве серьезной угрозы для здоровья людей. Несмотря на два десятка небольших вспышек геморрагической лихорадки в Центральной Африке, имевших место главным образом в сельских районах, веских оснований подозревать, что однажды она вызовет настоящую эпидемию, не было. И вот наступил 2014 г., когда эта самая инфекция поразила три города в Западной Африке, демонстрируя совершенно нетипичное поведение. Не исключено, что в скором времени мы столкнемся с другими подобными болезнетворными микроорганизмами, которые не могут в полную силу заявить о себе в сельской местности, но легко и быстро распространяются в районах с плотной застройкой.

В больших городах нашему здоровью угрожают и другие факторы. По данным Института измерения показателей и оценки здоровья при Вашингтонском университете, ежегодно в результате загрязнения воздуха преждевременно уходит из жизни более 5,5 млн человек. Свыше половины этих смертей приходится на Китай и Индию, где находится 12 из упомянутых выше мегаполисов. Города будут не только разрастаться, но еще и покрываться все более плотной сетью транспортных и коммуникационных артерий. Ежедневно из аэропортов по всему миру совершается более 100 000 авиарейсов. Неудивительно, что в 2009 г. пандемическому вирусу гриппа хватило нескольких недель, чтобы распространиться по всей планете, а тому самому устойчивому к колистину штамму кишечной палочки, впервые обнаруженному в Китае в конце 2015 г., понадобилась всего лишь пара месяцев, чтобы добраться до Пенсильвании. Развитая система авиасообщения меняет геометрию инфекции: традиционные карты мира, показывающие расстояния по прямой, могут вводить в заблуждение относительно реальных связей между нами, а, значит, и путей распространения инфекций. Достаточно взглянуть на карту авиамаршрутов, чтобы понять, что некоторые города на самом деле намного ближе (или дальше), чем поначалу казалось.

Медицинские знания в будущем также будут добираться в разные уголки мира быстрее, чем раньше. В 2016 г., в ходе гражданской войны в Сирии, опытные хирурги из таких стран, как Британия и Канада, с помощью веб-камер руководили действиями местных специалистов при выполнении операций в зонах боевых действий. Благодаря развитию технологий дополненной реальности и робототехники вскоре появится возможность проводить удаленно сложные хирургические операции.

Кроме того, доступ к данным из любой точки мира поможет пациентам эффективно лечиться в домашних условиях. Многим из них может показаться более удобным не идти к врачу, а обсудить симптомы с интеллектуальным агентом, и, классифицировав их по степени значимости, принять решение о дальнейших действиях, а также при необходимости использовать иммерсивные технологии дополненной реальности, чтобы получить консультацию, не выходя из дома. Программы распознавания образов, натренированные на глобальной базе данных о пациентах, смогут самостоятельно ставить диагноз на основании полученных результатов обследований — от МРТ-снимков до предметных стекол. Врачи смогут оценивать факторы риска, связанные с определенным методом лечения, за считанные секунды подбирая множество аналогичных случаев для сравнения с состоянием пациентов. А при появлении новой инфекции — будь то Эбола или кишечная палочка — органы здравоохранения смогут оперативно выявлять вспышки и быстро принимать меры по ее локализации.

Таким образом, мы возвращаемся к вопросу о пессимизме и оптимизме в оценках будущего медицины. Даже если мы преуспеем в борьбе с существующими заболеваниями, победив малярию, полиомиелит и корь, им на смену, вероятнее всего, придут новые недуги.

Независимо от того, что именно это будет — устойчивые к антибиотикам бактерии или хронические заболевания, вызванные сменой привычек и образа жизни, мы в любом случае не сможем обеспечить абсолютную защиту здоровья человека даже в отдаленном будущем. Рано или поздно опутывающие наш мир транспортные сети станут источником новых угроз для нашего здоровья, в результате чего мы столкнемся с самыми разными проблемами биологического, технологического и социального характера. Однако продолжающаяся глобализация медицины означает, что нас ждут новые идеи и подходы, которые позволят не только не спастись перед трудностями, но даже спрогнозировать и упредить некоторые из них. В конечном итоге именно то обстоятельство, что мы все так сильно взаимосвязаны и можем работать сообща, станет залогом нашего благополучия и спасения.

5

Геномика и генная инженерия

Аарати Прасад

В следующие сто лет биология будет главенствовать среди наук...

Фримен Дайсон, 1996 г.

Генетика занимается изучением ДНК — тех коротких участков ДНК, которые мы называем «генами», и всего остального, от чего они зависят. Гены — носители наследственности, своего рода «программные файлы» нашего тела. В них содержатся инструкции — исполняемый код. Гены окружают другие «файлы с кодом», определяющим, когда и насколько усердно гены должны работать. Код большинства генов считывается и используется для синтеза белков, являющихся строительными блоками наших тканей и органов, а также для формирования гормонов, антител и транспортных систем в наших клетках. Тем самым гены определяют важную часть нашей физической оболочки, нашего здоровья и врожденных способностей.

Для манипуляций с генами мы придумали специальное название — генная инженерия. На самом деле эксперименты такого рода имеют давнюю историю. Благодаря вмешательству в гены с помощью достаточно примитивных методов (того, что называется селекцией) початки кукурузы, которые еще 10 000 лет назад походили на колосковые соцветия полевых трав, превратились в мясистые плоды цилиндрической формы, а место волков рядом с человеком заняли мопсы. В недалеком прошлом уже теперь в лабораторных условиях мы создали растения, ставшие фабриками по выработке фармацевтических препаратов, и получили сорт риса, служащий источником витамина А, от которого зависят состояние нашей иммунной системы и острота зрения. Мы продолжаем манипулировать генами в терапевтических целях, в рамках борьбы с инфекциями, а также для создания новых источников энергии и получения устойчивых источников пищи, но сам способ, которым мы добиваемся этого, ведет нас в абсолютно новый мир инновационных технологий, возможности которых еще не до конца изучены и не совсем понятны.

Геномика занимается формированием и анализом полных наборов генетических данных. Основываясь на сборе информации, данная дисциплина выросла из генетики и молекулярной биологии, то есть наук, имеющих дело с белками и генетическим материалом: ДНК и РНК. Задача геномики — подробно описать состав и взаимодействия «молекул жизни» внутри наших клеток. Впервые определить всю последовательность азотистых оснований в составе человеческой ДНК удалось чуть более 10 лет назад. Наш геном представлен различными комбинациями всего четырех букв А, С, Т и G. Весь наш генетический материал выглядит как строка из 3 млрд букв, распределенных примерно по 20 000 словам. Если бы каждая из этих букв была того же размера, что и шрифт на этой странице, а буквы стояли бы ровной

строчкой друг за другом, то протянулась бы эта строчка от Лондона до Рио-де-Жанейро. Сегодня геном человека стал частью обширной библиотеки, включающей чуть более 4000 организмов — от бактерий и вирусов до шимпанзе, утконоса и растения «японский вороний глаз» (ДНК которого по массе в 50 раз превосходит нашу). Но составление каталогов кодированных форм жизни — это только начало пути. Если в качестве примера взять применение геномики в медицине, то оптимистический сценарий будет выглядеть приблизительно так. Во-первых, мы должны изучить структуру генома и составить другие, имеющие отношение к данному, каталоги, чтобы выявить все условия, заставляющие гены работать. Затем нам следует проанализировать биологию генома: расшифровать инструкции, выяснить, какие части генома действительно инструкции, а какие нет; и, если они не являются инструкциями, мы должны понять, что в них такого, что им удалось остаться в составе генома на всем протяжении эволюции. В-третьих, мы должны использовать полученные знания, чтобы разобраться в биологии заболевания и ответить на ряд вопросов: как и почему, например, наша ДНК препятствует развитию определенного заболевания или, наоборот, ускоряет его течение; как наша ДНК взаимодействует с ДНК атакующих нас микробов; наконец, как нам применить результаты в разработке «умных» препаратов направленного действия, которые повысят эффективность системы здравоохранения.

С того момента, когда мы наконец научились расшифровывать наш геном и начали понимать смысл инструкций в «генетическом талмуде», прошло всего-то два десятилетия. Мы до сих пор продолжаем разбираться с функциональными элементами человеческого генома, включая как те из них, что формируют гены, так и те, что не образуют их. (К примеру, некоторые разделы нашей ДНК отвечают за стабильность генома и обеспечивают корректность его структуры.) Для решения этой задачи потребуется еще немало исследований. Однако уже сейчас имеется достаточно данных для интерпретации. Всего через два года после публикации полной последовательности генома человека в 2004 г. на рынке появился тест, позволяющий получить полную расшифровку генома. В период с 2007 по 2014 г. только в США 500 млн человек приобрели такие тест-системы, чтобы получить доступ к заключенной в их генах информации. Результаты продаж в интернет-магазинах и в розничных сетях показывают стабильно высокие темпы роста, которые и не думают снижаться. В следующие два десятилетия мы сможем не только во всех подробностях анализировать свои геномы, но и спуститься на уровень ниже, углубляясь в дебри генетических данных и все более бесцеремонно обходя — на свой страх и риск — последние оплоты анонимности.

И вот теперь, когда мы уже достаточно повозились с генетическим кодом, присутствующим в разных формах жизни на Земле, наступает новая эра, в которой геновая инженерия станет тем, чем она должна быть. Научившись расшифровывать генетический код и начав осваивать его грамматику, мы можем приступить к написанию чего-то своего. Со временем из-под нашего пера будут выходить все более и более сложные ДНК, и в ближайшие два десятилетия мы, несомненно, станем свидетелями создания новых форм жизни или воскрешения тех, которые когда-то исчезли с нашей планеты. Кроме того, даже если это и не кажется столь же захватывающим — как с философской, так и эволюционной точки зрения, — использование биологического кода за рамками биологии станет обыденным делом, превратившись в неотъемлемую часть нашей профессиональной и личной жизни. В конце концов, ДНК — это код, который автономно воспроизводит сам себя, код, который вот уже почти 4 млрд лет неустанно реагирует на изменения среды, приспосабливаясь и видоизменяясь без какого-либо участия со стороны человека. Если мы доберемся до сути генома, а потом научимся тому, что с такой легкостью делает ДНК, а именно — самообучению, адаптивности, самовоспроизводству, то есть вещам, с которыми до сих пор не справляются небиологические машины, произойдет настоящая революция во взаимодействии вычислительных систем и механизмов ДНК.

Генетика и геномика будущего откроют перед нами небывалые возможности: мы не только будем лучше понимать, как устроено наше тело и наша среда, но и научимся управлять ими, а наши технологии достигнут еще более высокого уровня персонализации. Но как мы распорядимся этими достижениями и как будем использовать постоянно растущий запас знаний о генах и геномах? Давайте остановимся подробнее на ряде революционных технологий, которые задают вектор развития генетики сегодня.

Изучение генома

Еще совсем недавно даже для анализа ДНК, не говоря уже о секвенировании целых геномов, использовалось крупногабаритное дорогостоящее оборудование, устанавливавшееся в специально предназначенных для этого лабораториях. Как известно, на составление полной карты человеческого генома в 2000 г. ушло 15 месяцев, а расходы на проект достигли \$300 млн. К 2006 г. стоимость картирования генома отдельно взятого человека сократилась до \$14 млн. Десять лет спустя она составляла уже около \$1500, а сама процедура занимала два дня. Сегодня при секвенировании уже можно обойтись не только без лабораторий, но даже и без генетиков. Секвенсоры нового поколения уже ничем не напоминают своих массивных предшественников, легко помещаясь в кармане. Пока они еще не способны полностью расшифровать весь геном, но это лишь вопрос времени. В данный момент они разрабатываются с целью анализа тех генов, знание о которых по каким-либо причинам считается важным. Новейшие представители этого класса устройств способны, к примеру, распознавать геномы определенного вида бактерий или штамма вируса, проникающих в организм человека. Результаты уже представляются весьма многообещающими, особенно если говорить о применении в регионах, где ситуация в сфере здравоохранения особенно тяжелая. В Западной Африке благодаря одному такому портативному устройству для секвенирования удалось выявить у пациентов 148 геномов вируса Эболы. Предполагается, что с развитием геномных технологий в будущем появятся миниатюрные и простые в использовании инструменты, которые позволят в полевых условиях за считанные часы ставить диагноз и определять эффективное лечение против таких вирусных инфекций, как коронарный вирус, лихорадка денге, Эбола, чикунгунья и Зика. Однажды они могут стать частью нашей повседневной жизни, как это произошло с мобильными телефонами.

Но и это далеко не предел — мы начинаем использовать для анализа ДНК полупроводники. Не так давно Крис Таумазу из Королевского колледжа Лондона разработал чип, который уместается в устройстве размером с USB-накопитель и в течение нескольких минут может обеспечить визуализацию результатов своей работы на компьютере. В задачи этой полупроводниковой технологии не входит изучение всех 3 млрд азотистых оснований человеческого генома. Вместо этого анализируется тот 1% оснований, который уникален для каждого человека, выступая в качестве своего рода «биологического IP-адреса». Разные чипы в оболочке USB-накопителей распознают разные генетические мутации, тем самым выявляя предрасположенность к определенному заболеванию или, например, оценивая способность организма конкретного человека к метаболизму тех или иных лекарственных препаратов. «Врач больше не будет разбираться с заболеваниями, которые были у вас в прошлом, — он будет предупреждать недуги, которые ждут вас в будущем», — поясняет Таумазу.

Использование генома

Геномная революция, безусловно, открывает небывалые возможности в области здравоохранения, но этим ее значение далеко не исчерпывается. В геноме любой формы жизни закодированы инструкции, определяющие ее существование. В течение последних нескольких лет появились новые, более эффективные методы работы с генами, позволяющие воплотить в реальность то, что еще совсем недавно казалось чем-то из области научной фантастики. Во многом этим мы обязаны выдающемуся открытию Дженнифер Дудна и Эммануэль Шарпантье — CRISPR[5], самому мощному инструменту геномной инженерии в современном мире. Разрабатывался он в качестве нового механизма для изменения ДНК.

Благодаря ему мы получили возможность ближе познакомиться с функциями отдельных генов, активируя их или, наоборот, блокируя, а также разрезая ДНК в определенных местах таким образом, чтобы можно было изменить или дополнить последовательность. Это означает, что теоретически мы можем аккуратно удалить нежелательную версию гена, из-за которой образуются больные клетки, и заменить ее здоровой, работающей так, как надо. Но арсенал приемов в рамках данной технологии редактированием не ограничивается. В будущем она поможет нам выяснить, что делают те 98% ДНК, которые не участвуют в кодировании белков. Таким образом, мы перейдем от алфавита генома к его грамматике и пунктуации. Здесь-то нам и пригодится возможность произвольно включать и выключать те или иные гены. В частности, мы начинаем использовать свет для контроля места и времени внесения изменений в ген, а также обеспечения обратимости вносимых изменений. Работа эта ведется в рамках еще одного динамично развивающегося направления под названием «оптогенетика». Суть ее заключается в том, чтобы научиться управлять деятельностью нервных клеток с помощью света в лабораторных условиях. Она поможет нам лучше понять, как работает мозг человека. Ожидается, что в течение следующих двух десятилетий результаты этих исследований позволят пролить свет на причины ряда заболеваний, включая дегенеративные заболевания нервной системы, эффективные методы лечения которых в настоящее время отсутствуют, таких, например, как болезнь Паркинсона, эпилепсия, болезнь Альцгеймера, инсульт и потеря слуха. Кроме того, сейчас ведется разработка так называемых CRISPR-таблеток — заключенных в съедобную оболочку ДНК-последовательностей, адаптированных таким образом, чтобы провоцировать самоуничтожение устойчивых к антибиотикам бактерий.

Мы уже видим результаты применения различных технологий, связанных с CRISPR, в нашей повседневной жизни — от серьезных (борьба с вымиранием пчелиных колоний) до курьезных (возможность выбрать цвет своего будущего питомца — собаки, карликовой свиньи или карпа кои). В следующие несколько десятилетий благодаря им могут быть созданы сложные синтетические биоцепочки, превращающие клетки в фабрики по производству биотоплива, а также выведены устойчивые к инфекциям породы домашнего скота. Более того, существуют планы по выведению «CRISPi-кур», в геном которых будут встроены инструменты для CRISPR-редактирования. Наконец, стоит упомянуть о так называемых фармацевтических средствах — например, трансгенных курах, в яйцах которых будет содержаться препарат для борьбы с проблемами, вызванными холестерином.

Еще одна возможная сфера применения геномных технологий — попытки воскресить вымершие виды животных. Уже началась работа по изменению генома эмбрионов слона с целью воссоздания мамонтоподобных шерстистых арктических слонов. Другой вид, который пытаются вернуть к жизни ученые, — странствующие голуби, истребленные нами в XIX в.

Генетика, информационные технологии и биохакинг

Теперь, когда освоены методы расшифровки, мы легко можем провести параллели между ДНК, рассматривая ее как систему кодирования, и вычислительными системами. Последние несколько десятилетий одним из главных факторов геномной революции была революция цифровая. И вот настал черед ДНК участвовать в развитии информационных технологий, выступая в качестве движущей силы инноваций. Запас долговечности у ДНК как носителя, используемого в качестве хранилища данных, вне всякого сомнения, намного больше, чем у любого другого вида носителей за всю историю развития информационных технологий. Причем, в отличие от дискет и компакт-дисков, использовать ее можно будет до тех пор, пока на планете будут люди, располагающие технологией ее расшифровки. Еще одно преимущество ДНК как хранилища данных — размер: весь наш геном умещается в клеточном ядре, диаметр которого обычно составляет 2–10 микрон. Много это или мало? Микрон — это одна миллионная часть метра. Даже человеческий волос имеет толщину около 75 микрон. Чтобы доказать саму возможность использования ДНК в качестве хранилища, не

так давно был проведен эксперимент, в ходе которого в нее удалось поместить текстовые файлы и аудиофайлы, включая 154 сонета Шекспира и 26-секундную аудиозапись речи Мартина Лютера Кинга «У меня есть мечта». Для записи использовался двоичный код, аналогичный тому, который применяется в цифровой технике, с той лишь разницей, что в качестве битов (нулей и единиц) в нем выступают основания А, С, G и T в различных комбинациях. Бит — наименьшая единица информации, которая может храниться и обрабатываться на компьютере. Чтобы закодировать сонеты Шекспира с помощью ДНК, потребовалось 5,2 млн битов.

Хранение данных — не единственная сфера применения ДНК: перспективы построения самих вычислительных систем на основе ДНК кажутся даже более захватывающими, хотя в вопросе о возможности реализации этой идеи и сохраняется некоторая неопределенность. Все началось с использования ДНК для решения ряда сложных задач. Это вызвало живой интерес у специалистов в области вычислительных систем, которые ищут пути снижения стоимости и снятия технологических ограничений, связанных с производством все более миниатюрных компонентов для все более компактных компьютеров, смартфонов и планшетов, ставших неотъемлемой частью нашей жизни. Непрерывный процесс миниатюризации устройств вот-вот достигнет своего предела: по прогнозам исследователей из компании Intel, это произойдет уже в ближайшее время. Но в ДНК-компьютерах в качестве входных данных выступают отдельные молекулы, а молекулы белков могут использоваться как процессоры. В отличие от традиционных вычислительных систем, в которых данные обрабатываются последовательно, на что уходит много времени, ДНК-компьютеры способны осуществлять обработку информации в параллельном режиме, а значит, скорость обработки вырастает многократно. Расчеты проводились с использованием свободноплавающих ДНК или РНК в пробирках или на стеклянных пластинах, похожих на предметные стекла для микроскопа, со слоем золота, воспроизводящим разметку системной платы. На этой поверхности создается и закрепляется набор молекул ДНК, кодирующих возможные решения какой-либо вычислительной задачи.

Они также могут использоваться там, где обычные компьютеры просто не поместятся: внутри клетки или в составе тончайших синтетических материалов. Это открывает перед нами новые возможности: мы сможем создавать крошечные биокомпьютеры, которые будут проникать в клетки, находить пораженные болезнью ткани и избирательно запускать ведущую к самоуничтожению последовательность или же перепрограммировать поврежденную ДНК клетки. Например, можно было бы перепрограммировать раковые клетки таким образом, чтобы остановить их распространение и рост опухоли, или заставить стволовые клетки обновлять органы. Кроме того, уже были проведены опыты, показавшие, что с помощью биокомпьютеров можно контролировать процесс введения биологически активных терапевтических молекул, включая некоторые препараты.

Созданы не менее впечатляющие примеры молекулярных цепей на базе ДНК, в том числе кодирующая разновидность игры в крестики-нолики (которая способна составить конкуренцию человеку в интерактивном режиме) и извлекающая квадратный корень, а также искусственные нейронные сети, способные к автономной работе, похожей на работу мозга. Однако пока что попытки повторить логику цифровых компьютеров, к сожалению, не привели к достойному результату, и вычислительная мощность ДНК в выполнении какого бы то ни было алгоритма не идет ни в какое сравнение с существующими кремниевыми компьютерами.

Тем не менее возможностей для практического применения новых технологий в биологии и биомедицине предостаточно. С развитием вычислений на основе ДНК в ближайшие десятилетия появятся новые, более совершенные ДНК-устройства, которые будут использоваться в качестве биодатчиков, при постановке диагноза, в нанопроизводстве и

управлении биологическими процессами в наших собственных клетках. Они также будут задействованы в разработке «умных» лекарственных препаратов — веществ, которые способны распознавать и анализировать различные физиологические параметры, а также выполнять логические операции с целью введения препаратов или регуляции экспрессии генов, — и методов доставлять их в то место в теле, где они больше всего нужны. Если не ограничиваться «умными» технологиями, которые будут определять наш образ жизни и самочувствие в будущем, исследования на стыке ДНК и компьютерных вычислений могут приблизить нас к ответу на вопрос о последовательности шагов, приведшей к появлению жизни в известных нам формах.

Можно не сомневаться, что, подобно тому как на смену массивным вычислительным машинам размером с полдома, использовавшимся исключительно специалистами, пришли общедоступные портативные устройства, со временем генетика станет более доступной для людей за пределами традиционных лабораторий, перемещаясь в личное пространство. Наука о генах и геномика уже стала намного доступнее, а способы и сфера ее применения существенно расширились, и этот процесс «демократизации» будет только ускоряться.

С одной стороны, большая доступность означает больше возможностей, но с другой — создает новые трудности. И врачи, и пациенты спешат воспользоваться преимуществами персонализации, которые дает нам геномная революция, в результате чего персонализированные подходы уже применяются в ряде областей — от подбора оптимальной дозы лекарственного препарата до выбора наилучшего курса лечения при лейкемии, ВИЧ или раке кишечника. Все чаще к ним прибегают те, кто ничем не болен, но кто тем не менее стремится понять, что станет с его здоровьем в будущем. Многие люди сегодня используют готовые наборы, которые можно выбрать непосредственно на полке или онлайн, чтобы получить доступ к своему геному с помощью генеалогического ДНК-теста. По мнению сотрудника компании Autodesk Эндрю Гесселя, работающего в том числе над проектами по дизайну наночастиц, разработке новых технологий синтеза ДНК и расшифровке генома человека, лежащая в основе работы по секвенированию ДНК бизнес-модель постепенно меняется. Уже сейчас есть компании, готовые бесплатно секвенировать геном человека, чтобы потом продать результаты анализа или использовать их при предоставлении других услуг. Другие компании будут платить за возможность секвенировать геном определенных людей, потому что в нем присутствует какая-либо редкая черта, оправдывающая усилия специалистов по анализу ДНК-кода. Представьте, например, что будут найдены генетические механизмы, отвечающие за такие привлекательные свойства, как сохранение волос, отсутствие волос в нежелательных местах, отсутствие седины, сокращение потребности во сне, замедление старения, сохранение остроты зрения или способность видеть в темноте. Исследование геномов людей с такими чертами может помочь в разработке препарата, который дал бы возможность получить их и другим людям.

Но, чтобы использовать какую-либо генетическую информацию, образцы нашего ДНК должны быть переданы тем, кто будет их анализировать. В итоге заключенные в пробирку секреты нашего генома отправляются в лаборатории, где небольшие их фрагменты подвергаются расшифровке и интерпретации, а результаты пересылаются нам обратно через интернет. На первый взгляд, ничего страшного в этом нет. На самом деле, даже если сейчас возможность почувствовать себя потомком викингов или восстановить давно утраченную родственную связь с Клеопатрой и кажется чем-то забавным, в ближайшее десятилетие глубина анализа генетических данных изменится настолько, что это может представлять угрозу для нас. Ведь человеческий геном не только позволяет однозначно идентифицировать его владельца, но также содержит информацию о нашем этническом наследстве и предрасположенности к заболеваниям и нарушениям, включая психические, что может иметь серьезные последствия с точки зрения сохранения неприкосновенности нашей частной жизни.

По мнению специалиста по компьютерной безопасности и защите персональных данных Эмилиано де Кристофаро из Университетского колледжа Лондона, даже недавние инициативы в области здравоохранения, направленные на создание общедоступных наборов данных ради всеобщего блага, по сути дела, предполагают получение согласия от пациентов и доноров на нарушение неприкосновенности их частной жизни. По его словам, существующие методы деперсонализации генома, заключающиеся в удалении идентификаторов с целью сокрытия личности владельца генома, едва ли эффективны. К примеру, не так давно группе исследователей удалось установить личности людей, используя всего лишь информацию с генеалогических веб-сайтов. Причем на этих сайтах даже нет полных данных о последовательности генома — там есть лишь небольшие разрозненные фрагменты.

Де Кристофаро предупреждает: публикация данных ДНК опасна не только из-за того, что в результате роста мощности вычислительных систем в ближайшие годы их станет намного проще анализировать, но также и из-за того, что в них содержатся части генома, функции которых нам сейчас неизвестны и в разглашении которых мы никакой опасности не видим. Но по мере углубления нашего понимания генома эти фрагменты данных ДНК вполне могут быть использованы против их владельцев. Не будет большим преувеличением сказать, что в будущем мы непременно столкнемся с попытками использовать данные ДНК в системах оружия. Знание особенностей генома предполагаемой цели, в соответствии с опасениями экспертов, может служить основой для создания персонализированного биооружия, способного убить выбранную цель, не оставляя никаких следов. Но де Кристофаро говорит и о вполне обыденных угрозах: что будет, если мы узнаем, что определенная мутация связана с каким-либо психическим расстройством? Публикация таких данных будет иметь очень серьезные последствия. Давайте не забывать, что с точки зрения безопасности раскрытие геномных данных — колоссальная проблема, не имевшая исторических прецедентов, поскольку вероятность правильно идентифицировать индивидуума по геному не снижается со временем, а информация о геноме человека может быть автоматически распространена на его близких родственников. И если в конце концов кто-то узнает ваш пароль от компьютера, вы можете легко обновить его. Сбросить и обновить геном невозможно.

Если исходить из менее апокалиптического сценария, в будущем продолжится наметившаяся в последнее десятилетие тенденция к демократизации, что приведет к появлению во многих крупных городах общественных лабораторий, где люди без специальной научной подготовки будут работать над внедрением недорогих, доступных технологий. Мы знаем немало проектов — от выработки дешевого инсулина до селекции сельскохозяйственных культур, — в которых принимали участие неспециалисты. Развитие генетики также дает немало пространства для увлекательного времяпрепровождения: от баркодирования последовательности ДНК джемов до создания бактерий, которые светятся в темноте, как фонарик.

Но и это еще не все. Эндрю Гессель считает, что со временем биотехнологии станут такой же неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, как персональные компьютеры, интернет и облачные технологии: практически в каждом доме появятся простые в использовании устройства на их основе — например, зубные щетки, контролирующие состав микробов у вас во рту.

Хотя многое из того, что сулит нам в будущем генетика, уже становится реальностью, есть вещи, которые вряд ли будут реализованы в ближайшем будущем, а если и будут — то не так, как большинство из нас ожидает. Однако, по словам Гесселя, мы можем быть совершенно уверены, что методы анализа ДНК обязательно станут качественнее, эффективнее и дешевле, что будет иметь колоссальное значение, так как с их помощью мы сможем создавать живые существа. «Эта технология неизбежно будет стремительно развиваться, — резюмирует он. —

Даже если бы мы захотели, мы бы все равно не смогли остановить данный процесс. Это как с компьютерами».

6

Синтетическая биология

Адам Резерфорд

Думаю, каждый согласится, что \$314 за галстук — это дорого. А что, если он выткан из паутинного шелка? Звучит странно, но цена уже не кажется такой заоблачной. Паутинный шелк — удивительный материал: белок, принимающий разные формы в зависимости от вида паука и того, для чего этот белок используется — плетения паутины, опутывания жертвы или защиты яиц. У каждой формы свои механические и физические свойства, свой запас эластичности, но все они превосходят любые материалы, производимые сейчас людьми. При пересчете на единицу массы прочность каркасной нити паутины оказывается выше прочности стали. Все формы выделяются в брюшной полости паука через паутинные бородавки, которые представляют собой сложную структуру из множества паутинных трубочек, формирующих короткие волокна белка шелка в зависимости от требуемого типа паутины.

Разумеется, было бы здорово поставить производство паутинного шелка на поток, чтобы извлечь пользу из его замечательных физических характеристик, но разведение пауков, как известно, — занятие не из легких. У большинства есть ряд индивидуальных особенностей, которые не совсем подходят для современных методов ведения сельского хозяйства. А без них мы не сможем обеспечить производство волокна в достаточных объемах: в большинстве своем пауки живут поодиночке и, попадая в компанию подобных себе, проявляют склонность к канибализму. Так что вторая причина, объясняющая высокую цену галстука, заключается в том, что он соткан из настоящего паутинного шелка, но при этом этот шелк никогда не был даже рядом ни с одним пауком и не контактировал ни с одной паутинной бородавкой. Шелк этот был выращен и ферментирован на дрожжах.

Добро пожаловать в удивительный мир синтетической биологии. Фраза в заголовке этого раздела — не что иное, как оксюморон: биология — это часть природы, а потому она не должна иметь дела с синтетикой. Это противоречие отражает самую суть технологии, которая однажды будет оказывать значительное, если не решающее, влияние не только на наш гардероб, но также и на медицину, сельское хозяйство, фармацевтику, энергетику и даже космонавтику. Галстук — первое изделие компании Bolt Threads, занимающейся внедрением в производство методов синтетической биологии. В определенном смысле мы стали свидетелями серьезной вехи. Конечно, это еще не совсем тот продукт, который годится для массового коммерческого производства и сбыта на широком потребительском рынке, — пока что было изготовлено всего 50 галстуков из паутинного шелка, и даже стильный узор переплетений в сочетании с синим цветом не дает забыть о достаточно высокой цене. В сферу интересов Bolt Threads входит производство материалов для одежды без использования продуктов традиционного животноводства и растениеводства, то есть хлопка, шерсти и шелка, получаемых от неэффективных организмов, коими являются растения и животные. Вот уже более 10 000 лет мы занимаемся «дизайном» животных и растений с тем, чтобы они обеспечивали нас всем необходимым. Но возможности земледелия и животноводства всегда были ограничены одним обстоятельством — медленным и трудоемким процессом селекции с использованием полового размножения, обусловленного главным образом биологической необходимостью и протекающего почти исключительно с участием организмов одного вида. Благодаря синтетической биологии мы можем навсегда забыть о скрещивании и селекции, объединяя свойства организмов, между которыми невозможны никакие половые контакты, отделенными друг от друга на древе эволюции

сотнями миллионов лет, — пауков и дрожжей. Задача специалистов в области синтетической биологии заключается в том, чтобы извлечь исходный код и встроить его в значительно более производительные биологические фабрики.

Естественный исходный код — это ДНК. Белок паутинного шелка закодирован в генах, которые в течение нескольких сотен миллионов лет присутствовали только в организме пауков. Несколько десятилетий назад мы научились выделять и описывать гены точно и быстро. Тогда нам стало интересно: а нельзя ли их поместить обратно в организмы, относящиеся к тому же виду или даже к совершенно другим видам? Мы можем оставить гены без изменения, чтобы понаблюдать за тем, что будет с ними происходить; мы можем изменить их или даже специально повредить, чтобы выяснить, в чем их функция, изучая последствия изменения или деформации определенных фрагментов. Это — генная инженерия, в основе которой лежит тот факт, что исходный код в биологии универсален, так как все организмы на Земле — это ответвления от одного эволюционного дерева с удивительно раскидистой кроной, которая, согласно идее Чарльза Дарвина о естественном отборе, росла и цвела в течение приблизительно 4 млрд лет. А это означает, что ДНК — носитель наследственной информации всех живых существ. Мы имеем дело с обманчиво простым алфавитом, состоящим всего лишь из четырех букв-оснований, образующих язык, которым написаны гены; слова в языке генов складываются из аминокислот. В генах всех живых существ используется всего 21 аминокислота. При соединении аминокислот получаются белки. Так формировались и формируются все белки, когда-либо существовавшие на нашей планете, а все живое состоит из белков.

Историю генной инженерии принято начинать с середины 1970-х гг., когда мы поняли, что при правильном подходе для клетки, или организма-хозяина, происхождение ДНК не имеет никакого значения, пока она может ее прочитывать. Гены с инструкциями для синтеза белков и их последующей жизнедеятельности, которые прежде формировались исключительно в рамках одного вида, теперь можно было записать в ДНК совсем другого вида.

За несколько лет до того The Beatles изобрели семплирование в музыке. При работе над треком «Бенефис мистера Кайта!» («Being for the Benefit of Mr. Kite!») для альбома «Оркестр клуба одиноких сердец сержанта Пеппера» (Sgt Pepper's Lonely Hearts Club Band, 1967 г.) Джордж Мартин и Пол Маккартни использовали пленку с записью звуков циркового инструмента Викторианской эпохи под названием «каллиопа», разрезав ее на короткие полоски. По легенде, они бросали их в воздух, подбирали с пола первые попавшиеся и вставляли в запись. Язык нот для всех один, так что, добившись совпадения тона и ритма, музыканты смогли — впервые в истории — вставить в проигрыш между куплетами фрагменты, взятые из совершенно другой записи. С тех пор семплирование стало достаточно широко использоваться в популярной музыке, положив начало целым жанрам, прежде всего хип-хопу — самому прибыльному музыкальному жанру в истории.

В 1973 г. группа ученых из Стэнфорда под руководством Пола Берга сумела перенести ген из одного вируса в другой. Можно сказать, что с этого эксперимента по биологическому семплированию началась современная биология. Тогда были заложены основы биотехнологии, которая постепенно заняла ведущие позиции. Сегодня среди наук о жизни нет ни одной, которая бы не пользовалась этими методами. Работа по выявлению дефектных генов, приводящих к развитию заболеваний, а затем расшифровка всех наших генов в рамках проекта «Геном человека» были бы невозможны, если бы мы не умели выделять гены и переносить в бактерии, где их можно было бы комбинировать, описывать и изучать. В той области научных исследований, которой я занимаюсь, а именно — генетике развития, чтобы понять, что гены делают, они также выделяются из одного организма и встраиваются в другой, который лучше изучен или с которым проще работать. Мы брали гены человека и

переносили их в бактерии, а потом, повозившись с кодом, внедряли в геном мышей. За два десятка лет с начала 1980-х гг. рекомбинация стала обычным инструментом в биологии.

С наступлением XXI в. младенческий период в развитии генетики, генной инженерии и молекулярной биологии закончился, сменившись детством. То время, прошедшее под знаком проекта по расшифровке генома человека, казалось сумасшедшим, насыщенным находками и открытиями. Наверное, такое ощущение появляется у всех, кто работает в научной области, переживающей революцию. Но сейчас, оглядываясь назад, я понимаю, что мы все работали слишком медленно и неэффективно — главным образом из-за того, что многие манипуляции, которые мы проделывали с ДНК и на которых были основаны наши эксперименты, приходилось изобретать каждый раз заново. Мы словно разрезали пленочные записи звуков каллиопы всякий раз, когда хотели использовать семплирование. Это был мир исключительно ручного рекомбинирования.

Так бывает со всеми новыми технологиями. Сначала их нужно изобрести. На этом этапе проводится множество экспериментов, а сам процесс разработки выглядит немного хаотичным. Затем они доводятся до ума и внедряются повсеместно, благодаря чему все получают к ним доступ. К новым технологиям быстро привыкают. Работать с ними становится легче. Они перестают быть чем-то необычным. Сегодня семплирование в музыке — простейшая операция, которую вы можете проделать даже на смартфоне. Я набираю эти слова с помощью технологии, которую невозможно было представить себе еще 50 лет назад, технологии, которую я едва понимаю, но которая практически всегда работает так, как ожидаешь, и основана на принципах электроники и определенных свойствах материалов. Ударяя по кнопкам, я заставляю электроны бежать по цепям через логические элементы и транзисторы в светоизлучающие диоды. Процесс этот настолько сложен, что я вряд ли смогу до конца понять, как это все на самом деле работает. Буму в электронике способствовала всеохватная торговля компонентами электронных схем. В результате они все больше и больше стандартизировались. Так что вам не нужно изобретать диод каждый раз, когда вы хотите его использовать. Достаточно просто купить его и соединить с другими компонентами. При этом вы прекрасно понимаете, что получите на выходе.

Компоненты становились все меньше, и создание все более сложных схем упрощалось. Сегодня полупроводниковая электроника используется практически во всех сферах жизни людей.

Все это хорошо известно тем, кто стоял у истоков синтетической биологии. Это были инженеры-электротехники и математики главным образом из Стэнфорда и Массачусетского технологического института в США, которые заметили, что по сути своей генетика — это закодированная цепь микросхем, которую можно собирать и разбирать, но сами генетики тратят полжизни на то, чтобы раз за разом заново изобретать эти микросхемы. Если бы компоненты, используемые в генной инженерии, удалось стандартизировать так же, как это произошло с компонентами электронных схем, это бы позволило многократно ускорить процесс внедрения наработок биологов в условиях промышленного производства.

Как раз это они и сделали. В 2006 г. основали некоммерческую организацию BioBricks Foundation, в задачу которой входило создание общедоступного хранилища стандартных частей ДНК, слегка измененных для того, чтобы их можно было комбинировать и складывать вместе, как LEGO. В итоге получился самый настоящий конструктор: гены и генные переключатели выделялись в виде нитей ДНК, а их концы формировались таким образом, чтобы они могли соединяться с концами других элементов, образуя биологически правильную последовательность. Любую из этих генетических деталей можно было взять из хранилища и разослать по всему миру на небольшом кусочке фильтровальной бумаги. При добавлении раствора ДНК просто открепляется от бумаги и присоединяется к следующему

компоненту по принципу домино. Свести генную инженерию к такой простой операции — вещь немыслимая не только для науки прошлого, но даже и для современной науки.

Несмотря на недюжинную прозорливость и способность предсказывать будущее технологий, никто из классиков научной фантастики не сумел распознать потенциал новой науки.

Эволюция с ее доведенным до совершенства за 4 млрд лет методом проб и ошибок обеспечила планету мощнейшим ресурсом для построения форм жизни — генами во всем их бесконечном разнообразии, обеспечивающем выживание внутри организма-хозяина в условиях меняющейся внешней среды. С появлением синтетической биологии мы получили систему, которая позволяет брать эти кирпичики эволюции и комбинировать их не так, как требуется для выживания организма-хозяина, а как нужно нам.

Существует много направлений синтетической биологии. Ряд исследователей не просто переписывают генетический код для определенной цели, но дополняют язык ДНК буквами, которых не существует в природе, или скорректированными версиями ДНК, которых никогда прежде не было. Другие делают упор на использование ДНК в качестве хранилища данных — собственно, в этом и заключается ее главная функция в естественных условиях. Гены — информация, а ДНК как формат данных отличается исключительно высокой степенью устойчивости, благодаря чему мы можем восстановить геномы людей и организмов, которые умерли десятки или даже сотни тысяч лет назад. Поскольку это не просто данные, а ДНК, мы точно не потеряем интерес к этому формату. Например, в мире цифровых носителей информации целостность данных нарушается, а форматы устаревают даже не за десятилетия — за считанные годы. Помните 5-дюймовые дискеты? Или видеокассеты? В рамках нескольких проектов в разных странах мира были успешно проведены опыты по сохранению на ДНК видеороликов, сонетов Шекспира, книг и иных цифровых данных. При этом ДНК в настоящее время имеет самую высокую плотность записи информации, на несколько порядков превышающую плотность записи на Blu-ray. Пока у ДНК как носителя цифровой информации есть один большой недостаток — невысокая скорость записи и чтения, из-за которой она подходит только для долгосрочного архивирования. Однако не исключено, что в будущем мы будем пользоваться компьютерами с ДНК вместо жесткого диска.

Нынешнее десятилетие — первое после рождения синтетической биологии — принесло нам множество замечательных идей, открывающих невиданные возможности для построения лучшего будущего. Разнообразие проектов и методов просто поражает, но главным направлением остается дизайн генетических цепей, которые производили бы что-то такое, создание чего любым другим способом сейчас для нас очень трудно или просто невозможно.

На данный момент одним из главных достижений в рамках работы по развитию синтетической биологии является разработка метода лечения одного из самых губительных заболеваний. Ежегодно малярией заражаются 200–500 млн человек. Около 400 000 из них — главным образом дети в возрасте младше 15 лет — умирают. Она унесла больше жизней, чем какой-либо другой недуг за всю историю человечества. В разное время появлялись методы лечения этого заболевания, дававшие короткую передышку, но их неконтролируемое интенсивное использование из раза в раз приводило к появлению паразитических простейших из рода плазмодиев, обеспечивавших адаптацию и устойчивость заболевания к имевшимся на рынке лекарственным препаратам. На протяжении последних нескольких лет самым эффективным средством являлось вещество под названием «артемизинин». Его традиционно получают из полыни однолетней, но, как это часто бывает с традиционными сельскохозяйственными культурами, его производится то мало, то много, что приводит к резким ценовым колебаниям. Когда в самом начале XXI в. компания Amugis из Сан-Франциско, работающая в области синтетической биологии, занялась разработкой нового вида дизельного топлива, которое можно было бы выращивать в дрожжевой среде, один из исследователей заметил среди компонентов извилистого молекулярного пути прекурсор

артемизинина. После этого началась работа по оптимизации генетических конструкций с целью обеспечения выработки артемизинина в клетках дрожжей в промышленных масштабах. Это позволило бы получить новый источник эффективного препарата. Распознав в новой разработке потенциальное решение проблемы зависимости производства противомаларийного препарата от экономических неурядиц традиционного растениеводства, Фонд Билла и Мелинды Гейтс инвестировал в нее многие миллионы долларов. Лицензия на технологию была передана фармацевтической компании Sanofi, которая должна была вывести лекарство на рынок по существенно более низкой цене.

С самого начала развития синтетической биологии ведется разработка методов, позволяющих использовать клетки в качестве сенсоров. Некоторые из механизмов, обеспечивающих существование жизни, отличаются исключительной чувствительностью — достаточно вспомнить о том, что фоторецепторы в сетчатке наших глаз способны улавливать единичные фотоны света. Сегодня мы научились перепрограммировать клетки так, чтобы они распознавали самые разные сигналы, поступающие из внешней среды, что используется в самых разных задачах: от контроля качества мяса в супермаркете до выявления нефтяных загрязнителей или носителей инфекций в организме.

При этом область интересов синтетической биологии не ограничивается Землей. NASA уделяет большое внимание разработке технологий на основе методов перепрограммирования ДНК и активно инвестирует в них, что вполне объяснимо — ведь клетки ничтожно малы и почти ничего не весят. Как известно, вес — самый главный фактор, определяющий величину расходов в космонавтике. По некоторым подсчетам, чтобы вырвать из оков гравитации и доставить 1 кг груза с земли на орбиту, требуется приблизительно \$30 000. Если всерьез рассматривать возможность отправки людей на другие планеты, нам придется найти решение для двух главных проблем. Первая связана с суровыми условиями космической среды — эволюция не подготовила нас к выживанию за пределами защитного кокона земной атмосферы, то есть там, где космические корабли будут находиться под постоянным воздействием космических лучей и порывов солнечного ветра, а люди в них будут за короткое время получать большую дозу радиации. Под влиянием этих факторов во время путешествия на Марс и обратно астронавтам будет грозить бесплодие, риск развития катаракты, а также они окажутся подвержены высокому риску развития злокачественных опухолей. Лучший способ защиты от этих смертельных лучей — толстая металлическая оболочка, вывод в космос которой из-за большой массы будет стоить непомерно дорого. Исследователи центра NASA в городе Эймс в Калифорнии обратились за решением этой проблемы к синтетической биологии, приступив к работе по получению бактерий, которые бы начинали вырабатывать цитокины под воздействием радиации. Цитокины — естественная реакция нашего организма на вызванное радиацией разрушение ДНК, поэтому синтетические бактерии, способные самостоятельно вырабатывать цитокины, могли бы противостоять этому разрушительному воздействию.

Вторая причина, по которой NASA финансирует собственную программу разработок в области синтетической биологии, связана с тем, что после приземления на другой планете астронавтам понадобятся кровь, кислород и пища. В рамках нескольких разных проектов началась работа по созданию из компонентов, имеющихся в хранилище BioBricks, клеток, которые могли бы вырабатывать кислород, пищу и даже строительные материалы: благодаря способности выделять цементирующие молекулы в процессе роста в песке, выполняющем роль марсианского риголита, такие клетки образуют плотные блоки, похожие по своим свойствам на кирпичи. При этом в качестве сырья выступают пробирка с клетками, вода и марсианский песок. Для получения нужного результата с Земли будет достаточно доставить на Марс лишь первый компонент из списка.

Такой полет творческой фантазии вряд ли стал бы возможен, если бы не невероятный энтузиазм, рождаемый мечтами о фантастическом будущем, которое может стать реальностью благодаря синтетической биологии. Эта область кипит молодым задором. Комбинировать генетические цепочки можно как угодно — никаких рамок, кроме вашей фантазии, не существует. Проблема в том, что долгое время лишь немногие из таких фантазий удавалось довести до полноценной реализации. Оказавшись в живой клетке, составленные на бумаге цепочки вели себя не совсем так, как ожидалось. То, что по плану должно было на выходе быть чистым цифровым сигналом, растворялось в шуме создаваемых системой помех. Получить конечные продукты, будь то химические датчики, лекарства или виды топлива, не получалось. Чтобы разрабатываемые NASA защитные устройства для астронавтов стали пригодны для использования, потребуется еще не одно десятилетие. Как оказалось, разработанное Amugis дизельное биотопливо плохо годилось для производства в промышленных масштабах, что не позволило компании хотя бы даже приблизиться к объемам выпуска, обеспечивающим приемлемый уровень рентабельности. Дешевый артемизинин должен был заполнить рынок еще несколько лет назад, но это ему так до сих пор и не удалось. При этом уже сформировался черный рынок, в результате чего препарат попадает в руки потребителей, которые в большинстве своем не следуют рекомендациям ВОЗ, предполагающим его применение исключительно в составе комплексной терапии. Итог — уже сейчас начинают формироваться очаги резистентности к нему.

Несмотря ни на что у синтетической биологии действительно огромный потенциал. Ее рождение в первое десятилетие XXI в. сопровождалось небывалым ажиотажем. К ней было приковано внимание прессы. Все говорили только о ней. Но, как это часто случается с новыми технологиями, ей не удалось в полной мере оправдать ожидания. Период шумихи сменился более приземленным и спокойным этапом, когда нужно просто работать. Так что скоро мы увидим вполне реальные продукты синтетической биологии, помогающие решать реальные проблемы в современном мире. Подход к ДНК сменился — теперь она рассматривается как программная начинка (software) или, точнее, как нервная система (wetware). Наряду с программированием ДНК инженеры, занимающиеся ее нервной системой, ищут ошибки в продуктах, которые в скором времени будут выведены на рынок, и исправляют их. Галстук Bolt Threads — рекламный прием, демонстрация возможностей технологии, которая однажды полностью изменит наш подход к производству вещей. Научные революции не терпят спешки и обычно происходят в несколько этапов. Десятки тысяч лет мы выращивали, собирали и совершенствовали материалы, из которых состоят все вещи в нашем мире. Довольно скоро многие из них будут вырабатываться внутри живых клеток в соответствии с запрограммированными нами цепочками, представляющими собой переработанную версию природных.

7

Трансгуманизм

Марк Уокер

По мнению трансгуманистов, мы должны радикальным образом усовершенствовать самих себя, вооружившись передовыми технологиями, такими как фармакология, генная инженерия, кибернетика и нанотехнологии. Иными словами, нужно попытаться создать людей нового типа — «постлюдей», как их иногда называют, — которые будут намного лучше нас. Представьте мир будущего, населенный новым видом постлюдей, которые счастливее, добродетельнее, умнее нас и чья жизнь измеряется не десятилетиями, а веками: это будущее, каким его представляют трансгуманисты и каким они его пытаются сделать.

Намного счастливее

Мы знаем, насколько для нас важно счастье. Нас совсем не удивляет, когда люди отказываются от славы, власти и денег, если им кажется, что эти вещи не принесут им счастья, и отлично понимаем родителей, которые заявляют, что они просто хотят, чтобы их дети были счастливы.

Поэтому, учитывая главную цель трансгуманизма, а именно — сделать нашу жизнь лучше, стремление трансгуманистов использовать науку и технику, чтобы сделать нас намного счастливее, кажется вполне закономерным.

Сегодня мы знаем, что генетическая составляющая счастья (под которым понимаются положительные эмоции и общая удовлетворенность тем, как складывается жизнь) важна ничуть не меньше, чем генетическая составляющая нашего роста. Разумеется, нам следует проявлять осторожность в рассуждениях о генетической составляющей счастья: гены определяют далеко не все, и большинство особенностей человека формируются в результате взаимодействия генов и среды. Тем не менее мы все знаем людей, которые счастливее большинства из нас. Это люди, у которых как будто по волшебству открывается второе дыхание, кто быстрее приходит в себя после серьезных неудач и так далее. Эти счастливицы — носители «генов счастья» — генетических последовательностей, коррелирующих с позитивным настроением. Ученым уже удалось идентифицировать эти гены. С развитием биологических наук станет возможным программировать потомков с помощью генной инженерии таким образом, чтобы они чувствовали себя намного более счастливыми, чем средний человек сегодня. Более того, у нас уже есть технология, которую можно использовать для того, чтобы хотя бы начать работу над программированием более счастливых потомков. Процедура зачатия детей в пробирке часто включает проведение генетического тестирования созданных в лабораторных условиях эмбрионов перед тем, как поместить их в организм матери. Обычно целью такой проверки является обнаружение генетических маркеров заболеваний. В некоторых случаях также определяют пол ребенка. Но ничто не мешает нам также проверять эмбрионы на наличие генетических маркеров, указывающих на предрасположенность к счастью, и отбирать их по этому критерию.

Впрочем, мы можем даже и не ждать, когда генная инженерия и генная селекция сделают большинство людей счастливыми. Генетическая модификация — далеко не единственный путь к счастью. Я сам выступил с предложением о создании «таблеток счастья», призванных облечь в лекарственную форму вещества, делающие людей счастливее, чтобы помочь тем из нас, кому не выпал счастливый билет в генетической лотерее, то есть подавляющему большинству людей. И, в отличие от существующих средств, таких как валиум и экстази, эти таблетки будут давать естественное ощущение счастья, не подавляя когнитивные способности. Если бы нам удалось направить усилия всего общества на реализацию предложения о создании «таблеток счастья», нам бы вполне хватило одного десятилетия. Стоимость такого проекта составила бы около миллиарда долларов в год — небольшая сумма по меркам мировой экономики. При этом отдача от этих денег была бы просто огромной. Мы бы все смогли ощутить ту необыкновенную легкость, с которой идут по жизни самые счастливые из нас. Добавим сюда еще и неочевидные последствия: чем счастливее люди, тем охотнее они общаются с другими людьми, тем внимательнее к своим друзьям, тем лучше у них оценки в школе и университете, тем крепче их браки, тем больше их ценят коллеги и начальство — и это далеко не полный список.

Намного добродетельнее

Мы тратим колоссальные ресурсы на то, чтобы воспитать в себе порядочность и нравственность. В детстве нам постоянно твердят, что нельзя лгать и бить других детей, что нужно быть вежливым и играть со сверстниками, не забывая делиться с ними своими игрушками. Повзрослев, мы продолжаем учиться основам морали, например, в рамках общедоступных образовательных программ, знакомящих нас с ужасами расизма, и на

концертах рок-звезд, заставляющих обратить внимание на незавидную судьбу тех, кому повезло меньше, чем нам.

Ряд трансгуманистов выступают с предложением, фигурирующим в их работах под названием «генетическая добродетель» или «нравственное совершенствование» — о необходимости дополнить усилия, направленные на то, чтобы сделать людей добродетельнее через воспитание и образование, усилиями по совершенствованию их биологической природы. В основе этого предложения лежат две базовые идеи: согласно первой, поведение человека и его личностные качества зависят от генетической составляющей; вторая гласит, что моральный облик человека определяется поведенческими и личностными особенностями.

Соответственно, у этих особенностей есть та или иная генетическая подоплека, так что мы можем с уверенностью предполагать наличие генетической составляющей также и у добродетельного поведения. Нас, скорее, очень удивило бы ее отсутствие. Мы даже можем наблюдать элементы добродетельного поведения у других видов: мама-мышь заботится о своих мышатах, а человекообразные обезьяны время от времени делятся друг с другом пищей в соответствии с принципом, который мы бы назвали «принципом справедливости».

Идея использования генетических основ добродетели состоит в том, чтобы снабдить наших потомков бо́льшим количеством биологических элементов, отвечающих за нравственность, сократив при этом количество элементов, способствующих формированию порочных наклонностей. Как и в случае со счастьем, для достижения необходимого биологического эффекта, вероятно, можно было бы прибегнуть к генной инженерии, отбору эмбрионов и специальным лекарственным препаратам. Однако и здесь следует быть осторожными, чтобы не скатиться в генетический детерминизм: даже если мы обеспечим потомков генами, коррелирующими с более добродетельным поведением, нет никакой гарантии, что эти потомки действительно будут руководствоваться в своем поведении соображениями нравственности и морали. В наиболее благоприятном варианте этим мы добьемся лишь увеличения вероятности того, что они будут вести себя лучше. Гены не предопределяют все на 100%.

Значительная продолжительность жизни

Люди всегда хотели жить дольше. Однако особых успехов в этой области мы так и не достигли. В момент, когда пишутся эти строки, рекорд продолжительности жизни по-прежнему принадлежит Жанне Кальман, дожившей до 122 лет (1875–1997). Медицине пока не удалось повысить максимальную продолжительность жизни, о чем свидетельствует тот факт, что за всю историю человечества, как мы знаем, было совсем немного тех, кто прожил больше 100 лет. Однако она сделала многое для увеличения средней продолжительности жизни людей, главным образом за счет сокращения смертности среди младенцев.

Приверженцы идеи о радикальном увеличении продолжительности жизни полагают, что с помощью науки и технологий мы сможем преодолеть биологические ограничения и перешагнуть столетний рубеж, и тогда люди — а точнее, постлюди — смогут жить сотни, если не тысячи, лет. Чтобы добиться этого, мы, например, можем последовать примеру моего соседа, который уже много лет ездит на одном и том же пикапе: он просто-напросто заменяет узлы по мере износа. Для сравнения — в среднем срок активной эксплуатации автомобиля составляет восемь лет или около того; возраст пикапа моего соседа в пять раз больше, и автомобиль в безупречном состоянии. В теории можно будет поддерживать человеческое тело в «исправном» состоянии бесконечно долго, восстанавливая и заменяя стареющие клетки и органы, например, с помощью какой-нибудь инновационной технологии, предполагающей использование стволовых клеток. Ученые уже продемонстрировали, что на основе собственных стволовых клеток пациента можно выращивать новые органы, такие как мочевого пузыря, в лабораторных условиях. Предполагается использовать простой принцип

«вырезать и вставить» для того, например, чтобы удалить старый мочевой пузырь и заменить его новым органом, выращенным в лаборатории. При этом вполне возможно, что даже удалять ничего не придется: в ходе клинических исследований стволовые клетки использовались для восстановления сердечных мышц после сердечного приступа.

Борьба со старением и смертью затрудняется отчасти тем, что они обусловлены множеством причин. Сотрудники фонда SENS, некоммерческой организации, занимающейся развитием идеи о радикальном продлении человеческой жизни, выделили семь основных проблем: клеточная атрофия, раковые клетки, митохондриальные мутации, устойчивые к апоптозу клетки, уплотнение внеклеточной матрицы, внеклеточные и внутриклеточные скопления. Для каждой из них нужно найти решение с помощью биомедицинских методов или методов клеточной инженерии. Определенные успехи уже есть, о чем свидетельствует появление ряда эффективных способов продления жизни, опробованных в исследованиях с участием животных. Не так давно ученым удалось увеличить продолжительность жизни мышей на 25% за счет создания клеточного «выключателя», обеспечивающего удаление старых клеток определенного класса (стареющих клеток). Причем мыши не просто стали жить дольше — благодаря меньшему количеству возрастных заболеваний у них также улучшилось здоровье. Так что и мы можем надеяться на то, что однажды наука и технологии помогут нам сделать наши собственные жизни намного длиннее.

Ни одна из описанных выше технологий не способна помочь в случае смертельной травмы: даже если собрать вместе все существующие сейчас технологии использования стволовых клеток, они не помогут вам, если на вас упадет пианино с высоты третьего этажа. Но трансгуманисты предусмотрели даже и такую ситуацию, предложив технологии восстановления, которые, несмотря на всю свою футуристичность, вполне могут быть доступны уже в XXI в. Суть их идеи заключается в создании резервной копии мозга: активность вашего мозга будет постоянно сканироваться в мельчайших подробностях, а результаты — записываться, в результате чего при необходимости можно будет воссоздать его на основе собранных данных. В одном из вариантов этой идеи предполагается использовать небольшую армию нанороботов, то есть роботов размером с молекулу, для фиксации молекулярной структуры мозга человека. В случае несовместимой с жизнью травмы можно будет их активировать, заставив восстановить раздавленный пианино мозг или создать новый на основе сохраненной резервной копии.

А еще можно загружать всю эту информацию резервной копии вашего мозга в компьютер на подходящую платформу. По сути дела, речь идет о перемещении вашего сознания из биологического субстрата (вашего мозга) в компьютерный. В связи с этим возникает ряд непростых метафизических вопросов об истинной природе того, что останется от вас в результате такой миграции, и о том, будет ли такая операция простым копированием. Единого мнения на этот счет у трансгуманистов (и философов) нет. Я поддерживаю тех, кто утверждает, что мы все-таки можем пережить такую миграцию. Более того, я готов пойти еще дальше и заявить, что может существовать несколько версий одного человека: если вы переживете перенос из биологической оболочки в компьютерную систему, то значит, ничто не помешает загрузить вас в несколько компьютеров. Таким образом вы обретете бессмертие, ну или по крайней мере приблизитесь к нему.

Намного умнее

Существует хорошо известная корреляция между размером мозга и интеллектом. (На самом деле у многих видов также следует учитывать общий вес тела, но в данном случае мы можем им пренебречь.) Наш мозг в три раза больше мозга шимпанзе, хотя генетически мы очень схожи — наши геномы идентичны на 96–98%. Учитывая, что геном человека состоит приблизительно из 20 000 генов, от наших сородичей нас отделяет 1000 или даже всего лишь 400 генов. Исходя из этого наблюдения, мы могли бы попытаться создать вид постлюдей с

помощью существующих технологий генной инженерии. Давайте назовем его «человек большеголовый» (*Homo bigheadus*), объем мозга которого будет в два-три раза больше объема мозга современных людей. С точки зрения технологии все достаточно просто. Существуют специальные гены (гомеобокс-содержащие гены), отвечающие за размер различных частей тела. Увеличивая экспрессию генов, регулирующих размер мозга в ходе развития человеческой зиготы, в принципе можно попробовать создать существо со значительно более крупным головным мозгом. С помощью различных комбинаций этих гомеобокс-содержащих генов мы могли бы заставить некоторые части мозга расти активнее. Например, мы знаем, что высшие когнитивные функции сосредоточены в неокортексе. Поэтому, если мы хотим сделать людей умнее, нам бы стоило попробовать увеличить эту часть мозга путем воздействия на гомеобокс-содержащие гены, отвечающие за развитие соответствующей области.

Однако наличие возможности совершенно не означает, что мы непременно должны ею воспользоваться. Мы не знаем, приведут ли такие эксперименты к созданию постчеловеческого интеллекта, то есть существа, которое превосходило бы нас по своим интеллектуальным способностям так же, как мы превосходим обезьян. Но и оснований полагать, что такие эксперименты обязательно закончатся неудачей, у нас тоже нет. Как раз для этого ученые и проводят эксперименты — чтобы узнать, получится у них или нет. Впрочем, следует признать, что сейчас, например, большинство экспериментов по применению технологий генной инженерии для изменения свойств растений не приводит ни к чему хорошему. Выбросить в компостный ящик пучок растений, оставшийся от неудачного эксперимента, труда не составляет. С человеческими зиготами или младенцами так поступить не получится. Тем не менее необходимая научная и технологическая база у нас уже есть: мы вполне можем уже сегодня начать работу по созданию *Homo bigheadus*, проводя такого рода эксперименты. К счастью, мало кто из ученых готов переступить через морально-этические нормы и пренебречь соображениями безопасности, чтобы сделать это. Если мы не хотим уподобиться таким дискредитировавшим себя идеологиям, как евгеника, мы должны выносить вопросы, связанные с проведением столь неоднозначных исследований, на обсуждение всего общества.

Попытаться улучшить когнитивные способности можно и другими, менее радикальными средствами. По данным ряда исследований, около трети студентов колледжей прибегают к психостимуляторам — «умным» препаратам вроде модафинила и аддералла — для повышения успеваемости. Также проводились предварительные эксперименты по «киборгизации» человеческого сознания путем создания интерфейсов между компьютером и мозгом. Есть еще один весьма простой способ расширения возможностей мозга взрослого человека — создать большое количество новых клеток за счет неогенеза. (В мозге взрослого человека, как правило, формируется относительно небольшое количество новых клеток.) Эксперименты с участием пациентов с болезнью Альцгеймера показывают, что зародышевая нервная ткань может соединяться с нервной тканью взрослого человека и при этом нормально функционировать. Благодаря этому методу у нас, вполне возможно, появляется еще один способ создания *Homo bigheadus*. Мы могли бы постепенно наращивать объем клеток мозга (вместе с увеличением размера черепа) испытуемых, чтобы проверить, приведет ли это к значительному улучшению их интеллектуальных способностей.

Аргументы в пользу трансгуманизма

Размышляя об аргументах в пользу трансгуманизма, мы в первую очередь задаемся вопросом о моральной стороне этого направления, а не о возможности реализации связанных с ним идей. В этой главе будущее рассматривается в категориях морали: каким оно должно быть, а не каким оно будет.

Хотя трансгуманисты и заявляют о моральной оправданности стремления сделать человека намного лучше, они вовсе не настаивают, что оно должно коснуться каждого, включая противников трансгуманизма. В данном случае правильнее провести параллель с утверждением об оправданности усилий, затраченных на получение высшего образования: из него же не следует вывод об обязательности такого образования для всех и каждого. И дело не только в нарушении прав и свобод личности — скорее всего, принуждение просто-напросто не даст нужного эффекта. Трансгуманисты, как правило, выступают против того, чтобы принуждать взрослых что-то делать, даже если эти взрослые убеждены, что это пойдет только на пользу.

Учитывая неприятие патернализма, вполне закономерно, что трансгуманисты поддерживают идею о «праве на биологическую свободу». Уже сейчас есть ситуации, в которых мы оперируем категорией биологической свободы, признавая право человека на нее: в нашем обществе людям разрешается вносить изменения в их биологическую оболочку, например, с помощью лазерной коррекции зрения и всевозможных косметических операций, таких как увеличение груди. Трансгуманисты полагают, что это общее право на биологическую свободу, то есть право распоряжаться собственным телом по своему усмотрению, распространяется — или должно распространяться — в том числе и на радикальное улучшение человеческих способностей. Во всяком случае, мы можем утверждать, что биологическая свобода тесно связана со свободой совести, признаваемой многими современными либеральными государствами. Ограничение права на радикальное улучшение интеллектуальных способностей или эмоционального состояния равнозначно ограничению права на выбор вероисповедания, так как в этом случае мы рискуем пережить меньше счастливых моментов и не достичь той степени свободы мышления, на которую рассчитываем.

В своей аргументации трансгуманисты нередко прибегают к принципу «невиновности по аналогии», проводя параллели между работой по усовершенствованию биологической природы человека и развитием культуры: они предлагают вспомнить, что по-настоящему эффективные виды письменности, благодаря которым у людей появилась возможность хранить информацию в письменной форме, были изобретены всего несколько тысяч лет назад. Появление письменности, обеспечившей людей дополнительным хранилищем вне мозга, привело к резкому скачку в развитии интеллектуальных способностей человека и его способности запоминать информацию. Мы склонны рассматривать это культурное явление исключительно в позитивном ключе. Так что, если следовать проведенной аналогии, наше отношение к попыткам улучшить собственную биологическую природу должно быть таким же.

В обоснование своих взглядов многие трансгуманисты ссылаются на положительные стороны усовершенствований. Как уже отмечалось выше, право или обязанность совершенствоваться, чтобы быть счастливее, может быть связано с общей потребностью в счастье. Право — или даже обязанность — совершенствоваться, чтобы стать добродетельнее, сопряжено с желанием сделать нашу жизнь и мир вокруг нас лучше. Задача развития интеллекта в итоге оказывается напрямую связана с задачей познания истинной природы Вселенной и понимания нашего места в ней. Наконец, задача продления жизни имеет прямое отношение к стремлению сделать существование богаче и полнее.

Аргументы против трансгуманизма

Почти до конца 1990-х гг. противники трансгуманизма выстраивали свою аргументацию не столько на неприятии его сути, сколько на неверии в достижимость поставленных им задач. Критики идеи создания принципиально нового, намного более совершенного человека за счет использования технологий объявляли ее чем-то из мира научной фантастики либо просто смеялись над ней. Все изменилось в 1996 г., когда родилось первое клонированное

млекопитающее — овечка Долли. Несмотря на сохраняющийся скептицизм, оппоненты трансгуманизма начали признавать, что некоторые из предложений трансгуманистов вполне могут быть реализованы, переключившись на вопрос целесообразности и этической составляющей.

По мнению Леона Касса, бывшего председателя Совета по биоэтике при президенте США, трансгуманизм — это проявление губительной самонадеянности. Касс полагает, что готовность трудиться и идти на жертвы тесно переплетается со многими из наших самых глубинных желаний и стремлений. С точки зрения трансгуманизма вопрос реализации этих желаний и стремлений перестает быть вопросом о том, какие усилия должен приложить для этого конкретный человек, превращаясь в вопрос о том, какие технологии следует использовать для достижения поставленных целей. Когда в 1521 г. Фернан Магеллан (почти) обогнул земной шар, его путешествие казалось настоящим триумфом человеческого духа, поступком, достойным восхищения. Сегодня любой легко может повторить подвиг Магеллана — для этого достаточно купить несколько авиабилетов. Вряд ли кому-нибудь придет в голову назвать перелет на самолете «триумфом человеческого духа». Впрочем, контраргумент Касса кажется убедительным только в том случае, если мы согласимся, что, став совершеннее, мы не сможем поставить перед собой новые, более амбициозные цели.

Фрэнсис Фукуяма опасается, что из-за трансгуманистов станет невозможным политическое равенство: сейчас с точки зрения человеческой природы мы все одинаковые, и эта одинаковость служит фундаментом политической стабильности и легитимности. Отсюда знаменитый вопрос, которым задается Фукуяма: «Что случится с политическими правами, если мы действительно сможем вывести две породы людей: одну — с седлами на спинах, а другую — со шпорами на сапогах?»[6] Ответить на него можно, например, так: даже если у нас появится технология создания рабски покорных людей «с седлами на спинах», это вовсе не означает, что мы непременно ею воспользуемся. Несомненно, у нас есть все основания опасаться такого исхода — как мы знаем, на всем протяжении истории человечества одни люди эксплуатировали и обращали в рабство других. Но, по мнению трансгуманистов, трансгуманизм с его идеей о генетически запрограммированной добродетели как раз дает надежду на прекращение такой эксплуатации, а не на ее углубление.

Еще один критик трансгуманизма — новозеландский философ Николас Агар. В обоснование своей позиции он предлагает проделать следующий мысленный эксперимент. Предположим, говорит он, я решу воспользоваться современными технологиями, чтобы сделать умнее свою собаку Коко. При этом мозг Коко увеличится до размеров человеческого, в результате чего в нем появятся нейронные структуры, обеспечивающие возможность овладения человеческим языком. Ее рот, язык и горло также будут адаптированы к речевой функции. Изменятся и ее передние лапы: большие пальцы будут противопоставлены всем остальным, благодаря чему у нее разовьется мелкая моторика. В результате она сможет совершать манипуляции, необходимые для печати на клавиатуре, шитья и так далее. Овладев своими вновь обретенными лингвистическими, когнитивными и поведенческими навыками, Коко начинает посещать местную начальную школу. Через некоторое время она переходит в среднюю школу, а потом становится студенткой колледжа. Прежняя жизнь кажется ей бессмысленной: она больше не приходит в восторг при мысли о прогулке вокруг квартала, да и нюхать столбы ей нравится уже не так сильно, как прежде. Ее больше не устраивает, что при человеке ей нельзя забираться на кровать и так далее. Если задуматься, произошедшее с собакой больше походит не на совершенствование и развитие, а на уничтожение прежней Коко. Заботы, представления и желания прежней Коко не имеют почти никакого значения для нее новой: мы изменили ее настолько, что она просто перестала существовать. Таким образом, Агар утверждает, что трансгуманизм не сделает жизнь людей лучше, так как самих людей больше не будет. Данный способ аргументации напоминает совет Аристотеля не желать другу стать богом: если пожелание сбудется, изменения будут носить столь радикальный характер, что,

по сути, они будут означать смерть друга. Рассуждая аналогичным образом, Агар предполагает, что трансгуманизм не отвечает потребностям людей и не дает ответы на стоящие перед ними вопросы. Вместо этого он предполагает создание существ с желаниями и заботами, не имеющими ничего общего с человеческими.

Часто критике подвергаются предложения трансгуманистов по радикальной перестройке определенных аспектов человеческой природы. Так, например, стремление сделать людей намного счастливее сравнивается с сюжетом романа Хаксли «О дивный новый мир», где все закончилось утратой истинного счастья. Моральное совершенствование критикуют из опасений, что, став лучше, люди потеряют самостоятельность или свободу воли. Что касается резкого скачка в развитии интеллектуальных способностей, он вызывает неприятие у критиков в связи с риском появления «злых гениев». Трансгуманисты горячо отстаивают свои идеи, отвергая все обвинения. В частности, защищаясь, они прибегают все к тому же аргументу о «невиновности по аналогии». В настоящее время существуют люди, не подвергавшиеся никаким изменениям, которым просто повезло в генетической лотерее и которые благодаря этому по самой своей природе счастливее, добродетельнее и умнее среднестатистического человека. По справедливому замечанию трансгуманистов, никто не думает, что такие люди не могут быть по-настоящему счастливы, что они не свободны в своем волеизъявлении или что они чаще остальных становятся злыми гениями. Так что, утверждают трансгуманисты, было бы просто неправильно допускать, что вмешательство в гены обязательно приведет к столь нежелательным последствиям. Для примера представьте, что в будущем вы встречаете двух людей, которые чувствуют себя счастливее остальных в силу генетической предрасположенности. Геном одного из них — результат генной инженерии. Второму просто повезло родиться таким. Если бы вам не сказали, кто из них кто, вы бы никогда сами не догадались, а значит, с этической точки зрения, по мнению трансгуманистов, было бы неверно утверждать, что один из них не способен испытать истинное счастье. Таким образом, трансгуманисты не согласны с идеей о пропасти между естественными и искусственными созданиями.

Несколько мыслей в заключение

Трансгуманизм поднимает важные и актуальные вопросы о будущем человечества. Надеюсь, из моего рассказа читателю стало понятно, что у трансгуманизма есть все шансы стать главной темой XXI в. Разумеется, в рамках небольшой главы невозможно не то что подробно проанализировать, но даже кратко осветить все области, которые могут быть затронуты трансгуманизмом. Однако я все-таки попробую в завершение остановиться еще на нескольких значимых проблемах. Первая — взаимосвязь трансгуманизма и религии. На первый взгляд может показаться, что у трансгуманизма не может быть ничего общего с религией. Однако с этим утверждением не согласны члены Мормонской трансгуманистической ассоциации — одного из крупнейших и наиболее активных действующих объединений трансгуманистов. Вместе с несколькими аналогичными организациями ассоциация выступает в поддержку идеи о глубокой связи между религией и трансгуманизмом. Еще одна тема, о которой я не упомянул, касается создания искусственных людей на основе передовых компьютеров или роботов. Не упомянул я и проблему трансгуманизма в искусстве. Вопросы о месте трансгуманизма в политике я коснулся лишь вскользь. Он становится все более актуальным, особенно если учесть, что в ряде стран появились активные политики, выступающие в поддержку трансгуманизма.

Наконец, наверное, самая важная тема, которая осталась за рамками этой главы, — это риск глобальной катастрофы. Тема эта заботит трансгуманистов не меньше, чем использование передовых технологий на благо человечества, но все-таки следует признать, что многие из инноваций, которые так интересуют трансгуманистов, легко могут оказаться на службе сил зла.

БУДУЩЕЕ ОНЛАЙН

Искусственный интеллект, квантовые вычисления и интернет

8

Облака и интернет вещей

Наоми Клаймер

Облака и интернет вещей (ИВ) отлично дополняют друг друга, образуя мощный инструмент, который будет оказывать все большее влияние на нашу жизнь. Если не вдаваться в детали, благодаря облачным технологиям вы получаете доступ к общему пулу ресурсов, включая средства хранения и обработки данных, а также приложения и сервисы. Суть в том, что вам больше не нужно заботиться о реализации и поддержке этих возможностей на собственном оборудовании, так как вы всегда имеете доступ ко всем необходимым ресурсам, но только расположенным где-то в другом месте. Более того, при наличии постоянного доступа, вы сможете использовать куда более разнообразные и мощные ресурсы, чем могли бы получить в свое личное распоряжение. Разместив данные в облаке, вы получаете мобильность. Вы можете в любой момент получить доступ к своей электронной почте в Париже или Каире, вы можете работать в Чикаго или Токио, оставаясь все время на связи с головным офисом и при этом имея возможность посмотреть любимый сериал на Netflix в свободное время. Эти технологии уже изменили наш образ жизни, дав нам возможность пользоваться всеми преимуществами гибкого рабочего графика и постоянного доступа к самым разным развлечениям.

Еще одна область, в которой нам на помощь приходят облака, — совместная работа. Если ваши данные и приложения размещаются на удаленном сервере, вы вполне можете привлечь к работе над одним проектом людей, физически находящихся в разных местах. Особенно большое значение это имеет в отраслях, где есть сотрудники, которым нужно, например, выезжать к клиентам или работать в полевых условиях: теперь они могут обращаться к коллегам за помощью, находясь вне офиса. Важную роль играет эта технология и в творческих отраслях. Например, раньше во время Олимпийских игр телеканалам приходилось отправлять на место их проведения многочисленные группы специалистов. Теперь же достаточно иметь на месте всего нескольких сотрудников, так как большая часть работы может выполняться в головном офисе. Причем просто подключить всех к интернету недостаточно — нужны специальные инструменты, обеспечивающие совместную работу в виртуальной среде. (Если вам когда-нибудь доводилось участвовать в телефонных конференциях с десятью людьми, вы должны знать, насколько трудно организовать участников таким образом, чтобы каждый мог высказать свое мнение, не перебивая других. Достаточно добавить к такому звонку простейшие онлайн-инструменты визуализации взаимодействия, такие, например, как возможность показать остальным, что вы хотите взять слово, и работать становится намного легче и удобнее.) Так что перспективы использования облаков в будущем напрямую зависят от качества и гибкости инструментов для виртуального взаимодействия. Но уже сейчас понятно, что у нас появится намного больше возможностей для взаимодействия и что центральную роль в этом будут играть именно облачные технологии.

Если интернет — это единая сеть для всей планеты, позволяющая собирать данные и обмениваться ими друг с другом, то ИВ — это то, что дает возможность делать то же самое вещам (физическим объектам, таким как автомобили, термостаты, холодильники и т.д.). По данным Internet-WorldStats.com, в 2016 г. число пользователей интернета составляло около

3,7 млрд человек. Вещей в интернете намного больше, чем людей: согласно некоторым оценкам, к 2021 г. их количество достигнет 50 млрд. Уже сейчас мы пользуемся «умными» (включенными в ИВ) устройствами для контроля своего физического состояния и состояния здоровья, наблюдения за другими людьми, которые не могут сами позаботиться о себе, и непрерывного мониторинга определенных медицинских показателей, таких, например, как частота сердечных сокращений или уровень сахара в крови. Мы в самом начале пути. Многие, включая вопросы неприкосновенности частной жизни, безопасности, влияния таких решений на общество и их эффективности, до сих пор — предметы активного обсуждения. Но остановить развитие ИВ, судя по всему, мы уже не в силах.

Тем временем компании в разных секторах экономики начинают запускать пилотные проекты в сфере ИВ. Они пока не на слуху, но именно здесь мы можем получить наибольшую экономическую выгоду и именно такие проекты могут помочь нам справиться с теми трудностями, которые стоят перед конкретными странами и миром в целом. К примеру, операторы ветроэлектростанций начинают понимать, что, установив датчики, они смогут на основе передаваемой информации непрерывно подстраивать положение лопастей так, чтобы с максимальной отдачей использовать ветер. Это похоже на управление парусами на корабле для достижения максимальной скорости. В результате можно добиться прироста объема вырабатываемой энергии на 25%. Фабрики работают над организацией обмена данными с поставщиками, чтобы автоматизировать процесс размещения заказов и обеспечить своевременную поставку необходимых деталей и компонентов. Датчики на конвейере могут помочь распознать и решить проблему еще до того, как она проявится, а также отложить плановое обслуживание в тех случаях, когда оборудование вполне исправно, и тем самым сэкономить время и силы специалистов для по-настоящему важных и не терпящих отлагательства задач. Международные производственные концерны вроде Bosch или Airbus могут наладить оперативный обмен информацией между фабриками, обеспечивая централизованное решение проблем и внедрение новшеств с использованием знаний, полученных в отдельных подразделениях.

Еще одна особенность ИВ — возможность сбора огромных объемов данных. Сегодня у нас есть очень дешевые датчики с низким энергопотреблением и подключением к интернету, которые мы можем использовать для сбора текущих данных о людях, окружающей среде или определенных системах. С их помощью можно моментально узнавать о протечках в системах водоснабжения или выявлять вспышки гриппа, организуя распределенный сбор данных с большого числа личных мобильных телефонов.

В данный момент одна из главных проблем ИВ — проблема принятия разумных решений на основе огромных объемов данных из различных источников. Чаще всего при обсуждении данной темы оперируют аббревиатурой DIKW, обозначающей иерархию сущностей — данные (Data), информация (Information), знания (Knowledge) и осмысленные решения (Wisdom). В качестве данных может выступать набор чисел. Из них можно, например, получить информацию о том, что у вас есть товар № 32 с определенным сроком годности. Знание, которое вы извлекаете из полученной информации, заключается в том, что товар № 32 — это молоко, а его срок годности истек еще вчера. Результирующее разумное решение — настало время покупать новую партию молока! Приведенный пример до банального прост, но, когда вы имеете дело с гигантскими объемами разнородных данных, чтобы принять разумное решение на основе этого моря информации, вам придется по-настоящему потрудиться. В области анализа и обработки данных даже появляются новые профессии. Нам нужны люди, которые сумеют разобраться в том, как на основе неограниченного массива данных сделать полезные выводы практического характера. Им придется сформулировать вопросы, на которые мы хотим найти ответы с помощью данных, а также выявить значимые закономерности.

Один из прогнозов относительно нашего будущего говорит о том, что в ближайшие два десятилетия большинство людей будут жить в городах. Совершенно очевидно, что высокая плотность населения приведет к серьезным проблемам социального и практического характера в таких областях, как энергетика, образование, здравоохранение, транспорт и многих других. Уже начались эксперименты по созданию «умных» городов, представляющих собой городские поселения, в которых все основные структуры, включая больницы, школы и транспорт, объединены в одно целое и доступны онлайн, что позволяет оперативно справляться с возникающими проблемами и разрабатывать прикладные решения для повышения качества жизни горожан. В разных частях Великобритании (в Глазго, Лондоне, Бристоле и Питерборо) и по всему миру можно увидеть немало попыток реализации концепции «умного» города. В рамках этих проектов ведется работа по внедрению широкого круга разработок — от маячков, помогающих людям с нарушениями зрения ориентироваться в Сан-Франциско и на Юстонском вокзале в Лондоне, до датчиков в контейнерах для мусора, обеспечивающих более эффективный, «умный» подход к вывозу отходов. Сейчас на рынке присутствует множество реализаций идеи «умного» контейнера для мусора, включая Bigbelly (США), Enevo (Финляндия), Ecube Labs (Южная Корея). Тысячи таких контейнеров уже установлены в разных местах по всему миру. Системы подобного рода способны не только определить, что контейнер заполнен, но и спрогнозировать, когда именно он наполнится, и предложить оптимальный маршрут для служб, отвечающих за вывоз мусора. Судя по всему, данная технология работает вполне неплохо, но водителям требуется определенное время, чтобы научиться доверять системе и скорректировать свою работу.

Приведенный пример отлично отражает суть того, что будет происходить с ИВ и «умными» технологиями в будущем: нам придется привыкнуть к тому, что они станут частью нашей жизни. Одно из главных преимуществ ИВ заключается в скорости, с которой он может объединять на первый взгляд ничем не связанные вещи, создавая нечто совершенно новое — такое, что позволит существенно повысить эффективность работы различных служб — от транспорта до здравоохранения и образования, — если нам удастся объединить составляющие их части в одно целое. Задача эта не столько техническая, сколько организационная: представители этих отраслей и государственных ведомств не привыкли работать вместе, так что для достижения успеха им придется наладить систематическую совместную работу. В настоящее время пять стран (так называемая цифровая пятерка, D5) работают вместе над развитием цифровой экономики под знаменем принципа открытости: Эстония, Израиль, Новая Зеландия, Южная Корея и Великобритания. Работая сообща, они занимаются разработкой и внедрением открытых стандартов, налаживают международные связи и реализуют концепцию открытого правительства в рамках согласованной повестки.

Кроме того, облака и ИВ сейчас активно применяются еще в одной области, а именно — в технологиях виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (DR). До сих пор их можно было встретить главным образом в компьютерных играх и в коммерческих решениях. Теперь же они заявляют о себе и в других сферах: архитекторам и агентам по недвижимости технологии VR помогают визуализировать то, что еще только предстоит построить; в кораблестроительной, авиационной и нефтедобывающей отраслях их используют на подготовительном этапе больших инвестиционных проектов, чтобы понять, стоит ли заниматься реализацией планов; на некоторых фабриках технические специалисты снабжаются специальными средствами DR, с помощью которых в процессе выполнения различных задач они получают пошаговые инструкции. Несмотря на относительную молодость, у технологий VR и DR есть все шансы стать важными инструментами повседневной работы в образовании, здравоохранении, промышленности и индустрии развлечений.

Если не останавливаться на достигнутом, можно найти немало возможностей для применения облаков и ИВ в работе по решению стоящих перед человечеством проблем глобального характера.

Новые разработки в здравоохранении предполагают использование все большего количества уже существующих медицинских датчиков. Можно предположить, что на нашем теле будет размещаться все больше датчиков, следящих за физическим и эмоциональным состоянием. Они будут заставлять нас постоянно и более тщательно заботиться о своем здоровье. Звезды спорта уже всю пользу получают от технологий контроля за состоянием организма, чтобы достичь оптимальной формы к моменту участия в соревнованиях. Компании в ряде отраслей, в которых сотрудникам приходится выдерживать большие стрессовые нагрузки, как, например, это происходит в сфере финансовых услуг, также экспериментируют с различными средствами наблюдения за самочувствием работников для обеспечения эффективной работы в стрессовых ситуациях. Однажды мы проснемся в мире, где каждый человек будет иметь возможность постоянно контролировать собственное состояние, получая непрерывный поток данных с различных устройств в режиме реального времени. Например, датчики в нашем организме могут отдать холодильнику команду заказывать больше фруктов и овощей, заставить систему отопления работать интенсивнее, когда у нас жар и нам нужно быть в тепле, а также вызвать врача, если температура поднимется выше определенного уровня. Зная, что вы не сможете выйти на работу из-за плохого самочувствия, ваши датчики даже смогут организовать перенос назначенных на этот день встреч.

Расширятся возможности медицинских организаций и врачей по проведению дистанционной диагностики и лечения, благодаря чему, например, пожилые люди смогут больше времени проводить дома. Технологии носимых устройств, таких как экзоскелеты и искусственные конечности, также выиграют от включения в инфраструктуру ИВ, так как это обеспечит новые механизмы настройки устройств в зависимости от физических возможностей конкретного человека. (Вы сможете управлять всем своим телом с помощью планшета — например, уже сейчас у пользователей искусственных конечностей i-limb производства компании Touch Bionics есть возможность управлять ими с помощью установленного на смартфон приложения.)

Анализ огромных объемов данных, генерируемых ИВ с целью поиска закономерностей, может оказаться изменяющим нашу жизнь фактором. Например, специалисты из Стэнфордского университета применили алгоритмы больших данных для обработки материалов о различных заболеваниях, сгруппированных по характеру влияния на активность генов и сопоставив данное множество с лекарственными препаратами, которые обеспечивают блокировку участвующих в такой активности путей. Проанализировав результаты, они пришли к выводу, что ряд существующих препаратов могут быть эффективны в лечении заболеваний, которые не входили в перечень целевых показаний при их разработке. Учитывая высокую стоимость и большую продолжительность клинических исследований новых препаратов, такие эксперименты позволят сделать большой шаг в здравоохранении. Правда, для этого пришлось бы опубликовать данные клинических исследований, чтобы любой мог пользоваться ими. Ассоциации фармацевтических компаний в США и Европе не так давно обязались предоставить доступ к своим данным. Можно ожидать, что в будущем нас ждут и другие подобные прорывы.

Следующая тенденция — персонализация медицинского обслуживания: благодаря появлению технологий, позволяющих использовать связанные с нами большие данные, применяемые врачами системы смогут анализировать самую разную информацию, характеризующую наш образ жизни (социальные сети, карьера, занятия спортом, членство в клубе любителей вина и т.д.), наши гены, реакцию нашего организма на различные виды проводившегося лечения, а также собирать все имеющиеся сведения о соответствующем

заболевании, накопленные исследователями по всему миру. Разумеется, придется решить немало проблем в области защиты персональной информации (которые будут рассмотрены подробнее ниже), но возможности, которые откроются перед нами в сфере здравоохранения, стоят того.

Одна из сфер, в которых облака и ИВ вполне уже могут обеспечить переход на качественно новый уровень, но до сих пор так и не реализовали свой потенциал, — предоставление всеобщего доступа к образованию по всей планете. С приходом новой парадигмы открываются прекрасные возможности для того, чтобы научиться чему-то нужному и принять активное участие в становлении новой экономики в любой точке Земли. Во всяком случае, так все выглядит в теории. Главное препятствие — отсутствие базового доступа в интернет у значительной части населения. Эта проблема не раз поднималась на заседаниях ООН и Всемирного экономического форума. Ряд крупнейших технологических компаний-гигантов, включая Facebook, Microsoft и Google, работают над ее решением при поддержке знаменитостей и филантропов.

У объединенного глобальными сетями виртуального мира облаков и ИВ с его упором на эффективность, анализ больших данных и персонализацию есть все шансы, чтобы сделать лучше жизнь многих людей, которые сейчас вынуждены мириться с тяготами и лишениями. Мы сможем сократить потребление энергии и объем пищевых отходов, повысить эффективность производства и преобразовать сферу здравоохранения так, чтобы она была в большей степени ориентирована на наши индивидуальные потребности.

Однако на пути к этой цели нам придется преодолеть немало препятствий. Среди них есть четыре, на которые, как мне кажется, следует обратить внимание в первую очередь: безопасность, доступность, энергия и общество.

Можно выделить ряд проблем, связанных с конфиденциальностью и безопасностью. С точки зрения отдельно взятого человека, главный вопрос, вызывающий беспокойство, — конфиденциальность данных. Чтобы воспользоваться всеми преимуществами ИВ, вам придется дать устройствам возможность собирать и использовать самую разную информацию о вас. Чем больше вы будете скрывать от них, тем менее эффективно они будут работать. Во многом степень открытости будет определяться самим человеком, но при этом в его распоряжении должны быть действенные механизмы защиты, что не отменяет необходимости быть постоянно начеку. Уже сейчас многие серьезно озабочены тем, что у высокотехнологичных компаний вроде Apple, Facebook и Google, а также органов власти есть доступ к громадному объему данных о нас. Они используют их для того, чтобы повысить качество обслуживания и адаптировать свои услуги под наши потребности, но при этом возникает риск злоупотребления с их стороны. Грань между персонализацией услуг и слежкой весьма условна! Данные о вашем здоровье могут стать основанием для повышения ставок страхования; с помощью данных о вашем образе жизни налоговые органы могут узнать, не утаили ли вы что-то при подаче налоговой декларации; при отсутствии надежной защиты кто-нибудь сможет заполучить ваши персональные данные и выдать себя за вас. Благодаря собираемым персональным данным и прямому доступу к миллиардам людей и их доходам высокотехнологичные компании получают все больше власти. Эта власть может стать как силой добра, так и инструментом эксплуатации и манипулирования. Сегодня правительства и инициативные группы потребителей по всему миру предпринимают усилия для того, чтобы не допустить использования этой власти во зло.

Кто бы ни пользовался подключенным к общей сети устройством — обычный человек или компания, — они в любой момент могут стать инструментом в руках хакера. Сможет ли хакер получить контроль над вашим домом, взломав чайник у вас на кухне? Сможет ли одно государство взять под контроль электростанцию на территории другого государства, взломав какую-либо из подключенных к сети энергетических установок? На оба вопроса можно дать

утвердительный ответ. Один из самых первых ярких примеров масштабной хакерской атаки — компьютерный червь Stuxnet, который был написан специально для взлома программируемых логических контроллеров на центрифугах, использовавшихся в рамках иранской ядерной программы, и который в 2010 г. успешно поразил выбранную его создателями цель. Оказавшись во власти вируса, центрифуги перешли в режим работы, который быстро привел к их поломке. По некоторым данным, жертвами вируса стала почти пятая часть всех ядерных центрифуг в Иране. В 2015 г. кибератаке подверглась Украина. В результате 80 000 потребителей на время остались без электроэнергии. Эти две атаки показывают, что в будущем военные действия вполне могут выплеснуться и на просторы интернета, а ИВ и облака способны стать оружием в руках враждебно настроенных государств.

В том же 2015 г. группа хакеров продемонстрировала, как легко заполучить контроль над несущимся по автомагистрали внедорожником через уязвимости в его мультимедийной системе. Демонстрация произвела большое впечатление на представителей автомобильной отрасли. После этого они стали уделять особое внимание защите подключенных к интернету транспортных средств от атак такого рода. Риск кибератак на подключенные к сети транспортные средства и дома, а также на национальную инфраструктуру, включая выработку электроэнергии и водоснабжение, и крупные компании, от работы которых зависит жизнь большого количества людей, по-прежнему очень высок. По мнению экспертов, в будущем будут вестись самые настоящие кибервойны. Так что можно не сомневаться — в ближайшие десятилетия информационная безопасность останется одним из главных вопросов повестки дня.

Проблема доступности стоит не так остро. Конечно, без подключения к интернету, будь то по оптоволоконному кабелю, или же по беспроводному соединению, или через сеть мобильной связи, трудно себе представить работу многих прикладных решений в сфере ИВ. Если в условиях городской среды такое подключение организовать не так сложно, то вот в отдаленных районах наличие связи гарантировать уже намного сложнее. Доступ в интернет необходим для всего — и для автономных транспортных средств, и для дистанционной хирургии, и для дистанционного сбора данных с датчиков (например, установленных на водопроводных трубах). Поэтому по всему миру сейчас ведется активная масштабная работа по обеспечению такого доступа. Отчасти эту проблему поможет решить внедрение следующего поколения сетей мобильной связи, 5G: лежащие в его основе технические решения предусматривают обеспечение всемирного покрытия и возможность одновременной работы с огромным количеством подключенных к сети вещей. Для достижения полного покрытия и обеспечения хорошей широкополосности (на приеме), несомненно, потребуется совместная комплексная работа телекоммуникационных компаний, операторов оптоволоконных сетей и Wi-Fi-сетей, а также поставщиков услуг спутниковой связи. Чтобы в полной мере реализовать потенциал инфокоммуникационных технологий в будущем, нам всем, бизнесу, государственным органам придется активнее взаимодействовать друг с другом в условиях еще большей взаимосвязи. При разработке новых продуктов нужно будет учитывать возможность их подключения к интернету; при проектировании сетей связи необходимо принимать во внимание потребности транспортной отрасли, здравоохранения, сферы развлечений, сельского хозяйства и прочих отраслей, а люди должны быть готовы делиться данными, чтобы у каждого, кто в этом нуждается, была возможность получить достоверную информацию.

С расширением покрытия для поддержки растущего объема данных потребуется более мощная инфраструктура. По прогнозам специалистов компании Cisco, к 2020 г. объем потребляемых данных вырастет в десять раз. У экспертов нет единого мнения относительно того, сможем ли мы справиться с ростом энергопотребления, который неизбежно последует за этим. По данным британской газеты The Independent, в 2016 г. на центры обработки

данных приходилось около 3% мирового потребления энергии. Ожидается, что в течение следующих десяти лет этот показатель утроится. Отчасти такой рост будет связан со стремительным увеличением количества устройств, занимающихся сбором, хранением и обработкой данных в рамках ИВ. Но этот фактор не будет решающим, так как многие датчики, используемые в ИВ, будут работать с очень маленькими объемами данных: стандартный датчик генерирует всего лишь несколько сотен мегабайт данных в год. Напротив, при передаче потокового видео нагрузка на канал возрастает до одного гигабайта в час. К тому же для его обработки требуется достаточно много энергии, а для хранения — большой объем дискового пространства. Уже сейчас именно на видео приходится большая часть данных, передаваемых по сетям. Можно с уверенностью утверждать: в будущем этот объем будет только увеличиваться за счет более активного использования видео в сфере развлечений, здравоохранении, решениях, связанных с организацией повседневной жизни, и промышленности. Таким образом, проблема энергопотребления стоит очень остро. Операторы центров обработки данных уже сейчас пытаются повысить энергоэффективность своего оборудования. Разумеется, в первую очередь ими движут финансовые мотивы. Крупные игроки, такие как Facebook, Google и Apple, активно работают в направлении перехода на использование энергии только из возобновляемых источников, перенося свои центры обработки данных в страны с более умеренным климатом для сокращения расходов на охлаждение, а также закладывая определенные требования к энергопотреблению уже на этапе проектирования архитектуры технологических процессов. Некоторые эксперты уже говорят о том, что одной из возможных мер сдерживания роста энергопотребления станет введение ограничений или даже специальных налогов на передачу видео.

К проблемам безопасности, покрытия и энергопотребления добавляются проблемы социального характера, возникающие в связи с внедрением новых технологий. О некоторых из них мы ранее упоминали. Одна из таких проблем — будущее рынка труда: чем мы все будем заниматься, когда все устройства и вещи вокруг нас станут «умными» и автономными? Какие профессии останутся людям? И что мы будем изучать в школах, когда все так быстро меняется?

Будущее труда — отдельная большая тема, но о его видах, подходах к профессиональному образованию и методах воспитания уважения к различным профессиям (таким, например, как социальная работа и уход) мы знаем очень много, так как все они давно стали предметом изучения и анализа. В ряде стран, включая Финляндию, Намибию, Канаду и США, уже проводились социальные эксперименты с целью оценки влияния таких мер, как введение безусловного базового дохода и сокращение рабочего дня, на все общество в целом. Весьма вероятно, что в скором времени аналогичные исследования будут проводиться в Великобритании и Шотландии. На самом деле наступление эпохи, когда необходимость в работе упадет, предсказывают уже не одно столетие, но до сих пор при появлении новых технологий количество новых рабочих мест превышало количество людей, лишившихся работы. Впрочем, пока еще рано говорить о том, что и на этот раз все будет именно так.

Кроме того, вполне вероятно, что благодаря ИВ будет создана экономика совместного потребления — это будет мир, в котором права частной собственности потеряют свое значение. Уже сейчас мы не владеем музыкой, которую слушаем, или фильмами, которые смотрим. Мы всего лишь платим за доступ к ним. Не исключено, что автомобили, кухни и даже домашние питомцы в будущем также станут предметом совместного использования. В Южной Корее уже процветает такой феномен, как общая гостиная. Квартиры сейчас относительно невелики. К тому же многие молодые люди вынуждены жить с родителями. Поэтому растет спрос на социальные пространства с почасовой арендной платой, в которых молодые люди могли бы общаться друг с другом в домашней обстановке. Еще одна тенденция — мы, скорее всего, будем чаще принимать пищу вне дома, а значит, нам станет незначительно отводиться часть домашнего пространства под кухню. Так что вместо отдельной кухни

может появиться множество кухонь для совместного использования. Подземные паркинги и гаражи в многоквартирных домах в Калифорнии проектируются сейчас таким образом, чтобы с ростом популярности автомобилей, находящихся в совместном пользовании, в будущем эти пространства можно было переоборудовать под спортивный зал или кинотеатр. В Нью-Йорке уже сегодня можно (при условии прохождения соответствующих проверок) арендовать собаку для прогулки с почасовой оплатой. Возможность получить питомца на время в рамках соответствующей услуги может оказаться вполне привлекательной для тех, кто не готов мириться со всеми тяготами обладания домашним животным (или кому просто нужен кот, чтобы решить проблему с мышами). С ростом экономики совместного потребления встанет вопрос о будущем промышленного производства: теоретически, когда все станет предметом совместного использования, наша потребность в промышленной продукции снизится. А с увеличением объема потребляемых услуг наши потребности в вещах вполне могут уменьшиться.

Подводя итог, можно констатировать, что, несмотря на множество серьезных трудностей, которые нам предстоит преодолеть, облачные технологии и ИВ открывают широкие возможности в самых разных сферах нашей жизни. Планете понадобятся творческие идеи и инновации, возможным источником которых станут «аборигены» цифровой эпохи, то есть те, кто родился после появления интернета, чтобы раскрыть свой потенциал и сделать мир лучше. Облака и ИВ действительно могут повысить качество жизни и эффективность бизнеса, а также обеспечить решение ряда по-настоящему больших, глобальных проблем. Нам осталось только реализовать их потенциал.

Кибербезопасность

Алан Вудворд

Вопреки расхожему мнению, перед создателями интернета не стояла задача построить сеть, которая бы могла сохранять работоспособность даже в условиях ядерной войны. Изначально интернет (который тогда назывался DARPA Net, поскольку за его разработку отвечало Агентство по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам Министерства обороны США — сокращенно DARPA) задумывался как платформа для свободного обмена ресурсами между исследователями. Продолжением этого проекта стал разработанный Тимом Бернерсом-Ли язык гипертекстовой разметки (HTML), превратившийся позже в то, что мы называем «всемирной паутиной» — World Wide Web. Наконец, в середине 1990-х гг. интернет стал общедоступным, и все изменилось. Стало понятно, что, если мы собираемся использовать эту новоиспеченную, абсолютно открытую сеть для передачи финансовой информации, нужно найти какой-то способ обеспечить ее конфиденциальность и безопасность. К сожалению, в основе нового онлайн-мира — или «киберпространства», как его стали называть, — лежали технологии, при проектировании которых о безопасности никто не задумывался. Разумеется, вслед за деньгами в онлайн-среду потянулись киберпреступники, которые начали пользоваться присущими ей изначально уязвимостями. В ответ на возникшую потребность в инструментах для борьбы с кибератаками началось формирование отдельного направления, получившего название «кибербезопасность», или «информационная безопасность».

Каждый, у кого есть персональный компьютер, прекрасно знает (во всяком случае, я на это очень надеюсь), сколько усилий требуется для обеспечения защиты от киберугроз: здесь и установка антивирусного программного обеспечения, и брандмауэров, и использование надежных паролей, и ряд иных мер. Чтобы поспеть за изобретательностью преступников, пользователям приходится тратить все больше времени на поддержание используемых ими средств защиты в актуальном состоянии. И это большая проблема. Даже у самых

организованных и собранных из нас есть слабости, которыми могут воспользоваться в своих интересах злоумышленники. Среди так называемых семи смертных кибергрехов (безразличие, любопытство, доверчивость, деликатность, жадность, робость и легкомыслие), пожалуй, самым опасным является безразличие, и думать, что это точно не про вас, — самый верный способ угодить в расставленные ловушки. Занимаясь поиском решения так называемой проблемы PICNIC[7], специалисты в области компьютерных систем пришли к выводу о необходимости полностью исключить людей из процесса.

Координировать работу в очередной раз взялось агентство DARPA, которое объявило конкурс на разработку системы на основе ИИ, способной защитить компьютеры от кибератак без какого-либо вмешательства со стороны человека. Первая демонстрация результатов финалистами состоялась в 2016 г. в Лас-Вегасе, городе, где ежегодно собираются хакеры со всего мира для обмена идеями и последними разработками в рамках таких конференций, как Black Hat и DefCon.

На первом этапе к решениям предъявлялись весьма скромные требования. Участники получили несколько компьютерных программ, которые они должны были сначала проанализировать и определить, прекратят ли они свою работу при передаче им на вход определенных данных, а затем (что действительно сложно) — скорректировать эти программы таким образом, чтобы они перестали быть уязвимы для атак такого рода.

На следующем этапе автоматизированным системам предстояло сразиться с людьми в формате игры «Захват флага». Кто победил? По правде говоря, точного ответа на этот вопрос организаторы так и не получили: ни одна из систем не справилась одинаково хорошо со всеми заданиями — какие-то из них они обязательно проваливали. Однако в ходе состязания проявилась одна интересная особенность, связанная с машинным обучением: оказалось, что если и есть что-то, в чем компьютеры по-настоящему преуспели, так это в умении учиться. Чем больше данных вы в них загружаете, тем быстрее они распознают в них закономерности (например, уязвимости, которыми пользуются хакеры). Поэтому неудивительно, что многие исследователи по всему миру уделяют сегодня столь большое внимание различным способам применения машинного обучения для обеспечения информационной безопасности.

На самом деле не так уж и важно, что в ходе соревнования системы ИИ не лучше людей справлялись с задачами по выявлению угроз. Ведь это была только первая попытка. Впрочем, и этого было достаточно, чтобы понять, что уже в самом ближайшем будущем мы увидим системы информационной безопасности под управлением ИИ. Во время состязания в рамках конференции в Лас-Вегасе одна компания представила первую, по заявлению разработчиков, «когнитивную» антивирусную систему на основе ИИ — DeepArmor.

Система DeepArmor отвечает всего лишь за один аспект информационной безопасности — защиту от вирусов. Но это как раз та сфера, которая в наибольшей степени нуждается в автоматизации. Объясняется все просто: люди (или любой процесс с участием людей) не способны справиться с нескончаемым потоком новых разновидностей вирусов. Ежедневно появляется почти миллион новых угроз, и, хотя многие из них — это варианты существующих вирусов, каждую из них нужно сначала идентифицировать, а потом передать антивирусному программному обеспечению инструкции по ее устранению. И ситуация будет только ухудшаться, так как преступники осознали мощь современных технологий и всюду пользуются ими, чтобы обойти антивирусные программы. Они разработали вирусы, которые трансформируются подобно биологическим вирусам: даже при наличии образца запущенного вредоносного кода вы не сможете его распознать в следующий раз, потому что он изменит сам себя до неузнаваемости. То есть каждый раз вам потребуется проанализировать несколько случаев заражения, чтобы идентифицировать его опять. В этом контексте кажется вполне логичным, что разработчики DeepArmor поставили перед собой

задачу создать программу, которая бы работала по принципу человеческого иммунитета, и дали ей соответствующее название — Antigena.

Такой подход свидетельствует о радикальной смене стратегии кибербезопасности и переходе к принципиально новой парадигме, которая будет определять то, как мы будем защищаться в будущем. На первом этапе развития средств борьбы с киберугрозами в интернете во многом работа сводилась к мерам, направленным на остановку атаки на границе системы. Подобно бастионам и воротам замка, наши системы, будь то на домашнем ноутбуке или на сервере с медицинскими данными, настроены таким образом, чтобы не давать вирусам и иным видам атак проникать внутрь, останавливая их на входе. Однако в условиях, когда все вокруг нас и мы сами постоянно «подключены» к сети, эти методы неэффективны. Так называемая круговая оборона перестала отвечать требованиям информационной безопасности. На самом деле мы сейчас хотим, чтобы другие люди приходили в наш «замок». Чего мы не хотим, так это того, чтобы, уходя, они незаметно прихватили с собой наши «реликвии». То есть нам нужно найти способ пускать к себе анонимных посетителей, но при этом у нас должна быть возможность выявлять среди них тех, кто не заслуживает доверия.

В результате недавнего витка эволюции интернета мы получили средства обороны, воспроизводящие многоуровневую систему защиты, которую можно увидеть во многих «замках». Благодаря ей мы имеем возможность впускать людей только в определенные части нашего замка и даже предоставлять разным группам посетителей доступ к внутренним помещениям в наших «киберчертогах», надеясь на сохранность «реликвий», упрятанных нами в цитадель — последний оплот безопасности.

Оказывается, у машин отлично получается наблюдать за действиями пользователей и выявлять корреляции между тем, что они делают, и нежелательными последствиями. Более того, чем дольше продолжается наблюдение, тем лучше машина распознает неприемлемое поведение. Чтобы резко повысить эффективность, достаточно просто увеличить набор входных данных. Так что, судя по всему, за будущее кибербезопасности можно не опасаться: мы можем полностью положиться на компьютеры. Но... раз мы решили воспользоваться возможностями ИИ и готовы положиться на него, полностью исключив вмешательство человека, нам придется задать себе ряд вопросов, не в последнюю очередь связанных с необходимостью сначала обучить такой интеллект тому, что мы хотим от него получить. Из попыток найти ответы на эти вопросы родилась дисциплина, призванная заставить машинный интеллект работать в нужном нам направлении.

Во-первых, вызывает тревогу мысль о том, что интернет может превратиться в электронную зону противостояния между хорошим ИИ и плохим ИИ. И сражаться они наверняка будут до последнего. Подобно тому как мы научились не замечать биологические баталии, которые происходят в нашем организме каждый день, нам, вполне возможно, придется научиться жить с хронической цифровой инфекцией, с которой будет вести непрерывную борьбу наш «иммунитет». Большую часть времени мы пребываем в неведении относительно разворачивающейся борьбы, но иногда мы «заражаемся» и вынуждены принимать антибиотики. Если инфекции удастся перехитрить стоящую на защите пациента технологию, смерть неминуема. Нам также следует признать, что в некоторых случаях «дезинфицировать» систему просто невозможно. Вместо этого мы должны распрощаться с ней и выстроить новую, с другим программным обеспечением. Мы уже начали сталкиваться с подобной ситуацией, виной чему вирусы-вымогатели. Когда они заражают наши компьютеры, нам не остается ничего другого (конечно, если забыть о соблазне заплатить вымогателям), как переставить систему. Разумеется, в этом случае не обойтись без резервной копии ваших данных, то есть единственной по-настоящему ценной части вашего компьютера. Позаботиться об этом должен сам человек.

Следующая проблема — допустимая степень контроля над нашими действиями со стороны ИИ: должны ли мы иметь возможность не выполнять его инструкции? Вы, наверное, думаете, что ответ очевиден — «да». К сожалению, здесь опять придется вспомнить о семи смертных кибергрехах. Представьте, что вы пытаетесь зайти на веб-сайт, ИИ находит проблему и выдает предупреждение с рекомендацией не посещать данный ресурс. Скорее всего, вы станете искать кнопку, которая позволит вам проигнорировать предупреждение: исследования показывают, что люди обычно не обращают внимания на такие предостережения. Возможно, причина в любопытстве или безразличии. Или же мы просто не любим, когда нам кто-то что-то запрещает. Какими бы ни были ваши мотивы, если вы не послушаетесь, ваша система наверняка будет заражена. В таком случае кажется вполне разумным, что ИИ должен полностью контролировать ситуацию.

Исследования также показывают, что при большом количестве предупреждений мы начинаем вовсе игнорировать их. У этого явления даже есть специальное название: «усталость от безопасности». В таком состоянии люди забывают об осторожности и осмотрительности. Чтобы не допустить этого, ИИ в будущем должен будет уметь определять наиболее значимые угрозы, рассчитывать оптимальное количество предупреждений и решать, когда и как показать их нам, чтобы мы обратили на них внимание. Но, разумеется, сам по себе ИИ не исполняет собственные предупреждения — это прерогатива людей. ИИ просто говорит, нужно это или нет.

Все вышесказанное подводит нас еще к одному вопросу: кого из людей надо включать в цепи управления? Например, могут ли правила, на основе которых действует ИИ, ограничивать вас в посещении опасных сайтов? Все сводится к определению рамок того, что мы считаем «вредоносным». Мы уже используем средства защиты от киберугроз, чтобы оградить наивных и неискушенных от того, что им может встретиться в сети, или в случае, если их будут провоцировать на нежелательное поведение. Если в будущем ИИ возьмется всех нас «охранять» от нашего собственного любопытства, кто будет устанавливать границы — или мы дадим ИИ возможность самостоятельно «научиться» определять, что нам может навредить, и потом позволим ему принимать решения за нас? Вполне объяснимо, что для многих подобные картины будущего сродни ужасам из ночных кошмаров. Получается, что даже в странах, где нет никаких диктаторских режимов и где жители не находятся под постоянной опекой бдительного государства, устанавливающего правила, с которыми вы не согласны, ИИ сможет зайти еще дальше и решить, что подавляющее большинство содержимого киберпространства является вредным. При этом само по себе слово «вредный» поддается исключительно широкому толкованию.

В течение следующего десятилетия мы должны решить, хотим ли мы, чтобы ИИ защищал нас от киберугроз, или же нам стоит продолжать использовать нынешние способы защиты. Это непростое решение, но в отсутствие активного открытого обсуждения его примут за нас. А как быть, если мы решим, что ИИ нам не подходит, а существующие методы будут все менее эффективны? Есть ли какая-либо альтернатива? Вполне возможно, что есть.

Давайте представим, что мы все-таки решим не исключать полностью человека из цепей обеспечения информационной безопасности: как быть с ситуациями, в которых прямое вмешательство людей невозможно? Как быть с ИВ, этой постоянно растущей армией автономных «умных» устройств, которые взаимодействуют друг с другом без какого-либо участия с нашей стороны? Холодильники, чайники и тостеры — все они будут связаны в одну сеть, чтобы нам было еще удобнее пользоваться ими. Ваш подключенный к сети тостер вряд ли сам по себе способен заинтересовать хакеров, рыщущих в поисках ценной информации, однако он вполне может стать частью армии зомби-устройств в составе ботнета и использоваться при проведении распределенных атак типа «распределенный отказ в обслуживании» (DDoS), в ходе которых на систему обрушивается такой громадный объем

бесполезных данных, что она становится недоступной для обычных пользователей. ИВ стремительно разрастается: связанных в единую сеть устройств будет на многие миллионы больше, чем сегодня, и хакеры смогут поставить себе на службу их незадействованные ресурсы. Нам предстоит столкнуться с абсурдной ситуацией, когда страну можно будет поставить на колени с помощью домашней электроники.

Мы могли бы вернуться к принципам той технологии, на которой строится интернет. В ней можно кое-что скорректировать так, что, откуда бы вы ни заходили в сеть, вы бы однозначно идентифицировались, как и все те, с кем вы взаимодействуете. А получив сообщение электронной почты, вы бы могли быть уверены, что оно пришло именно от того, кто указан в качестве его отправителя. Это бы позволило легко определять и блокировать любой веб-сайт, содержащий вредоносное программное обеспечение. Если кто-нибудь решит атаковать вашу систему, вы бы могли узнать, кто инициатор атаки и откуда она осуществляется. Все описанное станет возможно только тогда, когда мы все перейдем на версию 6 протокола IP (IPv6). Она существует с 1990-х гг. и, вероятно, уже давно поддерживается на вашем компьютере, но все попытки расширить сферу ее применения ни к чему не привели. Судя по всему, большинство пользователей устраивает первоначальная версия этого протокола IPv4, несмотря на все присущие ей недостатки.

Вам не понадобится новый компьютер, но для обеспечения безопасности необходимо, чтобы: а) о ней позаботились все пользователи и б) все согласилось на цифровую идентификацию. В этом-то вся и загвоздка: далеко не каждый готов раскрыть свою личность онлайн. Люди привыкли видеть интернет местом, где они могут чувствовать себя свободно, где над ними не довлеют нормы, которым приходится подчиняться в реальной жизни. Нам нравится, что мы можем бродить по множеству веб-сайтов под защитой псевдоанонимности. Некоторые идут еще дальше и активно защищают свою анонимность с помощью специального программного обеспечения, такого, например, как TOR (The Onion Router). Оно позволяет скрыть даже IPv4-адрес.

Программное обеспечение TOR было частично разработано Военно-морским флотом США с вполне благими намерениями, но впоследствии снискало дурную славу из-за так называемых скрытых сервисов — веб-сайтов, доступ к которым можно получить только с помощью браузера TOR и физическое местоположение которых определить невозможно. Это явление получило название «темная сеть». В ней находятся сайты, на которых можно купить все что угодно — от наркотиков до компонентов оружия массового поражения. Помимо «темной сети» мы теперь имеем дело еще и с новыми анонимными виртуальными валютами, самая известная из которых — биткоин. Такие «криптовалюты» призваны служить своего рода онлайн-наличными: их происхождение невозможно проследить, и с ними легко проводить транзакции. Поэтому нет ничего удивительного в том, что, согласно данным Европола, 40% транзакций в преступном мире совершается именно с помощью данной технологии.

Разумеется, правоохранительные органы делают все возможное для того, чтобы идентифицировать пользователей «темной сети». Как это обычно бывает, у технологии, лежащей в основе теневой части интернета, также есть изъяны, которыми вполне можно воспользоваться, чтобы свести на нет основное ее преимущество, а именно — анонимность. Но вряд ли участники «темной сети» готовы мириться с таким положением вещей. В результате мы получаем непрерывную гонку технологий: как только правоохранители находят способ идентифицировать кого-то, кто прячется на просторах «темной сети», сеть эволюционирует таким образом, чтобы не дать правоохранительным органам делать их работу. Даже если в одном варианте реализации технологии обнаруживается серьезный изъян, тут же появляется ее реинкарнация, и все начинается сначала. Например, работа TOR отчасти зависит от готовности волонтеров разворачивать узлы этой сети и тем самым обеспечивать анонимность пользователей всей системы. Когда правоохранительные органы

начали использовать эту особенность, настраивая узлы, через которые они могли получить, пускай и весьма фрагментарное, представление о том, что происходит в «темной сети», в технологию сразу же были внесены изменения, которые обезоружили так называемые гнилые луковицы[8], лишив их возможности идентифицировать пользователей TOR. Более того, сейчас внедряется принципиально новая технология — одноранговая темная сеть (Peer-to-Peer Dark Web). Ее уже окрестили «невидимым интернетом»: в отличие от сети TOR, о которой знают многие, анонимные одноранговые (P-2-P) сети распространяются по интернету таким образом, чтобы ничем не выделяться на фоне остального его содержимого.

То же самое произошло и с криптовалютами (которые представляют собой разновидность закодированных цифровых денег). Как правило, они реализуются с помощью технологии под названием «блокчейн», в рамках которой все транзакции носят публичный характер, что исключает риск мошенничества, но при этом гарантируется полная анонимность. Как известно, полиция традиционно придерживается принципа «ищи, кому это выгодно», то есть, отслеживая движение средств, она находит преступников. Но даже самые популярные криптовалюты, такие, например, как биткоин, изначально устроены так, что следовать этому принципу становится исключительно трудно. Хотя сейчас уже есть методы, которые дают правоохранительным органам возможность выявлять получателей виртуальной наличности и, в частности, идентифицировать тех, кто пользуется биткоином; как и в случае с TOR, в ответ на это внедряются новые виды виртуальных денег, которые обезоруживают правоохранителей. Примером такой криптовалюты, созданной специально с целью обхода разработанных полицией методов, является ZeroCoin.

Итак, давайте представим, что интернет переходит на протокол IPv6, включая расширения для обеспечения безопасности. В этом случае обязательно найдутся законопослушные пользователи, а также преступники, которые захотят сохранить анонимность. Это приведет к расцвету технологий вроде TOR (хотя их придется конфигурировать несколько иначе), в результате чего внедрение IPv6 потеряет всякий смысл. Однако, несмотря на провал всех попыток сделать IPv6 стандартным протоколом интернета и реализовать заложенные в нем возможности по обеспечению безопасности, энтузиасты продолжают вести работу в этом направлении. Когда-нибудь они обязательно добьются успеха. В этом случае мы окажемся в ситуации, когда нам придется иметь дело с двухуровневым интернетом: сеть разделится на тех, кто готов раскрыть свою личность и согласен, чтобы его действия отслеживались, и тех, кто хочет оставаться вне системы. У жителей некоторых стран выбора не будет, но там, где возможность выбора останется, защищенный сегмент сети превратится в своего рода сад за высокой стеной, в котором можно будет находиться, не опасаясь атаки. Но, если в какой-то момент этот сад покажется вам золотой клеткой, вы сможете легко его покинуть и стать частью остального интернета: причем это будет именно часть киберпространства, а не что-то напоминающее Дикий Запад. Выбор будет за вами, но может оказаться так, что, сбежав из окруженного оградой сада, вы уже не сможете в него вернуться: если вы живете в условиях стерильности, вы не можете просто так выйти и потом снова зайти без прохождения серии проверок, которые позволят удостовериться, что вы не занесете какую-нибудь заразу.

Хакеры непременно будут пытаться заполучить в свои сети обитателей защищенной зоны. Они обязательно найдут способ незаметно пробраться внутрь и воспользоваться беспечностью ничего не подозревающих пользователей. Сегодня мы все знаем о применяемых хакерами методах социальной инженерии: используя знакомый нам адрес электронной почты или какую-то личную информацию, они заставляют нас, например, перейти по ссылке. Но, если бы мы о них не знали и ничего не подозревали, такого рода атаки приводили бы к самым плачевным последствиям. Конечно, воспользоваться этими методами внутри ограды будет не так-то просто, но все-таки такая возможность останется.

Потенциальным слабым звеном в системе защиты закрытой части сети могут стать устройства ИВ. Достаточно вспомнить о том, как действовали самые успешные грабители банков: они не врывались через центральный вход, но забирались внутрь по канализационным системам, а затем, опустошив сейфы, уходили тем же путем задолго до того, как о проникновении становилось кому-нибудь известно. Создать абсолютно безопасное киберпространство невозможно. Однако мы можем сделать его намного безопаснее. Вопрос заключается в том, хотите ли вы оказаться внутри защищенного стеной пространства или остаться снаружи.

Существует мнение, что в будущем в киберпространстве может потребоваться два разных вида охраны. Совсем обойтись без контроля внутри безопасного пространства все-таки не получится — нам придется немного поступиться свободой хотя бы для того, чтобы разрешать коммерческие споры, то есть нам понадобится кто-то похожий на дежурного участкового полицейского, который знает всех в округе, вмешивается только тогда, когда это необходимо, и в качестве основной меры воздействия на нарушителей порядка использует беседу с глазу на глаз. Вне «огороженного сада» нужны будут более серьезные силы, больше похожие на шерифов с Дикого Запада. В качестве таких кибершерифов будут выступать специалисты с широкими полномочиями, позволяющими им отслеживать и задерживать онлайн-преступников. В истории можно найти примеры подобных специализированных подразделений, работающих в других сферах нашей жизни. Например, распространение железных дорог сопровождалось появлением новых видов преступлений. Для борьбы с ними была сформирована Британская транспортная полиция. Когда террористы добрались до самолетов, появились специальные полицейские, которые, находясь на борту самолета, следят за тем, чтобы никто не причинил вреда пассажирам. Учитывая глобальный характер интернета, для поддержания мира за пределами безопасной зоны даже могут быть использованы подразделения, аналогичные «голубым каскам» ООН. Главная проблема заключается в отсутствии четкого ответа на вопрос о том, кто будет наделять полномочиями таких кибершерифов.

Также остается открытым вопрос о праве, которое будет действовать как внутри безопасной зоны, так и за ее пределами. В настоящее время в большинстве случаев сфера действия законодательства совпадает с национальными границами. Однако киберпреступники не знают границ. Если, находясь в одной стране, я отправлю миллионы мошеннических сообщений электронной почты адресатам в другой стране, которая и станет местом совершения киберпреступления, я подвергну себя намного меньшему риску преследования, не говоря уже о привлечении к ответственности, чем в том случае, если я решу ограбить банк и приду в него с обрезом. Да и выгода намного больше: инвестируя в преступную деятельность в киберпространстве, вы можете получить десятикратную прибыль, при этом подвергая себя минимальному риску. Поэтому нет ничего удивительного в том, что онлайн-преступления стали сегодня самым распространенным видом противоправной деятельности. Но при этом у нас до сих пор нет единого органа, который бы занимался защитой закона в интернете.

Чтобы исправить ситуацию, мы могли бы заключить международные соглашения, как мы поступили в случае со связью и воздушными перевозками. Но проблема в том, что киберпространство устроено намного сложнее. Нам потребовались десятилетия, чтобы договориться о порядке выбора применимого законодательства в различных ситуациях в сфере воздушных перевозок, а также телеграфной и телефонной связи. И это при том, что регулированию подлежат лишь некоторые сферы перечисленных отраслей. Для начала следует признать, что далеко не всегда киберпреступления рассматриваются в контексте уголовного права. Например, есть страны, которые готовы защищать авторские права писателей, музыкантов, кинематографистов на своей территории точно так же, как они защищаются в стране, где были созданы их произведения. Но есть и такие страны, в

частности, это республики бывшего Советского Союза, некоторые страны Восточной Европы и Азии, которые, как показывает опыт, куда менее охотно идут на меры по защите авторских прав. Неудивительно, что сегодня именно эта группа стран — источник большинства нелегально распространяемых материалов.

Не исключено, что в какой-то момент у нас появятся кибершерифы, которые будут наводить порядок в не подчиняющихся никаким законам сегментах интернета, или даже кибердружинники, которые будут следить за порядком и соблюдением закона. В этом нет ничего нового, за исключением одного обстоятельства: сейчас все равны перед законом, включая правоохранительные органы, поэтому, переступив черту, они несут такую же ответственность, как и все остальные. История показывает, что использование отрядов добровольцев для обеспечения порядка в условиях абсолютного беззакония может обернуться ситуацией, когда лечение хуже болезни.

Таким образом, мы оказываемся перед любопытной дилеммой: хотим ли мы, чтобы нашу безопасность обеспечивал максимально прямолинейный ИИ, или же мы готовы довериться кибермаршалам, которые неизбежно будут допускать ошибки, как это свойственно людям. Простых путей обеспечения безопасности киберпространства в будущем не существует. Единственное, что можно утверждать с уверенностью, — это то, что преступники будут везде, куда не дотянутся правоохранительные органы, и мы все вместе должны решить, хотим ли сами заботиться о своей безопасности или же мы желаем, чтобы нашу безопасность оберегал кто-то другой либо что-то другое. Кто это будет, Горт (робот-миротворец из фильма «День, когда остановилась Земля») или Уайетт Эрп[9], решать только вам.

10

Искусственный интеллект

Маргарет Боден

Непросто перечислить, где будет искусственный интеллект в будущем. Но просто сказать, где его не будет: под лежащим камнем. Он будет вездесущ как святой дух.

ИИ уже активно используется во многих сферах жизни общества. Он направляет каждый наш поисковый запрос в интернете, он в самом сердце любого программного приложения. Без него не обходится ни система GPS, ни видеоигры, ни голливудские мультфильмы, ни один современный банк, ни страховая компания, ни больница. Ну и конечно, он во всяких умных часах и беспилотных автомобилях.

В будущем он будет повсюду: в судах, офисах, домах престарелых... и даже в кабинете консультанта по вопросам семьи и брака. У марсоходов появится множество братьев, которых задействуют на складах. ИВ свяжет носимые устройства (отслеживающие наше местоположение, уровень активности и артериальное давление) со множеством гаджетов в наших домах, офисах, ресторанах, а также на улицах городов. За нами будет следить не один «Большой брат», а, скорее, армия из триллионов маленьких «братьев», непрерывно взаимодействующих друг с другом.

Ждать осталось совсем недолго. На самом деле большинство этих предсказаний уже становится реальностью. В ближайшие несколько десятилетий наша жизнь будет зависеть от бесчисленного количества таких устройств. В развитых странах люди не смогут без них обходиться. И развивающиеся страны эта тенденция также вряд ли обойдет стороной: в условиях, когда расстояние до ближайшей больницы или агронома исчисляется многими километрами, ИИ даст людям консультацию по медицинскому или сельскохозяйственному вопросу.

В основе всех этих возможностей лежит не так давно разработанная технология машинного обучения с использованием больших данных — огромных массивов информации, анализ которых позволяет выявлять закономерности и тенденции в поведении людей. Теоретическая база этой технологии ИИ, получившей название «глубокое обучение», существует уже более четверти столетия, но реализовать ее на практике не удавалось из-за недостатка вычислительных ресурсов. Однако за последние несколько лет быстродействие компьютеров и емкость их накопителей выросли настолько, что современные компьютеры, способные выполнять миллион миллиардов математических операций в секунду, стали учиться на данных из гигантских датацентров, хранящих информацию о миллиардах предметов.

Методы машинного обучения этого рода позволяют обнаружить закономерности и тенденции на самом разном уровне детализации в огромных наборах. Это могут быть, например, данные о местонахождении и скорости в текущий момент времени всех легковых и грузовых автомобилей города и состояние всех светофоров на его улицах. Или это могут быть медицинские данные из любой региональной или федеральной больницы, содержащие информацию обо всех его пациентах, их болезнях, дозах принимаемых препаратов и результатах лечения.

Эти интеллектуальные системы не программируются в обычном смысле слова, то есть в них не загружается программа, которая указывает им, что они должны сделать сначала, а что — потом. Вместо этого у них многослойные нейронные сети, и выходные данные одного слоя используются в качестве входных другим слоем. В каждом слое содержатся многие тысячи узлов, и информация от каждого узла одного слоя передается каждому узлу другого так, чтобы эта сеть в результате пришла в состояние, отражающее некую устойчивую закономерность, которая присутствует в данных. Часто эти закономерности новы и неожиданны — даже для тех людей, которые пользуются такими системами.

В 2016 г. приложение на основе этой технологии (разработанное компанией Google DeepMind) научилось играть в го и достигло такого уровня мастерства, что смогло одержать победу над чемпионом мира — а это задача намного более трудная, чем победа над чемпионом мира по шахматам (одержанная в 1997 г. суперкомпьютером Deep Blue компании IBM). Но, какой бы впечатляющей ни была демонстрация возможностей новой технологии, это была всего лишь игра, не имеющая никакого практического применения. Впрочем, глубокое обучение уже используется государственными органами и крупными компаниями, располагающими большим количеством ресурсов. По мере удешевления технология будет становиться все более доступной, что в конечном итоге приведет к ее проникновению во все сферы общества.

Наверное, вы подумали: «Сегодня го, завтра — все, что только пожелаешь!» В действительности это не совсем так. Современные системы обучения обладают колоссальными возможностями, но мы не до конца понимаем, как ими воспользоваться. Говоря языком специалистов, мы имеем дело с «черными ящиками», то есть системами, входные и выходные данные которых мы способны оценить, но вот внутренние механизмы их работы нам пока неизвестны. Их архитекторы и разработчики не знают, как они на самом деле работают, а значит, не могут точно спрогнозировать, что будет с ними в ближайшем будущем. Разумеется, разработчики прекрасно осознают эту проблему и прикладывают колоссальные усилия, требующие огромных бюджетов, для ее решения. Но никто не знает, когда эти «черные ящики» наконец-то станут — и станут ли вообще — «серыми» (под этим термином я понимаю состояние отрасли, при котором мы будем точно понимать, как такие системы делают то, что они делают). Возможно, этой мечте не суждено сбыться.

Так что нам следует быть осторожными в наших футурологических прогнозах. Некоторые технологии намного сложнее, чем кажется большинству из нас. Один из примеров — универсальный искусственный интеллект (УИИ). Именно его хотели создать

основоположники теории ИИ в 1950-е гг., а до них — Алан Тьюринг. Они надеялись разработать системы ИИ, которые по своей универсальности и гибкости будут сопоставимы с человеческим сознанием. Решением самых разных проблем должна была заниматься одна — разумеется, исключительно сложная — программа. В ее арсенале должны были быть такие инструменты, как язык, зрение, слух, способность к обучению и творческие способности, которые она бы разумно комбинировала и сочетала друг с другом. К ним должна была добавиться еще и способность контролировать двигательную активность — на случай использования в качестве средства управления роботом. Получается, что эта заветная программа очень сильно отличалась бы от хорошо знакомых нам сейчас однобоких, узкоспециализированных прикладных решений.

Изначально на УИИ возлагались большие надежды. В 1959 г. даже появилась программа, которую назвали «Универсальным решателем проблем», так как она, по сути, могла решить любую проблему, сформулированную в виде иерархий целей и подцелей. (В действительности задача по формулировке проблемы в таком формате возлагалась на программиста. И это была самая трудная часть работы.)

Среди решенных с ее помощью головоломок была, например, задача о миссионерах и людоедах. По условиям задачи три миссионера и три людоеда стоят на одном берегу реки. У них есть одна лодка, вмещающая двух людей. Необходимо перевезти всех шестерых на другой берег реки таким образом, чтобы количество миссионеров никогда не было меньше количества людоедов. Это был настоящий успех — ведь в задачке есть важный нюанс. (Попробуйте решить ее сами, например, используя монеты.) В то время она использовалась в качестве теста на соответствие требованиям ИИ. Поэтому неудивительно, что новость о том, что машина смогла решить задачку, произвела настоящий фурор.

Началась активная работа по усовершенствованию таких систем и расширению их возможностей. Но, как оказалось, добиться поставленных целей было совсем непросто. К концу 1970-х гг. большинство ученых, занимавшихся исследованиями в области ИИ, переключились на значительно более узкие задачи, занявшись, например, разработкой так называемых экспертных систем, призванных ставить диагнозы и (или) выписывать препараты при определенных заболеваниях. Учитывая, что такие системы работали с конкретными знаниями (к примеру, о медицинских диагнозах), работа над ними велась под девизом «перенесем наши знания о мире в системы ИИ».

Сегодня существуют тысячи всевозможных экспертных систем (хотя сам этот термин давно вышел из моды), используемых для решения как сложных, так и самых обычных повседневных задач. Они применяются в самых разных областях — от геологоразведочных работ, машинного перевода и распознавания лиц до поиска ближайшего ресторана индийской кухни. Основная часть исследований в области ИИ в XXI в. посвящена разработке как раз таких узкоспециализированных систем. Но этим все не ограничивается — УИИ сегодня снова считается достойным внимания предметом изучения. (Один из примеров возрождения интереса — модель сознания LIDA, о которой пойдет речь ниже.) Тем не менее ни одна из существующих систем УИИ не является по-настоящему «универсальной» в том значении, которое вкладывал в этот термин Алан Тьюринг.

Однако с этим утверждением вряд ли бы согласились поклонники программы Watson компании IBM. Скорее всего, они бы заявили, что задача создания УИИ уже решена: все-таки в 2011 г. эта программа обыграла двух победителей телевизионной игры-викторины Jeopardy! [10] Участники этого состязания не отвечают на сформулированные кем-то другим вопросы — они сами формулируют их на основе полученных от ведущего подсказок (то есть ведущий не обращается к ним с вопросом «Какой город является столицей Франции?», а, например, дает подсказку — «столица, являющаяся тезкой наследницы гостиничной империи»). Чтобы

участвовать в такой викторине, нужно уметь нестандартно мыслить, ну или хотя бы выстраивать цепочки ассоциаций.

Многочисленные победы Watson в Jeopardy! — настоящее достижение, которым разработчики могут по праву гордиться. Однако интеллект Watson не имеет ничего общего с нашим. Однажды, например, система совершенно верно определила, что в подсказке шла речь о ноге конкретного спортсмена, но она не смогла понять, что главным фактом об этом человеке в ее базе данных было отсутствие у него одной ноги. После этого программисты пометили слово «отсутствует» как значимое, чтобы эта ошибка не повторилась снова. Но человек, понимающий, насколько важны ноги для спортсменов (да и для обычных людей), просто бы не допустил такую ошибку. Умение определять значимость тех или иных вещей для человека — главный камень преткновения для всех систем УИИ: проще говоря, компьютер не знает, что значит быть человеком.

Таким образом, некоторые амбициозные задачи в области ИИ и УИИ настолько сложные, что, даже если в теории у них и есть решение (все-таки человеческий мозг вряд ли продукт волшебства), на практике их реализовать не получится.

С этим утверждением вряд ли согласятся поборники идеи о «сингулярности» — того воображаемого момента в истории, когда машинный интеллект сравняется с человеческим, а потом благодаря разумному самоусовершенствованию машин быстро перегонит его, и до которого, по мнению некоторых специалистов в области ИИ, осталось не более 20 лет. (Прогнозы разнятся: многие исследователи, занимающиеся разработкой ИИ, предсказывают наступление сингулярности к концу столетия.) И тогда все наши главные проблемы, заявляют некоторые адепты сингулярности, будут решены. Война, бедность, голод, болезни и даже смерть — все это уйдет в прошлое.

Здесь есть с чем поспорить. Например, станет ли кто-нибудь всерьез утверждать, что какая-то система с ИИ сможет распутать тугой узел политических противоречий на Ближнем Востоке? Стоит признать, что мы, люди, пока не очень преуспели на этом поприще. Но вера в то, что ИИ когда-нибудь сможет решить эту проблему, требует слишком фанатичной преданности идеям технологического прогресса, которая чужда многим людям (включая меня): политические и исторические причины существующих конфликтов настолько сложны и замысловаты, что ИИ вряд ли под силу учесть их в полной мере.

Еще один футуристический сценарий, рожденный воображением некоторых сторонников идеи о сингулярности, не сулит ничего хорошего для человечества — роботы в нем берут контроль над всем. Согласно этому сценарию, «сверхразумный» ИИ будет стремиться во что бы то ни стало достичь каких-то собственных целей. В результате мы можем оказаться в весьма невыгодном положении. Причем все может обойтись без причинения вреда людям (хотя и такое развитие событий вполне возможно). Но, подобно тому, как большинство людей не заботит судьба муравьев, сверхразумный ИИ может в итоге причинить нам вред или даже уничтожить нас, если мы встанем у него на пути. Например, ИИ, разработанный для производства скрепок, в будущем может переключиться на человеческие тела, используя их как источник атомов металлов: так, железо в нашей крови может стать сырьем для скрепок.

Одним словом, люди резко расходятся во мнениях не только в вопросе о самой возможности наступления сингулярности, но также и в вопросе о том, будет ли это хорошо или плохо для нас. В любом случае нас ждет немало интересного впереди. Но совсем не обязательно верить в сингулярность, чтобы предсказать, что ИИ предстоит захватывающее будущее. Вряд ли кто-нибудь станет спорить, что ИИ шагнет далеко вперед по сравнению с текущим состоянием. Но насколько далеко он сможет шагнуть? Получится ли у ИИ, например, пройти знаменитый тест Тьюринга? В 1950 г. Тьюринг предложил тест, призванный показать, что машины могут думать. По условиям теста программа на основе ИИ должна вести беседу с людьми в течение

пяти минут. Для успешного прохождения 30% участников не должны догадаться, что их собеседник — компьютер. Тест до сих пор не пройден, хотя во многих случаях ИИ удавалось обмануть людей, если они не знали, что их собеседником может быть компьютер.

Каждый год в Блетчли-парк, там, где Тьюринг работал над расшифровкой кода немецкой «Энигмы» во время Второй мировой войны, проводится состязание по прохождению теста Тьюринга (оно транслируется в интернете). Участники борются за Премию Лёбнера: \$2000 получает система, которая показывает лучший результат в конкретном году, приз в \$25 000 ждет «первый компьютер, чьи ответы будет невозможно отличить от человеческих», и награда в \$100 000 достанется создателям человекоподобной системы, наделенной способностью к аудиовизуальному восприятию, а также владеющей языком.

Пока никому не удалось получить заветные \$25 000. Ни одна программа не смогла обмануть судей в 30% случаев, как это требуется по условиям теста. Справедливости ради следует упомянуть, что в 2014 г. одной из программ удалось убедить 33% собеседников в том, что они говорили с человеком. Однако из нескольких вариантов описания возможного собеседника, предложенных организаторами теста, большинство из них выбрали 13-летнего мальчика-украинца. Иными словами, язык (это был английский), на котором с ними общался компьютер, был далек от совершенства. Собеседники-люди закрывали глаза на ошибки и неуклюжие обороты, что было вполне естественно: когда мы общаемся с иностранцами, в особенности с детьми, которые вынуждены говорить не на своем родном языке, мы всегда делаем скидку на их произношение.

Сам собой напрашивается вопрос: «Ну и что?» Допустим, однажды появится система ИИ, которая пройдет тест Тьюринга или даже так называемый расширенный тест Тьюринга, предусматривающий участие робота, обладающего похожими на человеческие способностями к восприятию и двигательной активности. Что это докажет? Будет ли это означать, что компьютеры действительно умеют думать? Будет ли это означать, что они обладают сознанием?

Понятие сознания с трудом поддается определению. Однако мы все-таки можем отделить функциональное сознание от феноменального. Первая из этих категорий охватывает целый ряд психологических дихотомий — бодрствующий / спящий, намеренный / неумышленный, внимательный / невнимательный, доступный / недоступный, осознаваемый / неосознаваемый, отрефлексированный / неотрефлексированный и т.д.

Такие противопоставления носят функциональный характер. У нас есть все основания полагать, что они могут быть понимаемы в терминах обработки информации, а значит — и смоделированы на компьютере. (В настоящее время наиболее любопытной моделью машинного сознания является архитектура LIDA, учитывающая перечисленные выше различия и основанная на получившей широкое признание теории функционирования головного мозга.) Так что в этом смысле некоторые системы ИИ в будущем вполне могут обладать сознанием. Например, применительно к роботу, прошедшему тест Тьюринга, уместно говорить о способности планировать и думать.

Феноменальное сознание, или субъективное переживание квалиа (первичных ощущений — например, боли или красноты чего-то красного), представляется чем-то совершенно иным. Само его существование в преимущественно материальной Вселенной продолжает оставаться метафизическим парадоксом. Изучение природы феноменального сознания считается сложной задачей, так как добиться результата в этом случае куда сложнее, чем при рассмотрении функционального сознания.

Для объяснения квалиа выдвигались самые разные, исключительно спекулятивные решения, иногда кажущиеся абсурдными. Согласно некоторым из них, феноменальное сознание —

такое же фундаментальное свойство Вселенной, как масса или заряд. (Разумеется, это вряд ли дает ответ на вопрос!) Другие обращаются к квантовой физике, используя одну непостижимую загадку для того, чтобы попытаться найти отгадку для другой. А многие просто опускают руки, отчаявшись найти ответ. Один известный философ заявил, что не только никто не имеет «ни малейшего представления о том, как нечто материальное может обладать сознанием», но также и «никто даже не знает, каково это — иметь хотя бы малейшее представление о том, как нечто материальное может обладать сознанием». Словом, тема эта — самый настоящий философский тупик.

Если даже в случае с людьми феноменальное сознание — это непостижимая загадка, вряд ли мы способны судить о возможности его наличия у какой-либо системы ИИ в будущем. Наверняка это предположение само по себе кажется вам смешным. Во всяком случае, я точно не могу относиться к нему серьезно. Но к нему нужно относиться как к интуиции, которую можно просто принять без всяких возражений, а не как к тщательно обоснованному выводу.

Большинство исследователей ИИ — например, специалисты, занимающиеся разработкой архитектуры LIDA, — игнорируют феноменальное сознание. Им оно кажется слишком сложным. Однако есть ряд философов, которые под влиянием ИИ анализируют его в терминах обработки информации.

С их точки зрения, квалиа — внутренние вычислительные состояния, которые реализуются в головном мозге в рамках некой программы или своего рода «виртуальной машины». Эти состояния могут иметь причинно-следственное влияние на поведение (например, вызывать непровольную мимику). Под их влиянием могут меняться другие составляющие процесса обработки информации в сознании (например, мысли о мести в случае причинения кому-либо боли). Существование их возможно только в вычислительных системах с достаточно высоким уровнем структурной сложности. (Поэтому, например, у улиток их, скорее всего, нет.) Доступ к ним имеют лишь определенные сегменты системы. В результате появляется интимность. Кроме того, далеко не всегда их можно выразить словами, то есть описать способом, присущим более высоким уровням сознания, ассоциирующимся с рефлексией. Отсюда — невыразимость. Если подытожить: «Вам не дано прочувствовать мои ощущения от красного цвета. А я не способен в полной мере описать их словами ни вам, ни себе самому».

Если приведенные свойства квалиа соответствуют действительности, в будущем вполне могут появиться системы ИИ с феноменальным сознанием. Так что ставить точку в обсуждении пока еще рано.

Вопрос о том, является ли ИИ благом или, что важнее, будет ли он благом в будущем, также остается открытым. Упомянувшиеся выше поборники сингулярности отвечают на него решительным «да!». Даже если вы, как и я, сомневаетесь, что сингулярность когда-нибудь наступит, мы вряд ли станем спорить, что во многих областях современные технологии ИИ приносят немало пользы. И в будущем пользы от них будет только больше. Это совершенно очевидно. В этой связи кажется вполне уместным говорить об ИИ как о «благе».

Однако ряд тенденций в развитии ИИ вызывает беспокойство. Над некоторыми из них нам стоит серьезно задуматься уже сегодня. Один из очевидных примеров — угроза для рынка труда: дело не только в сокращении количества самих рабочих мест (на рынке как квалифицированного, так и неквалифицированного труда), но и в снижении требований к квалификации, обусловленном тем, что все больше рутинных операций выполняются машинами. В идеальном сценарии подход к организации труда будет пересмотрен таким образом, чтобы люди могли работать рядом с машинами: люди будут делать то, что могут делать только они, а всем остальным будет заниматься ИИ. Но даже в этом случае найдется немало любителей скучной рутинной работы, которым будет непросто адаптироваться к новым

условиям труда. Наверняка появятся новые рабочие места. Но, вероятнее всего, к образованию кандидатов будут предъявляться высокие требования, труднодостижимые для большинства людей — причем даже в самых развитых обществах.

Найдутся те, кто скажет, что без работы можно и обойтись. По их мнению, зарплату смогут заменить некие «универсальные базовые выплаты», право на получение которых будет иметь каждый гражданин. (В ряде стран уже проводятся или планируются пробные программы таких выплат.) Но реализовать эту инициативу не так просто. Где взять налоговую базу, которая позволит обеспечить эту неслыханную социальную щедрость? И что будут делать люди с таким количеством свободного времени? Согласно исследованиям социальных психологов, работа, пускай даже и связанная с неквалифицированным трудом, — это нечто куда большее, чем просто источник дохода.

Еще один яркий пример, а точнее — целая группа примеров, относится к военной сфере. Доставкой бомб к месту сброса уже занимаются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), однако за выбор целей по-прежнему отвечают люди. Будущее, где каждый шаг беспилотника полностью автоматизирован, а цели выбираются машинами, может показаться кошмаром. Речь об этом пойдет в главе, написанной Ноэлем Шарки.

Кроме того, существует большая группа примеров применения ИИ в областях, предполагающих сегодня эмпатическое общение между людьми. Значительные средства вкладываются в исследования, посвященные «компьютерам-сиделкам», «компьютерам-компаньонам» и «робоняням».

Если няня-робот — это просто система контроля состояния ребенка, позволяющая отслеживать фазы сна и реагировать на плач, отправляя соответствующие сигналы человеку, то в этом нет ничего плохого. Но если это еще и система обработки естественного языка, которая должна развлекать и обучать малыша, то о пользе говорить уже не приходится. Даже совместный просмотр «Бэмби» с таким помощником может обернуться громадными проблемами: что сможет сказать ребенку няня-робот в момент убийства мамы Бэмби?

Схожим образом использование систем ИИ (будь то автоматизированное слежение или роботы) для выполнения рутинной повседневной работы в домах престарелых не приводит к особым проблемам. Однако участие таких систем в разговорах на личные темы, включая ситуации, вызывающие в памяти пожилых людей яркие эмоции, может принести куда больше вреда, чем пользы. (Разумеется, в идеальном мире такие способы использования ИИ даже бы не рассматривались. Профессиональные сиделки и социальные работники получали бы достойную оплату и пользовались бы куда большим уважением, чем сейчас, а друзья и родственники пожилых людей не ленились навещать своих родных. Но в реальности все иначе. Так что обольщаться не стоит.)

В настоящее время несколько групп специалистов по всему миру размышляют над этими разнообразными проблемами и пытаются выработать практические меры, направленные на то, чтобы с ними справиться, компенсировать их негативные последствия и обеспечить надлежащий контроль. Над этим работает, например, международный комитет под председательством специалиста по робототехнике, в задачи которого входит осуществление мониторинга — и консультирование — в области разработки роботов (таких, как БПЛА) для военного применения. Подобными вопросами занимаются и группы специалистов по ИИ вместе с представителями государственных органов, осуществляющих надзор за использованием больших данных в различных областях с целью выявления проблем, связанных, например, с нарушением неприкосновенности частной жизни.

Таким образом, нас ждут серьезные перемены. Многие разработки в области ИИ, безусловно, существенно облегчат нам жизнь. Но будут среди них и такие, которые приведут к

непреднамеренным (хотя иногда и прогнозируемым) последствиям, создающим угрозу для важных составляющих жизни людей. Давать полный карт-бланш на разработку ИИ недопустимо.

Квантовые вычисления

Винфрид Хензингер

Мое детство пришлось на начало 1980-х гг., когда использование вычислительной техники в быту только-только становилось привычным делом. Поэтому нет ничего удивительного в том, что своими навыками машинописи я обязан не им, а механической печатной машинке, да и сама жизнь была совсем другой — никаких автоматов по продаже билетов на вокзалах, никакого интернета, никаких смартфонов. С большинством повседневных задач люди справлялись без помощи компьютеров, а многие вещи, которые мы сегодня воспринимаем как нечто само собой разумеющееся, просто не существовали. Образ жизни современных людей очень тесно связан с компьютерами, и вряд ли можно представить себе его без них. Ученые и политики придумали специальный термин для обозначения технологий, с появлением которых наша жизнь меняется: они называют их «дизруптивными». Выбор термина обусловлен тем, что с внедрением таких технологий в жизни людей наступает новый этап, происходит разрыв с прошлым, а изменения носят всеобъемлющий характер. Я думаю, что в ближайшие 10–20 лет мы станем свидетелями появления очередной дизруптивной технологии — квантовых вычислений.

Давайте сразу уточним один момент: квантовые компьютеры — это не просто очень быстрые компьютеры. Более того, они вообще не имеют ничего общего с обычными компьютерами (которые мы будем в дальнейшем называть «классическими», чтобы отличать их от квантовых) и вряд ли будут применяться для решения тех же самых задач, что и привычные нам компьютеры сегодня. Значение этой технологии совсем в другом — благодаря квантовым компьютерам мы сможем справиться с проблемами, о преодолении которых мы прежде не могли даже мечтать: это класс задач, для решения которых даже самым мощным современным суперкомпьютерам понадобились бы миллиарды лет. С появлением квантовых компьютеров перед нами откроются совершенно новые возможности, в результате чего в нашей жизни, скорее всего, произойдут изменения, которые мы просто не можем спрогнозировать. Чтобы понять, в чем заключаются эти возможности, и представить, как они изменят нашу жизнь, лучше всего начать с азов и рассмотреть базовые принципы работы квантового компьютера. Надеюсь, читатель не будет возражать, если я предварю свой рассказ небольшим экскурсом в квантовую физику.

В двух словах квантовая физика — это теория, объясняющая устройство окружающего нас мира. Однако теория эта не совсем обычна. Для начала — она предсказывает, что один и тот же объект может быть обнаружен в одно и то же время в двух разных местах. Да, вам не привиделось: если верить квантовой физике, то теоретически я мог бы сидеть за столом в Брайтоне, работая над этой главой, и одновременно загорать на пляже где-нибудь во Флориде. К сожалению, как бы мне ни хотелось сейчас оказаться где-нибудь подальше от своего стола, данный принцип не распространяется на крупные объекты вроде нас. Однако он достаточно часто наблюдается в лабораториях при изучении поведения отдельных атомов. То есть атом действительно может быть в двух разных местах одновременно. Данный феномен называют «суперпозицией». Сам по себе этот вывод из квантовой теории показался физикам настолько странным, что они провели немало экспериментов, пытаясь опровергнуть его. Но тщетно — эксперимент за экспериментом они получали один и тот же результат, подтверждавший, что все так и происходит.

Для иллюстрации странности поведения кванта приведу вам пример из собственной научной практики. В свое время специалист по квантовой физике Джерард Милберн предсказал возможность движения атома в двух направлениях — вперед и назад — одновременно. Чтобы понять, в чем заключается его идея, представьте, что ваша припаркованная у обочины машина оказалась зажата спереди и сзади двумя другими автомобилями. Вам нужно как-то выехать. Но вместо того, чтобы сначала проехать вперед, ударив машину спереди, а потом отъехать назад, толкнув машину сзади вас, вы ударяете обе машины — и ту, что спереди, и ту, что сзади, — одновременно! Когда я был молодым, эта идея захватила мое воображение. Поэтому собственную научную карьеру я начал именно с этого эксперимента. Приложив немало усилий и проведя в лаборатории не одну бессонную ночь, спустя приблизительно три года нам наконец удалось пронаблюдать данный феномен — одновременное движение атома вперед и назад, представляющее собой пример квантовой суперпозиции.

Несмотря на всю свою экзотичность, суперпозиция далеко не самое странное из того, что изучает квантовая физика! Существует еще один феномен — квантовая запутанность, — который представляется даже более диковинным. Более того, корректно объяснить, в чем он заключается, не прибегая к математическим уравнениям, просто невозможно. Но давайте все-таки попробуем предельно просто сформулировать его суть. Существует возможность связать друг с другом два квантовых объекта (например, два атома) таким образом, чтобы любое воздействие на один из них мгновенно отражалось на втором, даже несмотря на большое расстояние между ними и невозможность непосредственного взаимодействия. Эта особенность квантовой физики совершенно не устраивала Эйнштейна, который называл ее призрачной и предлагал провести опровергающие эксперименты. Вот уже 60 лет физики занимаются проведением таких экспериментов, постоянно совершенствуя свои подходы и стараясь использовать все возможные лазейки, которые только могут прийти им в голову. Однако результат всегда один и тот же: квантовая физика, судя по всему, не ошибается, и странные феномены вроде суперпозиции и запутанности действительно имеют место.

Пока одни исследователи никак не могут свыкнуться со странностями квантовой физики, другие воспринимают их как данность и берутся за решение новых задач. Их интересует, можно ли поставить квантовые эффекты на службу людям, создать новые технологии, реализуя потенциал, заложенный в странных предсказаниях квантовой физики. Идей у них немало. Одна из них, например, связана с созданием нового поколения датчиков, способных с беспрецедентной точностью определять электромагнитные поля или даже измерять саму силу притяжения (одно из возможных применений — поиск трубопроводов под землей). В числе других вариантов использования — квантовая криптография, которая позволит нам безопасно общаться друг с другом, зная, что на страже нашего покоя стоят сами законы физики, гарантирующие, что никто и никогда не сможет узнать содержание нашей переписки.

Во всех приведенных примерах используются захватывающие технологии, которые имеют все шансы оказать существенное влияние на нашу жизнь. Однако, как мне кажется, именно квантовые вычисления — та технология, которая принесет с собой наиболее радикальные (и при этом трудно поддающиеся осознанию) изменения. Поэтому позволю себе пояснить более подробно, в чем заключается ее новизна и сила.

Квантовая механика объясняет, как из движения атомов и взаимодействий между ними рождаются все известные нам свойства материи во Вселенной, включая цвет объекта, его прочность, тепло- и электропроводимость. Она также объясняет, как в результате взаимодействия атомов в нашем организме мы получаем возможность видеть, ощущать запахи и вообще взаимодействовать с миром вокруг нас. Это невероятно мощная теория.

Но есть одна большая проблема: квантово-механические процессы чрезвычайно трудно описывать и рассчитывать с помощью обычных компьютеров. Более того, большинству

современных компьютеров просто-напросто не по зубам практически любая проблема из области квантовой механики, так как для проведения вычислений в рамках квантовой физики с высокой степенью точности требуется колоссальная вычислительная мощь. На поиск решения многих по-настоящему интересных проблем с помощью классических компьютеров уйдут миллиарды лет. Поэтому работа ученых по всему миру сегодня по большому счету сводится к созданию таких крайне упрощенных моделей квантовых процессов, чтобы их можно было обсчитывать на существующих компьютерах. Однако, если сравнивать с точным решением соответствующей задачи квантовой физики, расчеты, выполненные по таким неизбежно упрощенным моделям, никогда не дают точной картины исследуемых процессов. Это, в свою очередь, означает, что мы упускаем колоссальные возможности — ведь мы могли бы разработать новые лекарственные препараты, создать новые материалы, понять, как происходит фолдинг белка, а также контролировать и понимать биологические процессы. И это только начало списка возможных вариантов применения! Решение таких проблем может быть по плечу квантовому компьютеру, так как сам принцип его работы напрямую связан с причудливыми особенностями квантовой механики, что обеспечивает возможность точного моделирования сложных систем, основанных на квантовой физике! Мы только начинаем осознавать, насколько революционными могут быть последствия внедрения квантовых компьютеров. Возможно ли сейчас ответить на вопрос о том, к каким прорывам в понимании физических систем и контроле над ними может привести применение квантовых компьютеров? К сожалению, мы можем только предполагать. Впрочем, с помощью квантовой физики вполне реально объяснить работу любой физической системы и различные ее особенности. Не нужно иметь научную степень по физике, чтобы понять таящиеся в ней поистине безграничные возможности. Более того, ничего похожего на квантовые компьютеры для осмысления реальности до сих пор никогда не использовалось, а значит, они способны радикально изменить наше понимание Вселенной и даже самой жизни.

Звучит захватывающе! Однако есть еще одна сфера применения квантовых компьютеров, которая может иметь не менее серьезное влияние на нашу жизнь. Чтобы понять, о чем идет речь, лучше всего начать с небольшого рассказа о том, как работают классические вычислительные системы. Все последние 30 лет вычислительная мощь компьютеров непрерывно растет, приблизительно удваиваясь каждые 18 месяцев. Эту закономерность называют «законом Мура». Главным фактором этого роста является миниатюризация транзисторов, из которых состоит процессор компьютера. Казалось бы, такое непрерывное наращивание вычислительной мощи не может не впечатлять. Однако некоторые задачи настолько сложны, что даже лучшим из существующих сейчас компьютеров понадобится слишком много времени, чтобы справиться с ними. В качестве примеров таких задач можно привести прогнозирование погоды и определение оптимальной стратегии инвестирования на рынке ценных бумаг для получения максимальной прибыли. Еще один возможный вариант применения — расчет оптимального маршрута, который бы позволил курьерской компании доставить сразу несколько посылок по разным адресам за одну поездку. С ростом степени сложности задач (увеличением числа доставляемых отправок или временного диапазона при построении прогноза погоды) увеличивается и количество параметров, необходимых для моделирования.

Потому-то классические компьютеры и не могут довести вычисления до конца — им просто не хватает для этого вычислительных ресурсов.

У квантовых же компьютеров это вполне может получиться. В классическом компьютере информация кодируется бинарными битами, каждый из которых может быть равен только либо нулю, либо единице. Таким образом, информация, которая должна быть обработана процессором (например, число), представляется цепочкой битов. Давайте для примера возьмем два бита. Представим, что у нас есть комбинация 01 (двоичное представление единицы) и 10 (двоичное представление числа 2). Допустим, что эти два числа передаются

Самый важный компонент — физическая система, демонстрирующая квантовое поведение. Ведь, чтобы наш компьютер работал, нам понадобятся такие квантовые феномены, как суперпозиция и квантовая запутанность. Хорошая новость в том, что это дает нам определенную свободу выбора, так как квантовые эффекты присущи любой физической системе. Недаром при обсуждении первых проектов квантовых компьютеров ученые предлагали использовать самые разные физические системы. Среди них были, например, кремниевые пластины с атомами других элементов, образующих на поверхности пластины примеси, которые затем хранили квантовые биты, отдельные электроны, перемещающиеся в гелии, заряженные атомы (ионы), сверхпроводящие цепи, фотоны и множество других систем. Было рассмотрено бесчисленное количество идей.

Несмотря на то что во всех этих системах, конечно же, проявляются квантовые эффекты, самое трудное — это научиться полностью их контролировать, чтобы иметь возможность воспроизводить данные эффекты тогда, когда это необходимо. Физики обладают богатым опытом наблюдения необычных феноменов, предсказываемых квантовой механикой. Но управлять ими чрезвычайно трудно. Отчасти это объясняется тем, что такие эффекты прекращаются при первом же нежелательном взаимодействии (как раз по этой причине мы и не можем наблюдать нахождение двух крупных объектов, таких, например, как люди, одновременно в двух разных местах). Конечно, мы до сих пор продолжаем исследовать многие физические системы, и, возможно, среди них найдутся такие, которые вполне могут предложить идеальную архитектуру квантового компьютера в будущем. На данный момент существует два основных претендента на эту роль. В изучении каждого из них уже были достигнуты впечатляющие результаты, благодаря чему мы сегодня уже можем говорить о возможности построения полномасштабного квантового компьютера.

Один из кандидатов предполагает использование квантового феномена под названием «сверхпроводимость». Причем, чтобы квантовый компьютер с такой архитектурой работал, его придется охладить до температуры, близкой к абсолютному нулю (-273°C).

Для пары кубитов сделать это нетрудно, но, если речь идет о миллиардах кубитов, инженерная составляющая становится куда более сложной.

Второй претендент, представляющий собой физическую систему с оптимальными на данный момент показателями, — удерживаемые в ловушках ионы, которые могут выполнять свои функции при комнатной температуре, а в некоторых случаях требуют «умеренного» охлаждения (до -196°C , температуры сжиженного азота). Всего несколько месяцев назад группа исследователей под моим руководством в Университете Сассекса при участии ряда выдающихся ученых из компании Google, Орхусского университета, японского Института физико-химических исследований (RIKEN) и Зигенского университета опубликовала первый в истории проект полнофункционального квантового компьютера, предусматривающий использование захваченных ионов. И как раз сейчас мы занимаемся созданием такого устройства в Университете Сассекса.

Давайте рассмотрим чуть подробнее принцип работы квантового компьютера с использованием захваченных ловушками ионов. Каждый ион — это один кубит. Внутри каждой удерживающей ион ловушки — глубокий вакуум, что исключает для всякого хранящего кубит атома любые столкновения или какое-либо иное взаимодействие с другими атомами системы. Ионы удерживаются внутри ловушек электростатическим полем, создаваемым электродами, которые соединены со специально спроектированными для этой цели микрочипами. Electroды создают поле, по своей структуре напоминающее сеть со множеством пересечений, что-то вроде обширного лабиринта из игры PACMAN. Меняя напряжение на электродах, можно заставить ионы двигаться по лабиринту. Пересекая эквипотенциальные поверхности, ионы попадают из области, служащей памятью, в области квантовых вентилях, где над ними производятся квантовые логические операции. Обычно

такие операции выполняются с помощью отдельных пар лазерных лучей, которые должны быть выровнены относительно друг друга с точностью до микрометра. В этом случае для вычисления потребовалось бы столько же пар лазерных лучей, сколько кубит в нем задействовано, то есть потенциально — миллиарды. Работу этого метода на примере нескольких ионов представить еще можно. Такие эксперименты проводились. Но представьте, какие инженерные решения понадобятся для того, чтобы создать квантовый компьютер с миллиардами таких пар лазеров, способных обеспечить миллиарды ионов!

К счастью, не так давно нам удалось найти новый подход, позволяющий обойтись вообще без лазерных лучей — их функцию выполняет меняющееся напряжение микрочипа. Это существенно упрощает задачу построения полноценного квантового компьютера. В своем описании проекта будущего квантового компьютера мы постарались подробно осветить все инженерные задачи, с которыми необходимо справиться. Мы решили не полагаться на будущие открытия в физике. Мы собрали то, что позволит нам сконструировать и построить полноценный квантовый компьютер уже сейчас. Поэтому задуманная нами машина будет не так хороша, как нам бы хотелось. Она будет большой (размером со здание или, возможно, даже с целое футбольное поле), очень дорогой, да и к тому же на ее строительство может уйти 10–15 лет. Однако явных препятствий со стороны фундаментальной физики, которые могли бы помешать нам построить такую машину, уже нет. Из сказанного выше со всей очевидностью следует вывод о том, что до создания компактных квантовых компьютеров для домашнего использования еще очень и очень далеко. Впрочем, наверное, это не так уж и страшно. В конце концов, первые классические компьютеры также не были маленькими — для их размещения требовалось целое здание. В эпоху облачных технологий кажется куда более практичным разместить квантовый компьютер в одном месте и предоставить удаленным пользователям возможность пользоваться им для вычислений.

В связи с этим было бы логично задаться вопросом о текущем состоянии дел в сфере коммерческих квантовых вычислений. Канадская компания D-Wave пошла на смелый шаг, выйдя на рынок с технологией, которую она называет «квантовым компьютером». Многие физики отнеслись к этому заявлению скептически. Если судить по результатам недавних исследований, в работе машины, имеющейся у D-Wave, действительно определенную роль играют некоторые квантовые процессы. Однако я не видел никаких доказательств, что эти машины когда-нибудь смогут стать универсальными квантовыми компьютерами — в том смысле, что на них можно будет полноценно запускать все те приложения, которые были теоретически спроектированы для квантового компьютера. Все дело в том, что физические объекты, используемые в машине D-Wave для хранения и обработки информации, не обладают теми же возможностями, что и, например, ионные ловушки. Как таковые машины D-Wave могут рассматриваться как компьютеры, предназначенные для решения лишь определенного класса задач и не обеспечивающие достаточной гибкости, которая позволила бы им когда-либо превратиться в универсальный квантовый компьютер. Пусть это звучит и не слишком впечатляюще, но для такой машины могут быть созданы свои очень интересные приложения.

Построение универсального квантового компьютера считается одной из самых заветных целей науки. Одновременно с этим есть немало крупных компаний, которые проявляют интерес к разработке теории квантовых вычислений, осознавая, что сама причастность этих компаний к данной технологии может иметь решающее значение для их выживания. В качестве примеров могут служить компании IBM, Google и Microsoft, а также некоторые стартапы — такие, например, как IonQ. Кроме того, работа по созданию квантовых компьютеров и выводу их на рынок ведется в ряде университетов. Можно утверждать, что к настоящему времени большинство известных барьеров на пути к построению квантового компьютера преодолены. Однако с инженерной точки зрения эта задача по-прежнему остается весьма непростой. Так что нам предстоит ждать появления первых

полномасштабных машин еще одно-два десятилетия. В процессе работы над ними, несомненно, будут появляться различные технологические решения. Возможности, открывающиеся благодаря этой технологии, настолько велики, что с ее появлением мир может измениться до неузнаваемости, и нам исключительно повезло быть частью поколения, которому, скорее всего, суждено стать свидетелем чудесных результатов ее применения.

СОЗДАВАЯ БУДУЩЕЕ

Техника, транспорт, энергетика

12

«Умные» материалы

Анна Плошайски

Представьте, какой была бы жизнь, если бы ваши вещи могли чувствовать, реагировать, двигаться, адаптироваться, трансформироваться и ремонтировать сами себя без посторонней помощи. В будущем все это станет реальностью: обычные предметы будут выполнять полезную работу для нас без нашего участия и без использования каких-либо элементов робототехники или электроники. Их функции будут определяться «умными» материалами, из которых они будут сделаны. Речь идет об объектах, свойства которых — такие как цвет, форма или магнетизм — меняются сами по себе в ответ на внешние стимулы, включая воздействие света, температуры, усилия и влаги. Тема эта поистине безгранична. В течение своей жизни нам предстоит стать свидетелями того, как умные материалы заполнят все вокруг: на крышах зданий, меняя их цвет для регулировки температуры внутри, в переносных дисплеях, в человекоподобных роботах или даже в самооткрывающихся банках с консервированной фасолью внутри.

Умные материалы не являются чем-то новым. В природе они появились задолго до нас: например, сосновые шишки закрываются во время дождя, а растения тянутся к источнику света. Умные материалы сопровождают нас на всем протяжении истории: 4500 лет назад строители пирамид в Гизе использовали для внешней отделки самовосстанавливающийся известковый раствор. Но впервые само понятие «умного» материала было введено учеными в 1880 г. Поводом для этого послужило открытие, совершенное братьями Пьером и Жаком Кюри — мужем и деверем Марии Кюри. Они обнаружили, что при сжатии кристалла кварца, широко распространенного прозрачного минерала, входящего в состав гранита, между его гранями возникает электрическое напряжение. Годом позже они доказали, что данный эффект проявляется и при обратном воздействии: подача напряжения на грани кристалла приводит к его деформации. Они обозначили данный эффект термином «пьезоэлектричество» — от греческого слова «пьеzo», означающего «давить», и слова «электрон», что означает «янтарь» — материал, электрические свойства которого были известны еще в древности. Впервые пьезокристаллы были использованы во время Первой мировой войны в гидролокационном оборудовании. Сегодня они применяются во многих сферах — от зажигалок и микрофонов до часов и аппаратов УЗИ.

Революционное открытие братьев Кюри заставило ученых-материаловедов, инженеров и изобретателей пересмотреть подходы к разработке материалов, результатом чего стало появление целого класса новых «умных» материалов. Сегодня количество запатентованных изобретений, в которых они используются, исчисляется уже миллионами. Если отвлечься от частных случаев, все «умные» материалы можно распределить по шести категориям в

соответствии с теми функциями, которые они выполняют: изменение цвета, распознавание состояния внешней среды, перемещение, нагрев и (или) охлаждение, самовосстановление и изменение фазового состояния (замерзание и плавление). Ну и конечно же, «умные» материалы можно встретить не только в научно-фантастических мирах или лабораториях: большинство людей уже знакомы с некоторыми из них — например, с фотохромными очками, которые затемняются под воздействием солнечного света, или с термохромными кружками, которые меняют свой цвет, стоит налить в них горячий кофе.

Благодаря умным материалам поездка на футуристическом умном велосипеде превратится в беззаботное путешествие — велосипедисту больше не нужно будет думать о выбоинах на дорогах, бояться проколов или беспокоиться за состояние краски. А с появлением одежды, которая быстро реагирует на изменение температуры тела или начавшийся дождь, вы сможете ездить на велосипеде в любую погоду. Если ночь застанет вас в дороге, путь вам будет освещать дорожное покрытие, получающее энергию от давления на него проезжающих транспортных средств. Случись вам упасть и порвать одежду, она — ведь это будет умная одежда — сама себя восстановит, пока вы отдыхаете на обочине.

Для путешествий на дальние расстояния вы сможете воспользоваться футуристическим самолетом, который будет больше походить на птицу, чем на современный лайнер. Самолеты будут менять свою форму в зависимости от внешних условий, обеспечивая максимальный комфорт пассажирам. Новые лайнеры не только побьют все рекорды скорости, но при этом еще и будут расходовать меньше топлива — и все благодаря умным материалам. Вот что ждет мир вещей в будущем — жить в нем точно будет интересно.

Всего лишь велосипед

«Планируемое старение» — этим термином обозначают усилия производителей по ограничению срока службы продукции с целью стимулирования новых продаж — наряду с непригодными для ремонта товарами способствует все большему распространению культуры потребления и отношения к вещам как к чему-то одноразовому. Несмотря на универсальную конструкцию и изначально заложенную в нее возможность замены всех деталей, обеспечивающую практически 100%-ную ремонтпригодность, даже любимый всеми велосипед рано или поздно приходит в негодность: с него сходит краска, детали начинают ржаветь, а шины теряют герметичность. Но в будущем умные материалы спасут наши велосипеды от свалки.

Самовосстанавливающаяся краска содержит полимерное вещество, заключенное в крошечные микросферы, которые лопаются при повреждении поверхности. Стоит поцарапать такую краску, как полимер высвобождается и заполняет царапину, автоматически устраняя дефект. Для производства самовосстанавливающихся покрышек можно использовать вулканизированную резину, измененную таким образом, чтобы вдоль длинных молекулярных цепочек выстраивались заряженные частицы (ионы). Противоположно заряженные части смежных молекул будут притягиваться друг к другу, образуя сильные связи и тем самым повышая прочность и долговечность самого материала. В случае увеличения расстояния между молекулами в результате пореза запустится процесс спонтанной перестройки связей, в основе которого лежит тот простой факт, что противоположные заряды притягиваются. В современных проколостойких покрышках применяются специальные герметизирующие материалы с адгезивными свойствами, которые закладываются под протектор и заполняют собой места порезов и проколов. Устройство самовосстанавливающейся умной резины иное — оно предполагает использование всего одного компонента, способного многократно восстанавливаться.

Если оставить современный велосипед под дождем на длительное время, на подверженных воздействию влаги частях обязательно появится ржавчина. При этом поверхность металла становится более щелочной. Умные фотохромные материалы меняют свой цвет в случае

изменения уровня pH во внешней среде подобно лакмусовой бумаге. Самый распространенный пример — фенолфталеин, который окрашивается в розовый цвет в щелочной среде. Галохромное покрытие на любой детали — от деталей велосипеда до пролета моста — позволит эффективно выявлять коррозию на ранних стадиях и принимать меры по борьбе с ней еще до того, как она причинит серьезный ущерб.

NASA продвинулось в разработке антикоррозионных покрытий дальше остальных, создав умную краску, которая не только указывает на коррозию, но еще и содержит микрокапсулы, из которых в ответ на контакт со щелочной средой высвобождаются масляные ингибиторы коррозии, останавливающие ее в самом зародыше. Возможность борьбы с коррозией без вмешательства со стороны может оказать большое влияние на экономику страны: в это трудно поверить, но, например, в Великобритании коррозия ежегодно причиняет ущерб приблизительно в 3% ВВП, что составляет £60 млрд.

Вполне вероятно, что в скором времени мы сможем поблагодарить братьев Кюри и открытые ими умные пьезоэлектрические материалы за новое поколение уличных фонарей, дорожных знаков и светофоров, которые будут получать энергию от дорожного покрытия. Когда сегодня нужны пьезоэлектрические свойства, чаще всего используется искусственный керамический материал под названием «цирконат-титанат свинца». Атомы данного материала образуют асимметричную кристаллическую структуру, поэтому при сжатии возникает электрическое напряжение. Обычно, когда люди слышат слово «кристалл», в их сознании возникает образ сверкающих прозрачных драгоценных камней. Но для ученого-материаловеда кристаллы — это твердые вещества, атомы которых ряд за рядом упаковываются в трехмерную циклическую структуру. Большинство драгоценных камней действительно кристаллы, но не они одни — металлы, глина, лед, горные породы и некоторые виды пластика также состоят из кристаллов. Элементарная ячейка из атомов, которая до бесконечности повторяется в структуре кристаллов, у большинства из них и сама по себе симметрична: то есть совмещается сама с собой при поворотах или при отражении. В кристаллах с пьезоэлектрическими свойствами элементарные ячейки асимметричны. В обычных условиях заряды в узлах решетки пьезоэлектрического кристалла компенсируют друг друга: отрицательный заряд в одной уравнивается положительным зарядом в соседней. Однако при сжатии или растяжении узлы асимметрично упорядоченной структуры смещаются таким образом, что заряды перестают компенсировать друг друга. В результате одна грань элементарной ячейки оказывается положительно заряженной, другая — отрицательно. При сжатии или растяжении миллионов элементарных ячеек всего кристалла электрическое напряжение на его гранях становится вполне заметным. Если включить такой пьезоэлектрический кристалл в электрическую цепь, то вырабатываемое им напряжение можно использовать для практических нужд. Например, при размещении таких материалов под полотном дороги можно получать электрический ток, возникающий при сжатии пьезоэлектрика под тяжестью проезжающих по асфальту автомобилей. Этим током можно заряжать батареи и использовать накопленную в них энергию, например, для освещения дороги. Ряд пилотных проектов по изучению возможности реализации таких систем уже демонстрируют многообещающие результаты. Причем с помощью данной технологии можно получать электричество даже с обувных подошв.

Благодаря самовосстанавливающемуся бетону — умному материалу, который способен выявлять дефекты и устранять их без постороннего вмешательства, — в будущем проблема выбоин и ям на дорогах перестанет быть головной болью для велосипедистов, автомобилистов и чиновников местных органов власти. Образование трещин в бетоне происходит из-за воздействия находящейся в атмосфере влаги и дождей. В самовосстанавливающемся бетоне содержатся ингредиенты, которые при контакте с водой заполняют собой трещины. Одним из примеров такого заполнителя является добавка на основе глины, в состав которой также входят бактерии в анабиозе и лактат кальция —

вещество, знакомое каждому, кто надолго оставлял сыр в холодильнике, а через некоторое время наблюдал на его поверхности кристаллы белого цвета. Под воздействием воды бактерии выходят из анабиоза, поглощают лактат кальция и выделяют известняк, который заполняет трещину и предотвращает дальнейшее разрушение. Этот материал можно использовать на дорогах, в зданиях и иных сооружениях. Особенно полезен он может быть в тех частях мира, где отмечается повышенная сейсмическая активность.

В условиях холодного климата велосипедистам нужна одежда, способная адаптироваться к теплу, выделяемому телом: при больших физических нагрузках во время езды на велосипеде она должна обеспечивать хорошую вентиляцию, а в обычных условиях — сохранять тепло. Для решения этой проблемы могут быть использованы полимеры с памятью формы, быстро меняющие ее при нагреве. Полимеры — это материалы, молекулы которых состоят из большого количества атомов, соединенных в длинные цепочки. Примеры полимеров — это резина, пластмассы и такие вещества природного происхождения, как белки. Свою исходную форму, ту, которую он «запоминает», полимер получает в процессе производства. На последнем этапе такой материал нагревается, ему придается другая, временная, форма, после чего он охлаждается. Временную форму он сохраняет до того момента, когда он будет нагрет до температуры перехода в пластическое состояние. После этого он восстанавливает свою исходную форму. Каждый раз, когда материал нагревается или охлаждается до определенной температуры, он принимает одну из форм, находящихся в его «памяти». В будущем в качестве подстежки в куртках для велосипедистов можно было бы использовать мягкий полимер с памятью формы, который будет удерживать воздух подобно спальному мешку при низких температурах, а во время повышенной физической активности — сжиматься, чтобы обеспечивать отток выделяемого телом избыточного тепла.

Аналогичным образом ведут себя чувствительные к влаге полимеры — только они меняют свою форму при контакте с водой. Когда он сухой, такой полимер остается жестким, но стоит материалу вступить во взаимодействие с водой, которая выступает в данном случае в качестве пластификатора, как он размягчается. Из подобных полимеров можно получить ткань с миниатюрными влагочувствительными чешуйками, которые в сухом состоянии располагаются под прямым углом к волокнам, что обеспечивает оптимальную воздухопроницаемость. Стоит пойти дождю, чешуйки размягчаются, опускаются и накладываются друг на друга, образуя водонепроницаемый слой.

Все мы хорошо знакомы со свойствами нашей кожи, обеспечивающими ее восстановление при повреждении. Они бывают полезными, например, при падении с велосипеда. Благодаря самовосстанавливающимся текстильным изделиям в будущем то же самое может происходить с нашей порванной одеждой. В составляющих ее тканях будет содержаться необычный ингредиент — специальный белок, который в своей природной форме встречается в зубчиках на присосках щупалец кальмаров и который может быть синтезирован в лабораторных условиях. Когда ткань рвется, данный белок обеспечивает формирование новых химических связей по обеим сторонам разрыва. Таким образом, менее чем за минуту ткань сама себя «зашивает» — достаточно лишь добавить воду и сдавить место разрыва. Так что любителям велосипедных прогулок больше не придется заботиться о порванной одежде. Жаль, что душевные травмы так быстро не исцелить.

Летательный аппарат будущего

Более 500 лет назад, за несколько столетий до того, как людям в голову пришла идея самого обычного велосипеда, в воображении Леонардо да Винчи родился образ летательного аппарата, вдохновленный полетами животных. Придуманная им конструкция предполагала использование скрепленных шарнирами гибких крыльев из дерева и шелка, которыми можно было бы махать так же, как это делают птицы или летучие мыши. Хотя современные самолеты отчасти сохраняют сходство с двухкрылым изобретением Леонардо, они имеют

жесткий каркас с небольшим количеством подвижных деталей, которые к тому же перемещаются в строго заданных рамках. Заглядывая в будущее, можно предсказать, что благодаря умным материалам мы сможем преодолеть ограничения, накладываемые жесткостью существующих вариантов конструкции, вернувшись к чертежной доске Леонардо, чтобы воплотить его идею о летательном аппарате, который был бы прочным и гибким, а также мог распознавать особенности окружающей среды и адаптироваться к ним.

Во время полета самолет подвергается действию множества различных сил, с которыми традиционное жесткое крыло зачастую справляется далеко не лучшим образом. В будущем у самолетов могут появиться крылья, поверхность которых будет становиться то плоской, то выпуклой с целью достижения оптимальной подъемной силы аэродинамического профиля. Они будут складываться, удлиняться, скручиваться или прижиматься к фюзеляжу в соответствии с особенностями разных стадий полета. Благодаря этой способности адаптироваться в реальном времени удастся уменьшить сопротивление воздуха и повысить маневренность, что позволит сократить длину разбега перед взлетом и добиться оптимальных аэродинамических показателей непосредственно в воздухе, в условиях полета. В результате самолеты станут еще комфортнее для пассажиров, время полета сократится, а потребление топлива — уменьшится.

Чтобы такой самолет стал реальностью, придется задействовать всю палитру умных материалов. Детали, которые приводят крылья в движение, будут сделаны из сплавов с памятью формы — например, из нитинола, сплава никеля и титана, способного принимать две разные заданные формы в зависимости от температуры. Также в их конструкции будут активно использоваться легкие материалы, способные изменять свою форму, такие, например, как электроактивные полимеры, которые расширяются и сжимаются при подаче и снятии электрического напряжения. Важное значение будут иметь и полимеры с памятью формы — из них будет состоять внешнее покрытие самолета, так как они могут сочетать прочность и жесткость, без которых не справиться с аэродинамическими силами, с чрезвычайной эластичностью и гибкостью, обеспечивающими изменение формы крыла.

Многие из перечисленных «умных» материалов будут также выполнять роль датчиков. Например, пьезоэлектрические материалы и электроактивные полимеры в ответ на физическое воздействие вырабатывают электрические сигналы, которые можно измерить.

Показатель преломления оптических волокон меняется в зависимости от температуры или под воздействием внешней силы, поэтому в конструкции самолета они могут быть использованы не только в качестве прочного и жесткого, но при этом легкого композитного материала, но еще и обеспечивать контроль повреждений и динамической нагрузки во время полета. Эти «умные» композитные материалы можно использовать повсюду — от зданий из «умного» бетона, предупреждающих инженеров о вероятных точках возникновения повреждения, до гибкой электроники.

Благодаря композитам, в которых используется эффект квантового туннелирования, летательные аппараты будут обладать такой же тактильной чувствительностью, как люди. Речь идет об «умных» материалах, которые при сжатии превращаются из изоляторов в проводники. Они заключают в себе мягкую резиновую матрицу, содержащую небольшие частицы никеля. Матрица выступает в качестве электроизолятора: в неактивном состоянии проводящие частицы никеля находятся слишком далеко друг от друга, чтобы композит мог проводить электричество. Но стоит сжать материал, переведя частицы никеля в активное состояние, как они тут же, сближаясь, оказываются на таком расстоянии, что электроны проводимости в никеле могут туннелировать через изолятор, превратив тем самым изолятор в проводник. В квантовой механике местоположение электрона описывается не точными его координатами, а амплитудой вероятности обнаружить электрон в той или иной точке. Когда электрон в частице никеля приближается к барьеру, образуемому изолятором между двумя

близко расположенными частицами никеля, амплитуда вероятности обнаружить его с другой стороны барьера, хотя и незначительна, но все же не нулевая. Согласно квантовой механике при достаточно большом количестве электронов, пытающихся оказаться по ту сторону изолирующего барьера, и ненулевой вероятности успешно сделать это некоторым из них действительно везет и они попадают на другую сторону. Эти экзотичные «умные» материалы уже используются в роботах NASA, помогая им определять оптимальное усилие при захватывании объектов. Кроме того, они могут использоваться для разработки нового поколения сенсорных экранов и протезов с возможностью передачи тактильных ощущений для людей с ампутированными конечностями.

Пища для размышления

Эффективность каждого из рассмотренных в данной главе «умных» материалов была подтверждена на тестовых стендах в лабораторных условиях. Однако существует ряд проблем, которые необходимо решить, прежде чем мы сможем использовать их в повседневной жизни. Во многих случаях время отклика материала на воздействие все еще слишком велико. Некоторые материалы слишком хрупкие или нестабильные. Кроме того, их эффективность может со временем снижаться. Да и сама по себе задача включения таких материалов в конструкцию существующих устройств — далеко не самая простая. Часто возникают проблемы с контролем воздействия стимула, заставляющего материал перейти в другое состояние. Некоторые из материалов токсичны и, как это часто случается с новыми технологиями, имеют чрезмерно высокую стоимость. Также в числе факторов, сдерживающих их широкое применение в настоящее время, — сложность производства и недостаток сырья.

Но я настроена оптимистично, так как верю, что многие из этих проблем будут преодолены в ходе дальнейших исследований, и, подобно тому, как интернет полностью изменил то, как мы взаимодействуем с информацией, «умные» материалы вполне могут перевести на совершенно новый уровень наше взаимодействие с материальным миром. Согласно определению, объект — лишенная способности думать вещь, над которой совершают какие-либо действия. Даже «умные» материалы сами по себе — своего рода актеры одной роли, перескакивающие из одного состояния в другое в зависимости от наличия соответствующего стимула. Но если собрать их вместе и построить из них самолет, способный вырабатывать и накапливать энергию, распознавать и ощущать самого себя и окружающую среду, самоорганизовываться и самовосстанавливаться, адаптироваться к текущей среде и взаимодействовать с подобными себе, то объекты сразу превращаются в нечто куда более живое.

Поэтому с появлением и внедрением «умных» материалов перед нами встают новые серьезные вопросы. А действительно ли они изменят нашу жизнь в лучшую сторону? Стоит ли нам усложнять простые объекты ради собственного комфорта и удобства, если для их производства, эксплуатации и утилизации нам придется расходовать больше ценной энергии и дефицитных ресурсов? А что, если благодаря им мы сократим потребление энергии и ресурсов? И в этом случае мы снова сталкиваемся с новыми проблемами: самовосстанавливающиеся «умные» материалы значительно усложнят жизнь производителям и продавцам, так как сроки службы товаров увеличатся. Смогут ли наша экономика адаптироваться к этим изменениям? Будут ли «умные» технологии доступны только элите? Если мы станем использовать «умные» материалы для автоматизации собственной жизни, рискуем ли мы оказаться в зависимости от них и утратить способность мыслить критически и независимо? Через артефакты материалы рассказывают историю человечества. Придет время, когда от нас не останется ничего, кроме музейных экспонатов, состоящих из «умных» материалов, являющихся сегодня последним словом науки и техники. Что они расскажут о нас?

По моему мнению, положительный эффект от внедрения «умных» материалов в жизнь людей по всему миру намного превышает все возможные трудности и негативные последствия. Например, материалы, из которых будут строить самолеты, можно будет использовать для создания управляемых мозгом подвижных самовосстанавливающихся протезов с возможностью передачи тактильных ощущений для людей с ампутированными конечностями. Если адаптивные текстильные изделия и самовосстанавливающиеся объекты инфраструктуры способны снизить негативное влияние последствий изменения климата, которые все труднее прогнозировать, в тех регионах мира, где это влияние ощущается наиболее сильно, то такие технологии точно достойны внимания. Наши отношения с материалами носят интимный, сложный характер. Они способны многое рассказать о том, какие мысли и идеи доминировали в умах людей в определенную эпоху. Я надеюсь, что, когда нас не станет, по этим «умным» материалам можно будет сделать вывод о способности человечества адаптироваться к новым, зачастую враждебным, условиям окружающей среды, не пасовать перед ними и оперативно реагировать на изменения. Таким образом, в этом смысле само человечество можно уподобить таким материалам.

13

Энергия

Джефф Харди

Я должен кое в чем признаться. Я — настоящий фанат энергии. Меня сводит с ума буквально все, что связано с ней — от новейших научных разработок, таких, например, как преобразование энергии движений человека в электрическую энергию, до совершенно обыденных вещей вроде самого простого газового котла. Этим я сильно отличаюсь от большинства людей. Ведь мало кто из нас взаимодействует с энергией напрямую — для большинства она, скорее, базовая составляющая повседневности, чем то, что обязательно должно появиться, стоит нам щелкнуть выключателем. Несколько иначе дело обстоит в развивающихся странах, где 2 млрд людей могут только мечтать о постоянном доступе к энергии. В будущем нам придется пересмотреть свое отношение к энергии — наше стремление удовлетворить потребность в ней входит в противоречие с целями по сокращению последствий изменения климата и иных ограничивающих факторов. Несомненно то, что энергия — и, в особенности, поиск возобновляемого источника «чистой» энергии — будет в числе главных вопросов, на которые человечеству придется искать ответы в будущем. Страх перед неопределенностью должен смениться готовностью принять ее: в этой главе речь пойдет о захватывающем будущем энергии и о том, что у всех нас есть немало поводов для оптимизма.

Энергия и парниковые газы

Вы, должно быть, уже прочитали написанную Джулией Слинго главу об изменении климата (глава 3). Так что вы уже знаете, насколько важно сократить выбросы парниковых газов по всему миру. По данным Международного энергетического агентства, на производство и потребление энергии приходится две трети всего мирового объема выбросов парниковых газов. Раз энергетика — это главная виновница возникновения проблемы, возможность ее решения также во многом зависит от нее.

Как нам уйти от углеродных источников энергии? Ответ обманчиво прост — перестать сжигать ископаемые виды топлива. На практике, разумеется, все далеко не так просто — ведь жизнь людей сегодня немыслима без ископаемых видов топлива, которое питает наше существование в буквальном смысле этого слова. Было бы несправедливо заставлять людей перестать делать то, к чему они привыкли, пока мы наконец не найдем альтернативу. К тому же это вряд ли добавит популярности политикам. Не менее несправедливо было бы

сдерживать развитие стран, где доступ к энергии ограничен, даже если такое развитие основывается на использовании углеводородного сырья. Поэтому нам нужен конструктивный план по снижению зависимости от данных видов топлива.

Во-первых, мы должны стать экономнее. Самый дешевый способ сократить выбросы парниковых газов — вообще не сжигать ископаемое топливо. Мы в Великобритании, как и жители других стран, растрачиваем впустую большой объем энергии. Например, две трети энергии, расходуемой для обеспечения нас электричеством, теряется напрасно в процессе его генерации и в линиях электропередачи. Аналогично и плохая теплоизоляция зданий приводит к потерям тепла. Так почему же, несмотря на очевидность мер, которые бы помогли нам экономить энергию, и очевидную пользу такой экономии, мы никак не можем научиться делать это? Отчасти причина в том, что людям просто-напросто нет особого смысла в эффективном энергопотреблении, и материальные стимулы (например, гранты и субсидии) на большинство не оказывают нужного воздействия. Есть еще и другая сторона проблемы: если, экономя энергию, люди и тратят на нее меньше денег, к ожидаемому эффекту это не приводит — сэкономленные таким образом средства идут на что-то другое, требующее расхода энергии и приводящее к выбросу в атмосферу парниковых газов. Например, сэкономив, вы можете позволить себе поддерживать в доме более высокую температуру, сжигая больше газа, или же вы можете потратить деньги на отпуск, отправившись на курорт на самолете.

Во-вторых, мы должны более разумно подходить к организации работы нашей энергосистемы. Большинство энергетических систем работают так, что предложение энергии следует за спросом на нее. В частности, именно так функционирует рынок электроэнергии, на котором должен поддерживаться постоянный баланс предложения со спросом. В электроэнергетических системах технологии генерации ранжируются по уровню издержек и эффективности: все энергоустановки делятся на те, которые работают непрерывно (их называют «установками базисной нагрузки»); к ним относятся энергоустановки, работающие на ядерном и угольном топливе), установки переменной нагрузки (такие как солнечные и ветряные), установки полупиковой нагрузки (например, газовые электростанции) и установки пиковой нагрузки (такие как дизель-генераторные электростанции, которые могут начать работу в любой момент, но дороги в эксплуатации). Когда вам нужна чистая одежда, вы запускаете стиральную машину. Машина начинает потреблять энергию, на которую соответственно растет спрос. Чтобы удовлетворить его, в энергосистеме включается новая установка или увеличивает выработку уже работающая. Если это происходит в часы наибольшей нагрузки, то есть тогда, когда, например, все начинают стирать, скорее всего, в роли такой энергоустановки выступает установка на ископаемом топливе (газовая или дизель-генераторная электростанция). В «разумной» энергосистеме спрос подчиняется предложению. Если взять приведенный выше пример, то в такой системе стиральная машина могла бы обратиться к вам с вопросом о времени, к которому вам нужна чистая одежда. В этом случае она сможет начать работу при наличии энергии (в рамках указанного вами срока!), а значит, ее включение не приведет к запуску дополнительных генерирующих мощностей.

В-третьих, нам следует заменить энергопроизводство на ископаемом топливе другими технологиями или видами топлива с низким или нулевым объемом выбросов парниковых газов.

В случае электрогенерации энергию, вырабатываемую с использованием ископаемого топлива, могла бы заменить энергия из альтернативных источников с низким уровнем выбросов углерода — например, энергия из возобновляемых источников, включая ветер, солнце и биомассу (деревья и прочие виды растительного топлива), а также атомная энергия.

В качестве альтернативы можно было бы использовать технологию улавливания и хранения углекислого газа. Она предполагает совместную работу электростанции и мощной химической установки, улавливающей большую часть углекислого газа из производимых электростанцией выбросов. После этого углекислый газ перекачивается по трубопроводу в хранилище, в качестве которого может выступать, например, выработанное газовое или нефтяное месторождение, откуда он уже никогда (в теории) не сможет попасть в атмосферу. Если вместо ископаемого топлива на электростанции с технологией улавливания и хранения углекислого газа сжигать биомассу и при этом еще и улавливать углекислый газ, то можно добиться того, что уровень выбросов этого газа станет отрицательным! Дело в том, что в процессе роста дерево поглощает углекислый газ, забирая его из атмосферы. Так что в случае улавливания углекислого газа при сжигании такого дерева вы сокращаете его содержание в атмосфере (разумеется, при условии, что вместо вырубленных деревьев высаживаются новые). Впрочем, не все виды биотоплива характеризуются нулевым балансом выбросов углерода. Все зависит от того, как оно выращивается, как происходит рубка, как восполняются его ресурсы, как осуществляется его транспортировка, а также от способа землепользования.

В случае отопления у нас есть целый ряд возможностей. Сегодня с целью обогрева мы сжигаем большие объемы природного газа (метана). Мы могли бы заменить этот вид природного газа другим, в меньшей степени влияющим на глобальное потепление. Например, можно было бы получать биогаз из биомассы. Такой газ должен характеризоваться менее высоким уровнем выбросов парниковых газов, при условии, что он соответствует перечисленным выше критериям, распространяющимся на биотопливо. Еще одна возможность — использовать водород. Побочным продуктом горения водорода является вода, поэтому с экологической точки зрения он выглядит исключительно чистым видом топлива. Проблема в том, что чаще всего при производстве водорода используется процесс паровой конверсии метана, сопровождающийся выделением углекислого газа. Вместо этого можно было бы расщеплять воду на кислород и водород с помощью электричества, но стоимость применения этой технологии пока еще не опустилась до приемлемого уровня, причина чего кроется в необходимости использования таких дорогостоящих катализаторов, как платина и палладий. Да и само электричество не бесплатно.

Что касается транспорта, то здесь безраздельно царят углеводороды (во всяком случае, пока — возможно, когда-нибудь мы перейдем на водород). Впрочем, мы все чаще видим на дорогах электрические и гибридные транспортные средства. Их популярность растет: сегодня их более миллиона по всему миру. Главная проблема в том, что мы привыкли к машинам, которые могут проехать сотни километров на одной заправке. При этом сам процесс заправки занимает считанные минуты. Батареи электрокаров и зарядные станции для них стремительно эволюционируют, но им все еще очень далеко до показателей традиционных автомобилей.

Вероятно, в случае с транспортом, в отличие, например, от электро- и теплоэнергетики, большее значение имеют поведенческие привычки. Сегодня в Великобритании мы пользуемся автомобилями приблизительно 5% нашего времени. Вполне вероятно, что уже в недалеком будущем внедрение технологий предоставления транспортных услуг по требованию (такси, каршеринг), которые включают в себя беспилотные автомобили и «умный» общественный транспорт, создание дружественной к велосипедному движению среды в городах, а также расширение возможностей виртуального общения сильно изменят наши представления об оптимальном способе попадания из точки А в точку Б.

Дизруптивные инновации

«Дизруптивными» называют технологии, которые приходят на смену уже ставшим классическими технологиям, в результате чего ситуация на рынке меняется коренным

образом. Или же это какие-то новаторские продукты, дающие начало совершенно новым отраслям. Как раз сейчас энергетика переживает волну таких дизруптивных инноваций.

Во-первых, энергия потребляется все более экономно. Одно лишь внедрение специальной маркировки и стандартов энергопотребления для различных видов продукции по всей Европе дает экономию, сопоставимую с годовым объемом потребления энергии Италией.

Конкретный пример: обычные лампы накаливания повсюду заменяются светодиодными, что дает приблизительно десятикратное сокращение потребляемой энергии. Еще один фактор большей экономичности — «умные» технологии. В качестве примера можно привести умные термостаты, которые подстраиваются к нашему распорядку дня и оптимизируют работу системы отопления, помогая нам экономить деньги (хотя, конечно, нельзя забывать об упоминавшейся выше оборотной стороне этой экономии).

Технологии производства энергии становятся доступнее для простых потребителей. С ростом популярности солнечных батарей по всему миру цена на них постепенно снижается. Так называемый коэффициент обучения, отражающий экономию времени при повторном выполнении того же набора операций, при производстве таких панелей составляет около 21%. Таким образом, каждый следующий виток удвоения объема продаж или установок данного вида оборудования сопровождается снижением цены приблизительно на 21%. Установленная мощность фотоэлектрических панелей по всему миру достигает сегодня 300 ГВт. Всего каких-то 10 лет назад этот показатель составлял 10 ГВт. (Поясню: если я включу свет во всем доме, включу все устройства и домашнюю технику, мне понадобится около 10 кВт. Один гигаватт равен 1 млн кВт, а значит, одного гигаватта хватит, чтобы обеспечить энергией 100 000 домохозяйств в период пиковой нагрузки.) В результате на рынке появляются миллионы так называемых протребителей, то есть потребителей, которые не только потребляют электричество, но еще и сами производят его. Сильно способствует экономии электричества использование аккумуляторных батарей, устанавливаемых прямо в наших домах.

Данные здесь, данные там — данные повсюду

Становится все более очевидным, что мы живем в эпоху больших данных.

Данные собирают и передают все окружающие нас вещи: телефоны, умные счетчики, датчики и устройства интернета вещей, которых становится все больше и больше. Большие данные уже используются для улучшения маркетинга, при прогнозе землетрясений и в работе с пациентами, которые имеют обыкновение забывать принять свои лекарства в положенное время.

Наука о данных (больших и не очень), включающая машинное обучение (по существу, речь идет об алгоритмах, которые способны обучаться на основании имеющихся данных и делать потом прогнозы), находит применение в энергетике. А также с ее помощью удастся сократить потребление энергии в супермаркетах, оптимизируя хранение скоропортящихся товаров в замороженном виде, или в дата-центрах благодаря более рациональному кондиционированию. Однако ее потенциал далеко еще не раскрыт: она может стать ключевым компонентом в системе «умного» расходования энергии, оптимизируя и спрос, и предложение в режиме реального времени.

Последний кусочек в мозаике дизруптивных технологий — появление новых безопасных способов обработки одноуровневых транзакций. Речь идет о технологии блокчейн, которая лежит в основе виртуальной валюты биткоин и представляет собой надежно защищенный распределенный реестр, в котором фиксируются транзакции между различными сторонами. С помощью блокчейн или другой аналогичной технологии две и более стороны могут проводить безопасные финансовые операции, не прибегая к посредникам, в роли которых сейчас выступают, например, банки. Это имеет большое значение для энергетике, так как в

этом случае появляется возможность расплачиваться за энергию на одном уровне: например, в этом случае я бы смог продавать электричество, вырабатываемое моими солнечными панелями, напрямую своему соседу без привлечения каких-либо посредников.

Поколение, которое всегда на связи

Меняются не только технологии — мы сами тоже становимся другими. Наше отношение к энергии вполне может измениться в будущем в результате изменения наших ценностей, взглядов и привычек. Уже сейчас заметны различия между представителями разных поколений.

Представители поколения Y, или, как их еще называют, «миллениалы», к которым относят тех, кто родился в период 1980–2000 гг., активно пользуются интернетом, с интересом осваивают технологические новинки и разделяют либеральную систему ценностей. По данным исследований, образ жизни миллениалов выстраивается вокруг мобильных технологий, и они демонстрируют больший интерес, чем предшествующие поколения, к технологиям распределенной энергетики, таким, например, как солнечные фотоэлектрические батареи. По своей натуре они более склонны к освоению дизруптивных технологий в сфере энергетики.

Представители поколения Z, те, кто родился в эпоху интернета, сразу погрузились, не выпуская из рук устройства, в мир социальных сетей и мобильной связи. Они росли в трудное для всего мира время — время финансовых кризисов и заметного роста угроз в сфере безопасности. Согласно данным исследований, их отличает больший прагматизм, трудолюбие, а также более высокий уровень социальной и экологической ответственности. Они легко адаптируются к инновациям и дизруптивным технологиям, ожидая, что мир будет максимально быстро реагировать на их потребности и запросы.

Внимание к факторам, вызывающим изменения, имеет большое значение, так как, глядя на них, мы можем понять, как наше отношение к энергии может измениться в будущем. Мы уже рассмотрели ряд тенденций, благодаря которым энергия может стать для нас чем-то куда более личным. Давайте остановимся на этой теме подробнее и попытаемся заглянуть в будущее, которое может стать реальностью для поколений Y и Z.

«Умная» жизнь

Давайте представим такой сценарий в будущем. Вам дорого ваше время. Настолько дорого, что вы даже переложили часть своих домашних забот на плечи специальной компании под названием «Жизнь в порядке». Вы ежемесячно оплачиваете выставленный компанией счет, а она взамен обеспечивает вас теплом, питанием, развлечениями и мобильной связью, помогая вам добиться большего. У вас умный дом: вы даете ему команды, а он выполняет их — это оказывается очень полезно, когда вам нужно заказать продукты или сделать другую работу по дому. Он буквально нашпигован контролирующими устройствами и датчиками, которые непрерывно следят за тем, чтобы условия в вашем доме были оптимальными. У вашего дома хорошая теплоизоляция, крыша покрыта панелями солнечных батарей, а в шкафу спрятана аккумуляторная батарея. Время от времени, когда возникает потребность в отоплении, включается небольшой тепловой насос. Вы ни за что из этого не платили: все это оплатила компания, а вы возвращаете ей долг частями из тех денег, которые вы экономите на счетах за электроэнергию и тепло. У вас нет собственной машины. Ваш дом знает ваше расписание и обеспечивает вас наиболее подходящим видом транспорта тогда, когда вам это нужно. Иногда перед вашей дверью оказывается электромобиль. А бывает, что вы просто получаете уведомление о времени прибытия следующего автобуса или другого вида общественного транспорта или же напоминание о необходимости надеть шлем для езды на велосипеде. Подписав договор с компанией, вы уполномочили ее совершать некоторые действия от вашего имени. Например, компания может менять поставщиков тех небольших объемов

электричества, которые вам требуется, а также контролировать спрос на электричество со стороны устройств-потребителей в вашем доме для того, чтобы помочь электросетям справляться с нагрузкой в те моменты, когда их возможности по какой-либо причине оказываются ограничены. Вы — активные участники энергетического рынка. Впрочем, всю работу за вас делают другие.

Вы теперь еще и торгуете энергией. Добро пожаловать в мир торговли энергией без посредников! Старая модель, в которой вы получали энергию от поставщика, осталась в далеком прошлом. Вы больше не нуждаетесь в посредниках, взаимодействуя с поставщиками и потребителями напрямую. Как это возможно? Ваш дом превратился в электростанцию. На крыше у вас солнечные панели, в саду, вероятно, установлена ветряная турбина, а также батарея аккумуляторов для хранения электричества. Когда вам нужна машина, то это почти наверняка электромобиль. На этом одноуровневом рынке вы сами можете продавать и покупать ресурсы, в данном случае — электричество. Транзакции фиксируются и оплачиваются через защищенные публичные реестры на основе технологии блокчейна или иной аналогичной. Благодаря этому вы можете быть спокойны — вы ничем не рискуете при проведении сделок по покупке и продаже электричества. Вы сами выбираете, с кем и как торговать. Вы можете максимизировать свою прибыль, продавая энергию тогда, когда цена на нее выше, а покупая в моменты наибольшего падения цены, или же вы можете сделать упор на потребление «зеленой» энергии. Вы можете все делать сами или же довериться третьей стороне, которая выберет для вас оптимальную стратегию и будет ее придерживаться, действуя от вашего имени. Вы понимаете, что в ваших собственных интересах обеспечить максимальную теплоизоляцию дома и установить умные устройства для контроля потребления энергии. Это означает, что при наличии аккумуляторной батареи вы можете изменять уровень потребления энергии вашим домом таким образом, чтобы ваша стратегия поведения на рынке была оптимальной. Вы также должны научиться правильно расставлять приоритеты, выбирая время для зарядки электромобиля или включения отопления в доме. Вы сами определяете уровень активности на энергетическом рынке — чем активнее вы, тем большую выгоду вы получаете.

Наконец вы решаете самостоятельно контролировать все, что связано с обеспечением вашего дома энергией, и отключаетесь от общей сети. Чтобы ни от кого не зависеть, вам пришлось взять в свои руки контроль не только над электричеством, но еще и над теплом и мобильностью. Вы сократили до минимума потребность в энергии, сделав свой дом максимально экономичным. Все устройства в вашем доме работают на постоянном, а не переменном токе. Таким образом, они могут получать энергию непосредственно от ваших солнечных батарей. Чтобы обеспечить себя дополнительным источником тепла и электричества, вы приобрели энергоустановку с топливными элементами, превращающую бытовые отходы (включая сточные воды) в электрическую и тепловую энергию. Для общения, подключения к интернету вещей и развлечений вы используете мобильный интернет и устройства с доступом в интернет. Когда вы занимаетесь спортом или ведете активный образ жизни, вы получаете энергию из внешней среды посредством крошечных солнечных батарей, встроенных в одежду, а также специальных встроенных в обувь устройств. Благодаря этому энергия вашего движения попадает в аккумулятор и всегда оказывается при вас, так что ваши мобильные устройства никогда не разряжаются. Иногда вам не хватает собственных источников энергии, но вы сами выбрали такой образ жизни, и с этим придется смириться. Впрочем, при необходимости вы всегда можете занять недостающую энергию у соседа...

Некоторые люди объединяются в сообщества с целью коллективного управления потреблением и выработкой энергии. Это могут быть как сообщества единомышленников, так и сообщества соседей (либо и то и другое, если соседи оказываются еще и единомышленниками). Сообщество единомышленников — это группа людей,

объединившихся для того, чтобы вместе с другими участниками добиться более выгодных условий поставки энергии (так называемое коллективное переключение) или, например, собрать средства для реализации какого-либо проекта в области энергетики. Сообщества соседей — местные сообщества, объединяющие жителей деревни или городка, цель которых — приобретение, установка и эксплуатация элементов энергоинфраструктуры (например, солнечных фотоэлектрических панелей), а также совместное потребление электричества и распределение прибыли от продажи излишков. В некоторых случаях в собственности сообществ оказываются целые энергосистемы локального уровня, включая электро- и теплосети.

Но как быть, если вы все еще не подключены к электросетям? Сегодня одна шестая всего населения Земли живет без доступа к ним. Нельзя ли пропустить этап создания общенациональной электрической сети, как это произошло с телефонными сетями, которые стали просто не нужны с появлением мобильных телефонов? Оказывается, можно. И это уже происходит сейчас благодаря так называемым микросетям, представляющим собой комбинацию из солнечных батарей (или иных технологий генерации электрической энергии), аккумуляторных батарей, систем управления и линий передач, связывающих в одну сеть потребителей в рамках локального сообщества. Иными словами, микросеть — это все, что нужно для обеспечения базовых потребностей в энергии сообщества в условиях отсутствия доступа к национальной сети. Она дает свет в темное время суток и позволяет членам сообщества заряжать свои устройства (мобильные телефоны и т.д.). Базовые блага такого рода имеют колоссальное значение с социально-экономической точки зрения. Более того, дальнейшее развитие и удешевление технологий солнечной энергетики и аккумуляторов может привести к тому, что необходимость в создании национальной сети просто-напросто отпадет. Если объединить микросети с сетями мобильной связи и мобильным интернетом, то можно обойтись без трех видов сетей, на развитие которых в других странах ушли десятилетия. В результате внедрения других инноваций, таких как системы безналичной оплаты, позволяющие жителям оплачивать товары с помощью мобильного телефона и персонального идентификационного номера, привязанного к биометрическим данным (например, к отпечатку пальца), может также отпасть необходимость в наличных деньгах. Благодаря им подключенные к микросетям сообщества могут совершать различные операции, включая получение коммерческих кредитов или оплату товаров и услуг. Таким образом, перед ними открываются новые экономические возможности. Не исключено, что с появлением перечисленных выше технологий в странах, где отсутствует национальная электросеть, она так никогда и не будет построена за ненадобностью.

Мыслить глобально

Давайте взглянем шире и перейдем от уровня отдельно взятого человека и сообщества на уровень межконтинентального или даже общемирового энергетического рынка. Разумеется, энергия уже давно стала глобальным явлением, учитывая масштабы мировой торговли ресурсами, используемыми для ее производства. Но как быть с электроэнергией — есть ли у нее шанс стать по-настоящему глобальным ресурсом?

Во многом она уже им является. К примеру, большинство европейских стран входит в единую сеть. Даже Великобритания подключена к энергосетям Франции, Нидерландов и Ирландии посредством трубопроводов и магистралей (имеются в виду идущие по морскому дну электрические кабели и трубопроводы, по которым перекачивается природный газ). Но можно ли создать единую сеть еще более высокого уровня?

Примером инициативы по построению такой суперсети является проект DESERTEC. Главная его идея заключается в том, чтобы вырабатывать электроэнергию на фермах ветряных и солнечных энергоустановок, а также солнечных электростанциях, работающих на концентрированной солнечной энергии, в пустыне Сахара и ее окрестностях, а затем

направлять избыток энергии в Европу по новой высоковольтной линии электропередачи постоянного тока (HVDC), проходящей по территории Испании и Италии. Здесь уместно остановиться несколько подробнее на особенностях упомянутого выше типа солнечных электростанций. Представьте себе поле, сплошь уставленное зеркалами, каждое из которых направлено на размещенный на вышке коллектор. Отчасти это похоже на фокусирование солнечных лучей через увеличительное стекло. Только в случае с зеркалами концентрированный поток солнечной энергии позволяет получить намного большую температуру — до 1000° С, которая затем используется для вращения паровой турбины точно таким же образом, как это происходит на традиционных ТЭЦ. Избыток тепла на таких электростанциях сохраняется с помощью технологии плавления соли в гигантских резервуарах. Накопленное тепло затем может использоваться для генерации электроэнергии в ночное время.

Также в научной среде существует ряд идей, связанных с размещением солнечных панелей в космосе с целью перенаправления потока отражаемой Землей энергии обратно на ее поверхность. Несмотря на то что предложения такого рода, скорее, напоминают сюжет фильма о Джеймсе Бонде, они высказывались еще в 1970-е гг. Речь идет о концепции преобразования космической солнечной энергии в электрическую. За ней стоит определенная логика. Около 60% солнечной энергии теряется по пути к поверхности Земли в ее атмосфере. Так что при размещении панелей за пределами атмосферы мы получаем колоссальный прирост доступной солнечной энергии. Даже если удастся решить проблему доставки солнечных батарей в космос, придется думать над тем, как доставить энергию обратно на Землю. Наиболее вероятные кандидаты — СВЧ-излучение или лазерные лучи. Наконец, нужно куда-то направить эти лучи, то есть нужна какая-то антенна-выпрямитель, вероятнее всего, несколько километров в диаметре, которая обеспечивала бы прием лучей и преобразование энергии излучения в электрический ток. Но и это еще не все. Нужно не только решить, куда именно на поверхности Земли будет направлено это излучение, переносящее много энергии, но еще и урегулировать множество вопросов политического и экономического характера, связанных с правами собственности на получаемую энергию и платой за ее потребление...

Ну и напоследок...

Таковы — в самых общих чертах — темы, из которых будет складываться будущее энергетики. Говоря о прогнозах на будущее, я почти наверняка ошибся в деталях, тем не менее надеюсь, что теперь вы понимаете, почему место энергии в нашей жизни, вероятнее всего, изменится тем или иным образом.

Напоследок предлагаю вам проделать один мысленный эксперимент.

На секунду заглушите голос скептика в своей голове. А что, если бы за энергию не нужно было платить? А что, если бы не было никаких линий электропередачи и трубопроводов? А что, если бы мы могли получать энергию из воздуха, как мы делаем это сейчас с данными в беспроводных сетях? Идея кажется безумной, но такое вполне возможно. Источником бесплатной (или очень дешевой) энергии могла бы стать практически ничего не стоящая солнечная энергия (возможно, перенаправляемая из космоса) или другие виды энергии, получаемой из возобновляемого сырья. Возможно, человечество наконец разберется с термоядерным синтезом (то есть сумеет воспроизвести в электростанции на поверхности Земли те же процессы, что дают энергию Солнцу). В беспроводной передаче тоже нет ничего чудесного. Уже сейчас для зарядки электрических зубных щеток и некоторых моделей мобильных телефонов используется технология беспроводной зарядки благодаря электромагнитной индукции. Возможно, в будущем мы сможем более широко применять ее или другую подобную технологию. Для передачи электроэнергии на большие расстояния мы могли бы использовать лазерные лучи или СВЧ-излучение, упоминавшиеся в описании

технологии преобразования солнечной энергии из космоса. Однако суть моего очерка вовсе не в обосновании возможности реализации всех этих идей с технической или экономической точки зрения — мой главный посыл заключается в том, что в будущем изменится сам способ взаимодействия людей с энергией. Если бы энергия была бесплатной, как воздух, которым мы дышим, как бы это изменило наше отношение к ней?

14

Транспорт

Джон Майлс

На фоне таких сложных и важных тем, как искусственный интеллект, демография, генная инженерия и трансгуманизм, транспорт с его обычными автобусами, поездами и переполненными людьми аэропортами кажется немного не к месту в книге, посвященной поиску ответа на важные вопросы о будущем человечества. Но стоит взглянуть на транспорт в историческом контексте, как сразу выясняется, что он всегда оказывал и продолжает оказывать огромное влияние на нашу жизнь, а если при этом еще и немного дать волю воображению, то можно увидеть широчайший спектр возможностей, которыми он все также будет удивлять нас в будущем, определяя наш образ жизни.

Обычно при перечислении базовых потребностей человечества ограничиваются пищей, водой, крышей над головой, защитой от капризов природы и любовью. Как видно, транспорта в этом списке нет. Но, несмотря на отсутствие в классическом перечне человеческих потребностей, транспорт всегда — один из тех факторов, которые определяли успех нашей цивилизации на важнейших этапах ее развития. Самый простой, но при этом весьма примечательный пример — изобретение колеса, приведшее к появлению запряженной животными повозки, а затем и самых разных видов моторизованного транспорта. Не меньшее значение имело строительство дорог, каналов и железнодорожных путей, позволившее обществу развиваться в направлении, которое было просто невысказано до их появления. Поэтому, чтобы заглянуть в будущее транспорта и понять, что нас ждет, мы сначала должны разобраться в том, как и почему дороги, железнодорожные пути и авиатранспорт оказывают столь большое влияние на нашу жизнь сегодня.

Стоимость, время, пропускная способность и удобство

Развитие транспорта идет по многим разным направлениям, приводя к появлению новых способов передвижения. Одни поражают воображение (например, «Конкорд» и полеты на Луну «Аполлонов»), тогда как другие сегодня кажутся вполне заурядными (баржи для перевозки грузов по системе каналов или автомобиль «Модель Т» компании Ford). Эти примеры показывают, что влияние, оказываемое новыми видами транспорта на развитие общества, не определяется степенью сложности или оригинальностью предложенной технологии, а является отражением какого-то базового их свойства.

Давайте рассмотрим три главные черты, характеризующие все успешные транспортные системы. Первая — доступность. Ничто не может охватить жизнь широких слоев общества, если оно ему не по карману, из чего со всей очевидностью следует, что доступность — обязательное условие успешности транспортной системы. Другие два ключевых признака такой системы — временные затраты (скорость транспортировки) и пропускная способность (вместимость или грузоподъемность).

Наверное, главным двигателем прогресса в транспортной сфере, если оглянуться назад, всегда была война. С точки зрения военных, стоимость не имеет значения, если обеспечиваются два других преимущества — скорость и пропускная способность. Как раз из

этих соображений римляне были готовы тратить любые деньги на строительство дорог, которые позволяли их многочисленным армиям со всем снаряжением быстро перемещаться из одной провинции империи в другую. Благодаря этому империи удалось объединить в единую сеть городские поселения, которые в последующем стали центрами экономического развития — сначала в пределах региона, а затем — всей страны и континента. Нечто подобное произошло и с морскими перевозками. В обоих случаях первоначальным толчком для развития стало желание получить преимущество в военной сфере, которое в последующем превратилось в куда более значительное преимущество, связанное с общим ростом скорости и удобства перемещения людей и товаров. Со временем это привело к росту объема торговли между людьми, которых разделяли большие расстояния, что, в свою очередь, способствовало развитию экономики в целом — на региональном, национальном и международном уровнях. В конечном счете мы можем проследить прямую связь между развитием наземных и морских транспортных систем и формированием наций, империй и торговых блоков. Однако превращение инструмента в руках военных в локомотив экономического развития не происходит само собой. Достаточно взглянуть, например, на историю полетов на сверхзвуковых скоростях, чтобы понять, что в некоторых случаях великолепная военная технология, от которой захватывает дух, просто-напросто не вписывается в текущую модель социально-экономического развития. «Конкорд» так и не стал универсальным видом транспорта, как надеялись его создатели. Но почему?

По моему мнению, ответ в том, что он не смог обеспечить приемлемое соотношение известных нам трех составляющих — стоимости, временных затрат и пропускной способности. С точки зрения продолжительности поездки (скорости) он давал колоссальное преимущество, но оно не было настолько значительным, чтобы оправдать огромную стоимость в расчете на пассажиро-километр или пренебречь крайне низким показателем пассажироместимости (не более 128 пассажиров за рейс). В реальности победителем в гонке технологий в авиации стал «Джамбо-джет», разработчикам которого удалось увеличить количество пассажиров в каждом самолете одновременно со снижением стоимости полета в расчете на пассажиро-километр, тем самым повысив общий показатель пассажирооборота всей системы (несмотря на меньшую скорость).

Реактивные самолеты отлично подходят для перевозки людей на дальние расстояния, но с точки зрения перевозки грузов их эффективность уже не так высока. Намного удобнее и практичнее перевозить грузы из одной точки мира в другую морским транспортом, который отличается прекрасными показателями стоимости на единицу перевезенного груза (в данном случае речь идет о стоимости в расчете на тонну-километр) и объема перевозимых грузов за единицу времени (тонн в сутки или год). При этом временные показатели у него довольно слабые. Однако до появления самолетов путешественникам, желавшим попасть с одного континента на другой, выбирать не приходилось, что на некоторое время обеспечило популярность океанских судов в качестве пассажирского транспорта. Но время в пути было настолько большим, что практически всегда, за исключением каких-то особенных обстоятельств, такая поездка было путешествием в одну сторону. Благодаря этому стала возможна миграция населения из Европы в США, Канаду, Южную Африку и другие страны, а также перемещение людей в обратном направлении — из бывших колоний в Европу. Таким образом, морские перевозки оказали огромное влияние на становление современного общества. Сегодня, однако, это все уже в прошлом. Кораблям так и не удалось дать пассажирам ту свободу передвижения в обоих направлениях — туда и обратно, — которую им подарил самолет. Впрочем, для товаров длительного хранения время в пути не имеет большого значения. Поэтому морской транспорт продолжает играть важную роль в качестве средства перевозки грузов. Появление контейнеров и строительство все более вместительных судов привели к громадному скачку в объеме перемещаемых между континентами товаров, благодаря чему морской транспорт стал одним из главных инструментов глобализации.

Несмотря на удобство использования в качестве критериев оценки развития транспорта в исторической перспективе, в будущем стоимость, время и пропускная способность могут утратить свою актуальность. В прошлом, когда нам нужно было добраться на работу, а потом вернуться обратно домой, мы могли отдать предпочтение поезду, так как на дорогу в этом случае уходило меньше времени, чем на машине. К тому же во время поездки мы могли еще и поработать. Но если в будущем мы сможем работать и в машине благодаря наличию мобильных телефонов и интернета, а также тому обстоятельству, что машина будет везти нас сама, без нашего участия, то вполне можем сделать выбор в ее пользу. Иными словами, с появлением мобильной связи, встроенных компьютерных систем и автопилота решающим фактором при выборе вида транспорта может стать удобство, а не время. Мне кажется, нас ждет самая настоящая революция в транспорте, обусловленная сочетанием технологий, которые, взаимодействуя друг с другом, полностью изменят представление о способах перемещения в пространстве. Это еще одно доказательство громадного потенциала цифровой трансформации.

Так какие факторы будут все-таки определять будущее транспорта на протяжении нашей собственной жизни и жизни наших детей?

Влияние на окружающую среду

В настоящее время в среднем одна поездка жителя Великобритании сопровождается выбросом в атмосферу 100 г углекислого газа в расчете на пассажира-километр. Правительство принимает меры в разных направлениях с целью обеспечения значительного сокращения этого показателя. Во многих странах уже сегодня на законодательном уровне закреплено требование о сокращении общего объема выбросов углекислого газа до 20% от уровня 1990 г. к 2050 г. В отличие от ряда потребляющих энергию секторов экономики, которым, скорее всего, никогда не удастся достичь целевого показателя (например, воздушного транспорта), у автомобильного транспорта шансов на успех несколько больше. Более того, в случае с автотранспортом мы можем даже говорить о достижении уровня 10% от показателей 1990 г. или даже о сокращении выбросов углекислого газа до нуля к 2050 г. Насколько оправдан столь оптимистичный прогноз?

Большинство экспертов сходятся во мнении, что, если брать долгосрочную перспективу, дни двигателя внутреннего сгорания сочтены. А значит, настало время мечтателей. Взять хотя бы производителя автомобилей Tesla, компанию, которая была основана в Кремниевой долине в 2003 г. командой предпринимателей и инженеров, задавшихся целью создать экологически чистое, но при этом привлекательное транспортное средство для личного пользования. Новой компании потребовалось некоторое время, чтобы встать на ноги. Наконец, к команде присоединился известный предприниматель Илон Маск, которому удалось наладить производство привлекательных семейных электромобилей, снабженных аккумуляторными батареями. В ближайшем будущем компания планирует довести объем продаж до 100 000 автомобилей в год. Сейчас, когда пишутся эти строки, рыночная капитализация Tesla превысила соответствующий показатель компании Ford — еще совсем недавно никто бы даже не поверил в то, что такое возможно. Это событие может служить хорошим примером того, как действуют новые игроки, приходящие на рынок с диджитальными технологиями, — компании без какого-либо опыта в автомобильной отрасли, которые отказываются играть по установленным другими правилами. Такое вряд ли бы могло случиться в любой другой период в течение 70 лет, прошедших с момента консолидации компаний-первопроходцев на автомобильном рынке, поскольку даже у самых настойчивых претендентов не хватало средств для преодоления характерного для отрасли высокого порога входа. Но все поменялось с приходом так называемых информационно-технологических компаний: имея доступ к инвесторам Кремниевой долины, они могут привлекать громадные ресурсы в обмен на свои акции. Поэтому взлет Tesla — сигнал к тому, что отрасль вступает в эпоху радикальной перестройки. Закончится ли деятельность новичков банкротством, или же они

победят в решительной схватке с традиционным автомобилестроением — результаты их работы в любом случае еще долго будут оказывать влияние на рынок. В течение последних нескольких лет практически все автогиганты заявили о намерении вывести на рынок линейки электромобилей. И вряд ли кто-нибудь сомневается, что они выполнят это обещание уже в самом ближайшем будущем.

На данный момент электромобиль по удобству и вместимости практически ничем не отличается от традиционного автомобиля с двигателем внутреннего сгорания, работающим на ископаемом топливе, при этом уступая последнему (по крайней мере, пока) в доступности. Так что, даже если с удешевлением батарей машины на электрической тяге постепенно вытеснят с рынка традиционные, это вряд ли существенно повлияет на социально-экономическую ситуацию. Однако ряд других обстоятельств, связанных с приходом на рынок новых игроков, может иметь куда большие социально-экономические последствия, о чем мы поговорим чуть позже.

Общественный транспорт и «умные» технологии

В результате цифровой революции отношение людей к общественному транспорту изменилось в положительную сторону, а среди профессионального сообщества, занимающегося проблемами транспорта, прочно утвердилась идея «умной мобильности». Суть ее в следующем: если раньше перемещение из точки А в точку Б предполагало выбор единственного вида транспорта — это мог быть автомобиль, автобус или поезд, — теперь для этой цели может использоваться любая комбинация доступных видов общественного транспорта. Такую комбинацию называют «мультимодальной». Она всегда была заветной мечтой всех, кто отвечает за планирование и организацию транспортных перевозок, но в прошлом все попытки ее реализации наталкивались на тот простой факт, что средний потребитель транспортных услуг вряд ли захочет стоять полчаса под дождем на автобусной остановке или прошагать целый километр до ближайшей станции метро, чтобы пересест с одного вида транспорта на другой во время поездки. Подавляющим большинством людей, совершающих ежедневные поездки по одному и тому же маршруту, общественный транспорт воспринимается как наименее привлекательный способ перемещения — нечто, чего следует избегать и чем можно пользоваться только тогда, когда никаких других альтернатив просто нет. Поэтому, несмотря на пробки, проблемы с парковкой и прочие недостатки, основным видом транспорта для всех, кто может себе его позволить, стал автомобиль.

В «отважном новом мире» умной мобильности общественный транспорт может стать одним из элементов повседневности. В идеальном сценарии благодаря использованию специальных информационных систем, подключенных к гибким, адаптивным системам общественного транспорта, охватывающим все виды транспорта — от поездов и автобусов до велосипедов, все пересадки в ходе поездки будут совершаться без задержек и в точном соответствии с потребностями путешествующего. Общественный транспорт наконец-то сможет обеспечить приемлемый уровень качества и скорости обслуживания на всем протяжении путешествия, избавляя людей от необходимости мириться с неудобствами, связанными с необходимостью самостоятельно вести автомобиль в условиях постоянного стресса по загруженным транспортом дорогам или искать место для парковки по прибытии в точку назначения.

Автономные транспортные средства

Стремительное развитие автономных транспортных средств — это еще одна сфера, в которой инновационные компании-новички угрожают сложившемуся в автомобильной отрасли статус-кво. С выходом на рынок таких игроков, как Google, Apple и Uber, конкуренция значительно обострилась. Опять-таки дело вовсе не в том, смогут ли новички вытеснить старожилов: их появление уже кардинальным образом изменило направление развития отрасли, а значит — они уже внесли свой вклад в формирование нашего будущего. Победителя в гонке технологий автономного транспорта ждет всеобщее признание и похвала,

но важно не это, а то, что гонка началась и как давно присутствующие на рынке автогиганты, так и новые игроки стремятся обогнать друг друга, постоянно наращивая темп.

У данной технологии есть все шансы коренным образом изменить ситуацию. Объясняется это двумя причинами. Во многих городах — от Нью-Йорка до Мумбая — и в развитых, и в развивающихся странах остро стоит проблема перегруженности транспортной системы, в результате чего политики вынуждены уделять все больше внимания повышению пропускной способности автомагистралей и железных дорог, выделяя на это все больше средств из бюджета. Строительство новой инфраструктуры обходится очень недешево и создает немалые неудобства, а на планирование и реализацию таких проектов уходят десятки лет. Однако даже самый несложный расчет показывает, что использование автономных транспортных средств позволило бы существенным образом улучшить ситуацию за счет более аккуратного соблюдения рядности движения, уменьшения расстояния между транспортными средствами и сокращения числа аварий, вызванных невнимательностью водителей. Положительный эффект от внедрения новой технологии сможет легко компенсировать рост количества поездок, который обязательно последует за появлением автономных систем для совместного использования. Снижение уровня загруженности транспортной системы равнозначно увеличению ее пропускной способности. Таким образом, речь идет о существенном повышении эффективности при минимальных капиталовложениях и практически полном отсутствии каких-либо неудобств. Так что в данном случае игра точно стоит свеч.

Еще одна причина, по которой эксперты по транспорту должны максимально серьезно отнестись к автономным автомобилям, связана с перспективой «высвобождения времени» — как только транспортное средство начинает обходиться без водителя, у последнего на время поездки появляется свободное время, которым он может распорядиться по своему усмотрению. Это может быть канцелярская работа, развлечения или просто отдых либо сон. В каждом из этих случаев длительная поездка перестает быть чем-то неприятным. Если, находясь в дороге, вы можете тратить свое время на занятия тем, что имеет для вас ценность, вряд ли вы станете сильно переживать, что поездка может затянуться, особенно если в вашем распоряжении есть специальные информационные системы, которые заранее могут предупредить о возможной помехе и держать в курсе ситуации на дорогах по мере продвижения к пункту назначения.

В каких именно сферах стоит ждать настоящих прорывов? Честно говоря, ответа на данный вопрос у меня нет. Впрочем, можно выделить ряд крайне перспективных направлений, и я все-таки позволю себе сделать некоторые предположения, исходя из того, что знаю.

Во-первых, автомобили перестанут доминировать в качестве средства передвижения на относительно короткие расстояния в условиях города и пригородов, хотя полностью сбрасывать их со счетов пока рано. Низвергнуть автомобиль с пьедестала поможет резкое повышение качества работы общественного транспорта, которое станет возможным после того, как решения в области умной мобильности достигнут высокого уровня зрелости. Системами общественного транспорта станет намного удобнее пользоваться; их пропускная способность будет расти вместе со спросом, в результате чего стоимость поездки в расчете на пассажира существенно снизится (как это произошло с авиаперевозками с появлением «Джамбо-джетов»). Критическим фактором успеха в данном случае, разумеется, станет способность общественного транспорта стать более привлекательным средством перемещения из точки А в точку Б, чем личный автомобиль. Привлечение пассажиров более высоким качеством обслуживания работает куда лучше, чем угроза штрафа за использование любимого вида транспорта, коим сейчас является автомобиль. Росту популярности общественного транспорта будет способствовать возможность совершать комбинированные поездки на разных видах транспорта без задержек и больших периодов ожидания во время

пересадок. Полностью исключить все недостатки таких поездок вряд ли удастся, но они должны быть такими, чтобы пассажир предпочел их таким источникам стресса на дорогах, как пробки и поиск места для парковки.

Во-вторых, автомобиль не только останется основным видом транспорта для поездок на средние расстояния (5–300 км), но еще и укрепит свои позиции в этом качестве. Этому будет способствовать появление на рынке автономных транспортных средств, которое приведет к значительному увеличению пропускной способности дорог и радикальному сокращению количества ДТП. При этом улучшение ситуации по этим двум показателям практически ничего не будет стоить государственной казне. Вряд ли такие изменения способны привести к полной перестройке существующей социально-экономической среды — скорее, они просто сделают нашу жизнь немного легче. Но в любом случае они станут большим шагом вперед.

Третье направление, мимо которого я не могу пройти в своих прогнозах, связано с широко разрекламированным проектом по созданию наземного транспорта, способного двигаться с околосвуковой скоростью, под названием Hyperloop. Начиная с 2013 г., когда Илон Маск впервые выступил с этой идеей, она оставалась объектом пристального внимания прессы. По сути, речь идет об электросамолете в вакуумном туннеле. Только представьте себе масштаб изменений, к которым может привести появление высокоскоростного вида транспорта, обеспечивающего регулярное сообщение между удаленными друг от друга на большое расстояние городами, если частота и время поездок будут сопоставимы с аналогичными показателями современной системы метро. Если такой транспорт появится в Великобритании, то время поездки от Лондона до Манчестера будет равно времени, которое сейчас уходит на то, чтобы добраться от Ватерлоо до Эджвар по северной ветке лондонского метрополитена. По словам самого Маска, время в пути по маршруту Сан-Франциско — Лос-Анджелес на таком поезде составит 45 минут. В масштабах страны внедрение нового вида транспорта будет иметь такой же экономический эффект, какой имело появление лондонского и парижского метро, а именно — вся обслуживаемая транспортной системой территория начнет функционировать как единый экономический организм. Это бы могло, например, решить проблему разрыва в экономическом развитии юга и севера Великобритании, от чего бы выиграли все жители страны. Другие страны небольшого и среднего размера также могли бы испытать на себе положительный эффект такого нововведения. Но, как и в случае с «Конкордом», успех проекту гарантирован только при обеспечении низкой стоимости и высокой пропускной способности наряду с небольшим временем поездки. В противном случае его ждет судьба нишевого решения для обеспеченных путешественников, что вряд ли окажет сколь-нибудь серьезное влияние на социально-экономическую ситуацию.

Помимо перечисленного, я не вижу на горизонте никаких других тенденций или инноваций, которые бы могли полностью изменить наш образ жизни. Несомненно, в будущем появятся автомобили с низким (или даже нулевым) уровнем выбросов, но сами по себе они вряд ли способны заставить нас поменять свои привычки. В сфере морских перевозок также будут положительные сдвиги, но, несмотря на улучшение показателей стоимости и вместимости, главный недостаток морского транспорта с точки зрения пассажира — большая длительность поездки — вряд ли будет устранен. Так что пассажирскому транспорту суждено быть связанным с воздухом и самолетами до тех пор, пока они у нас есть. Соответственно, воздушный транспорт будет продолжать развиваться в направлении, обратном направлению развития морских перевозок: мы будем наблюдать постепенный рост качества традиционных авиаперевозок, но в отсутствие радикальных улучшений с точки зрения пропускной способности и времени полета (без повышения стоимости в расчете на пассажира) никаких серьезных изменений ждать не приходится. Чтобы переломить ситуацию с грузовыми перевозками по воздуху, потребуются самолеты с такой же грузоподъемностью, как у морских контейнеровозов. Вероятность появления таких воздушных судов крайне мала.

Наконец, не будем забывать о последнем рубеже в освоении транспорта человеком — я имею в виду, разумеется, космический транспорт (см. главу 16). Но теперь, когда вы уже знакомы с критериями оценки эффективности транспорта, включающими стоимость перевозки, удобство и пропускную способность, вы можете сами оценить их применительно к этому виду транспорта. Каким бы ни был полученный вами результат, развитие космического транспорта, конечно, будет иметь влияние на наш образ жизни в долгосрочной перспективе.

15

Робототехника

Ноэл Шарки

Последние пару лет мы топчемся на пороге робототехнической революции. Роботы работают на наших фабриках с 1950-х гг., занимаясь окраской автомобилей, сборкой компонентов и выполнением многих других монотонных, повторяющихся видов работ, на которые у них уходит намного меньше времени, чем у людей. Но сегодня промышленные роботы уже в меньшинстве, уступая более многочисленному новому поколению роботов, занятых в сфере услуг. Эти роботы работают не в фабричных и заводских цехах, а выполняют самые разные функции повсюду, где люди нуждаются в помощи, — от ухода за больными в учреждениях здравоохранения до заботы о детях и пожилых людях, от приготовления пищи до смешивания и подачи коктейлей, от домашней уборки до сельского хозяйства, от обеспечения общественного порядка и безопасности, а также участия в вооруженных конфликтах до мониторинга окружающей среды и устранения последствий изменения климата, от проведения хирургических операций до работы в сфере интимных услуг и защиты находящихся под угрозой видов животных и растений.

Отрасль переживает самый настоящий бум. Стараясь урвать кусок пожирнее от массивного пирога нарождающегося мирового рынка, правительства и корпорации воспринимают робототехнику как мощный фактор экономического роста, выделяя все больше средств на разработки в этой области. Множество компаний и стартапов работает над созданием новых способов применения роботов, формируя высококонкурентную среду, способствующую появлению инноваций.

Во многом направление развития отрасли в будущем будет зависеть от международного регулирования и способности инженеров и компаний подходить к разработке и производству роботов с более высоким уровнем социальной ответственности. Для продвижения пускай не всех, но многих разработок требуется доверие со стороны потребителя. Без этого фактора темпы развития будут намного ниже, а инвесторам грозят финансовые потери.

Технология автономного вождения

Одним жарким днем в 2005 г. в пустыне Мохаве в Неваде автомобиль Volkswagen Touareg без водителя принес своим создателям приз в размере \$2 млн, войдя в историю как первое транспортное средство, которому удалось пересечь финишную черту в ходе соревнования DARPA Grand Challenge. Для преодоления расстояния в 212,4 км по пустыне автомобилю под названием Stanley понадобилось 6 ч. 53 мин. и 8 сек. До финиша добрались еще пять автономных транспортных средств, следовавших друг за другом с интервалом в несколько минут.

Это событие стало настоящим прорывом в развитии робототехники. В предшествующем соревновании DARPA, прошедшем годом ранее, ни один из 15 участников не смог проехать больше 11,4 км от линии старта — и это при том, что до финиша оставалось еще 201 км. Команда-победитель быстро оказалась в руках Google, которая приступила к разработке

своего знаменитого проекта по созданию автономного автомобиля Google Self-Driving Car (SDC).

Сегодня многие компании выходят на новый рынок автономных транспортных средств, конкурируя друг с другом за место на нем. Например, на севере Австралии для доставки грузов из шахт уже всю используют автономные грузовики. В США, Дании и Японии для повышения производительности сельского хозяйства задействованы автономные тракторы, а также проводятся испытания автономных автобусов. Компания Uber включила в состав своего таксопарка в США автономные автомобили. Разумеется, в обозримом будущем во всех таких автономных транспортных средствах будут находиться люди, которые смогут вмешаться, если что-то пойдет не так.

Важный фактор, придающий мощный импульс разработке автономного транспорта, — это убеждение в том, что с появлением автономных автомобилей резко сократится количество смертей из-за аварий на дорогах. Аргументация сводится к следующему: благодаря наличию датчиков автономные автомобили способны быстрее и эффективнее обнаруживать другие автомобили и пешеходов, чем управляющий машиной человек, а значит, у них больше шансов совершить нужный маневр и избежать столкновения. Кроме того, автомобиль-робот не знает усталости и не нуждается в сне. Он не употребляет алкоголь и никогда не отвлечется на крик сидящего сзади ребенка.

Но далеко не все находят эти доводы убедительными. После внесения в законодательство штата Невада поправок, разрешающих движение по дорогам автономных автомобилей, офицер дорожной полиции Чак Аллен заявил следующее: «Когда для обеспечения безопасности других вы полагаетесь на механические устройства, диктующие вам, с какой скоростью и куда двигаться, это не может не вызывать беспокойство». Автономные транспортные средства редко становятся участниками ДТП. Тем не менее на их счету есть ряд серьезных провалов и пара аварий с летальным исходом. «Водитель» человек должен быть все время начеку, внимательно следя за обстановкой, чтобы своевременно взять управление на себя в случае возникновения непредвиденной ситуации, такой, например, как временная разметка, признаки опасности, которые могут быть правильно истолкованы только человеком, или, скажем, указание дорожного полицейского на необходимость снизить скорость, поскольку где-то впереди на дороге произошла авария. Но, если человек часами занимается исключительно тем, что наблюдает за работой автоматических систем, он обречен на предвзятое отношение к ним. В результате он начинает всецело доверять автомобилю и полагаться на него, утрачивая способность адекватно реагировать на возможные источники опасности.

Наконец, остаются без ответа вопросы этического характера. Например, как должен поступить автономный автомобиль в ситуации, когда ему придется выбирать, с кем и чем столкнуться: с пожилым человеком на велосипеде, с другим автомобилем с беременной женщиной и двумя детьми внутри или со стеной? В последнем случае будут спасены пожилой человек и пассажиры другого автомобиля, но при этом придется пожертвовать жизнью человека, находящегося в самом автономном автомобиле. Впрочем, какими бы интересными ни казались подобные вопросы, они пока не имеют ничего общего с возможностями современных датчиков, устанавливаемых на транспортные средства. Помимо обеспечения высокой точности при анализе происходящего вокруг автомобиля пришлось бы «знать» все о дорожном покрытии и наличии на нем каких-либо повреждений. Он должен был бы совершить невозможное — распознать то, что скрыто от датчиков.

На преодоление всех трудностей уйдут годы, но, по мнению экспертов, уже к 2050 г. наши дороги изменятся до неузнаваемости. Мы вполне можем добиться радикального сокращения количества ДТП, если полностью исключим влияние человеческого фактора и обеспечим возможность непосредственного взаимодействия между автомобилями и датчиками на

дорогах с целью взаимного оповещения об авариях впереди и автономного реагирования на изменение среды. Разумеется, при этом они по-прежнему могут быть уязвимы для хакеров.

Одомашнивание роботов

У многих из нас уже есть роботы, пускай и самые заурядные. Современные домашние роботы — далеко не человекоподобные помощники из мира научной фантастики. Они совсем не похожи на С-3РО из «Звездных войн». Некоторые из них больше напоминают пухлые фрисби на колесиках. Их удел — выполнять самую скучную и монотонную работу, которая большинству из нас не по душе: они пылесосят, моют окна, вытирают пол, а также чистят водостоки и сточные канавы.

По данным Международной федерации робототехники (IFR), в 2014 г. было продано 4,7 млн роботов, предназначенных для использования в личных и бытовых целях. В 2015 г. этот показатель вырос до 5,4 млн, а общий объем продаж составил \$2,2 млрд. Какого-либо сокращения этого перспективного международного рынка в ближайшем будущем ждать не приходится: по прогнозам IFR, в 2016–2019 гг. будет продано 42 млн единиц (и это еще самая скромная оценка).

В будущем все больше наших домашних забот, таких как уборка и стирка, будут отданы на откуп роботам. Причем технологии не стоят на месте: уже сейчас появляются роботы, способные гладить и складывать полотенца, а также роботы, которым не составляет никакого труда разобрать грязное белье, загрузить его в стиральную машину, а после окончания стирки — достать белье. До массового производства дело, конечно, еще не дошло, но, вполне вероятно, мы увидим их у себя дома уже в ближайшие 20–30 лет, если не раньше.

Также быстрыми темпами идет развитие роботов для сферы общественного питания: они занимаются приготовлением бургеров, пиццы и суши. Ну и конечно, нельзя не упомянуть о роботах, умеющих легко и быстро смешивать коктейли. Не нужно быть пророком, чтобы предсказать стремительное падение цен на эти виды роботов в ближайшие 20 лет, что сделает их доступными для обычных людей.

«Заурядной» эту область робототехники я называю потому, что она берет на себя скучные, монотонные, повторяющиеся изо дня в день виды работ, которые составляют бытовую сторону нашей жизни. Но если представить себе, сколько свободного времени у нас появится, когда все эти роботы станут частью наших «умных» домов, подключенных к интернету вещей (см. главу 8), рассуждать о скуке уже вряд ли уместно. Впрочем, есть одна серьезная проблема — если вы живете не во дворце, в вашем доме, скорее всего, просто не хватит места, чтобы разместить все эти устройства. Так что мы вряд ли сможем воспользоваться ими, пока не появятся многофункциональные роботы. Однако пока нет никаких признаков, указывающих на возможность их появления в ближайшем будущем. Да и к тому же «умные» дома в будущем наверняка будут оснащаться техникой со встроенными роботами: они могут встраиваться в каркас наших жилищ уже на этапе строительства. Например, в таком доме может быть плита, которая сама выключит нагрев сковородки, если вы выйдете из кухни и не вернетесь через 20 минут.

Роботы-сиделки и роботы-помощники

Количество роботов, занятых в сфере ухода, в течение последнего десятилетия росло особенно быстрыми темпами. По данным IFR, в 2014 г. количество роботов-помощников для пожилых людей и инвалидов резко выросло по сравнению с предыдущим годом — в шесть раз. При правильном подходе к делу эта тенденция может сделать нашу жизнь намного лучше, но стоит нам ошибиться, и серьезные отрицательные последствия не заставят себя ждать.

Особенно внимательно следует следить за развитием роботов-нянь. Ряд азиатских производителей решил попытаться воплотить мечту об идеальной няне. В результате появились роботы с встроенными консолями для видеоигр, возможностью развлекать ребенка всевозможными викторинами, средствами распознавания лица и голоса, а также ограниченным набором фраз для поддержания беседы с детьми дошкольного возраста и удержания их внимания. Аудиовизуальная часть таких роботов проектируется так, чтобы они могли уберечь ребенка от возможных источников опасности. Они будут пользоваться большим спросом у занятых родителей, тратящих все свое время на карьеру, особенно если учесть, что цены на такую технику непрерывно снижаются. Некоторые родители уже начали использовать модели подешевле, такие, например, как робот Hello Kitty стоимостью около £2000.

В результате старения населения появился еще даже более серьезный стимул для разработки роботов, способных осуществлять уход за людьми пожилого возраста. Япония уже близка к созданию целой сферы услуг по уходу с использованием роботов. Примерами могут служить робот My Spoon компании Secom, оказывающий помощь при приеме пищи, робот компании Sanyo, представляющий собой электрическую ванну, которая автоматически моет и ополаскивает находящего в ней человека, робот Wakamura компании Mitsubishi, контролирующей состояние человека, обеспечивающий коммуникацию с другими людьми и напоминающий о необходимости принять лекарства, а также робот RI-MAN компании RIKEN, способный переносить человека и выполнять простые голосовые команды. Вслед за Японией аналогичные разработки начинают появляться в Европе и США, где проблема старения также стоит достаточно остро.

Как и в случае с любой другой, стремительно развивающейся инновационной технологией, мы должны внимательно проанализировать возможные факторы риска и проблемы этического характера. Многие из прикладных решений в области робототехники могут принести большую пользу в уходе за детьми и пожилыми людьми. Например, для людей с деменцией и другими симптомами старения головного мозга наличие робота-помощника может предоставить большую степень независимости. Благодаря этому люди в возрасте, которые часто весьма ранимы, смогут дольше оставаться дома, вне стен специализированных учреждений. Если речь идет о детях, то, как показывают исследования, роботы оказываются особенно полезны в работе с детьми с особыми потребностями.

Вызывая естественное любопытство у детей, роботы стали прекрасным средством мотивации, которая может способствовать развитию интереса к науке и технике. Кроме того, с их помощью ребенку легче общаться со взрослыми. Но мы не должны допустить нарушения прав этих уязвимых групп: самых маленьких и пожилых людей. Общество обязано гарантировать защиту их интересов. На нем лежит моральная ответственность обеспечить эмоциональное и психологическое благополучие всех граждан, независимо от их возраста. Заглядывая в будущее, можно констатировать, что нам придется жить среди большого количества роботов, оказывающих содействие в выполнении различных задач по уходу за людьми. Но мы должны позаботиться о том, чтобы основную работу по уходу все-таки делали люди.

Роботы в вооруженных конфликтах и на службе полиции

Вряд ли кого-то удивит, что военные разных стран по всему миру давно присматриваются к роботам, надеясь использовать их в ходе вооруженных конфликтов. С моральной точки зрения вполне уместными вариантами использования роботов в контексте военных действий могут быть обезвреживание взрывных устройств, эвакуация раненых с поля боя и сбор разведывательных данных с воздуха.

При этом по всему миру ведется активная разработка роботизированного оружия, способного убивать людей без участия оператора-человека. Например, Министерство обороны США под

автономными видами оружия понимает системы, которые после запуска способны самостоятельно выбирать цели и обезвреживать их (путем применения силы) без вмешательства со стороны человека. Китай, Россия, США и Израиль — все эти страны прилагают максимальные усилия для того, чтобы получить автономные танки, истребители, подводные лодки и корабли, планируя использовать их в составе групп с возможностью координации между единицами техники.

Применение такого оружия противоречит нормам международного гуманитарного права (права вооруженных конфликтов, примером которого являются Женевские конвенции) и представляет серьезную угрозу международной безопасности. Даже если оставить в стороне все прочие аргументы за и против войны, многие сочли бы неправильным с моральной точки зрения делегировать машине решение об убийстве человека. Вот уже несколько лет я принимаю активное участие в работе крупной международной коалиции НКО и нобелевских лауреатов, занимающейся — и, надо сказать, не без успеха — продвижением в ООН идеи о принятии нового международного соглашения, запрещающего разработку и применение данного вида вооружений.

Но новое международное соглашение будет распространяться только на вооруженные конфликты, но не на деятельность гражданских служб охраны правопорядка. Правоохранительные органы уже более десятилетия используют роботов для обезвреживания взрывных устройств, освобождения заложников, противостояния преступникам в ходе вооруженных перестрелок, наблюдения и сбора информации. На первый взгляд, в этом нет ничего предосудительного. Однако у правозащитников вызывает все большую озабоченность усиливающаяся тенденция к тому, чтобы вооружать роботов так называемым оружием несмертельного действия. Уже несколько лет, начиная с 2014 г., южноафриканская компания Desert Wolf продает беспилотные летательные аппараты Skunk, оснащенные четырьмя пейнтбольными ружьями, каждое из которых способно выстреливать по восемь патронов с перцовым газом в секунду. Не справляясь с непрерывно растущим спросом, компания открыла новые производственные площадки в Омане и Бразилии. Популярность вооруженных гражданских беспилотников растет очень быстро. А законодатели штата Северная Дакота в США приняли Закон 1328, по которому полиция получает право вооружать свои квадрокоптеры оружием несмертельного действия, включая, например, электрошокеры Taser (применение которых при определенных обстоятельствах может привести к летальному исходу).

Правоохранительные органы во многих штатах США уже не один год работают над созданием роботизированных видов оружия. Первой его жертвой стал предполагаемый снайпер в Далласе в июле 2016 г. В тот раз применение роботов было вполне оправданным, так что специалисты в области права признали его законным. Но возможно, что правоохранители переступили черту дозволенного. Мы должны защищать полицейских, а они в своей работе должны стараться свести к минимуму использование средств насильственного характера. Когда такие средства оказываются неэффективными, неизбежно происходит постепенная эскалация уровня насилия пропорционально серьезности совершаемого правонарушения. Автономным роботам соблюсти необходимый баланс будет исключительно трудно.

Разрабатываемые сейчас автономные виды оружия, предназначенные для применения в вооруженных конфликтах, в какой-то момент могут оказаться обращены против гражданского населения. В определенных ситуациях, связанных, например, с террористическими угрозами, целые армии роботов могут быть использованы для «защиты» обычных людей. Они могут стать основным инструментом осуществления контроля и слежения за большими массами людей. Если угроза террористических атак станет постоянной, избавиться от роботов уже будет непросто. Те обширные полномочия, которые

полиция получит благодаря роботам, могут легко стать источником злоупотреблений в любом обществе — и это совсем не то будущее, к которому мы стремимся.

Роботы лишают вас работы?

У нас нет недостатка в отчетах с прогнозами о наступлении в ближайшие пару десятилетий массовой безработицы по вине искусственного интеллекта и робототехники. В 2013 г. ученые выступили с прогнозом, согласно которому в ближайшие 20 лет 47% всех рабочих мест в США могут быть компьютеризированы, а в 2014 г. консалтинговая группа Deloitte дополнила публикацию исследованиями по Британии, Швейцарии и Нидерландам, авторы которых пришли к аналогичным выводам. Банки США, Великобритании и Италии выразили серьезную озабоченность ситуацией.

Существует ли решение? Нет, но есть ряд мер, которые могут помочь смягчить последствия. В частности, высказывается идея о том, что любой робот должен дополнять какие-то навыки и умения человека. В этом случае внедрение роботов не приведет к полному исчезновению какой-либо профессии или вытеснению людей из какой-либо отрасли — человек будет заниматься лишь некоторыми видами работ или выполнять вспомогательные функции. В любом случае стремительное удешевление робототехники и расширение круга задач, которые она может выполнять, многих оставит без работы.

Был сформулирован ряд предложений, направленных на компенсацию негативных последствий резкого сокращения количества рабочих мест. Основатель Microsoft Билл Гейтс выступил с предложением обязать компании уплачивать налог с каждого робота, заменяющего собой человека. Из полученных средств будет формироваться безусловный базовый доход, который может использоваться по-разному: например, каждый может получать определенную сумму, но при этом возвращать какую-то часть заработанного доллара. Пробные программы по выплате безусловного дохода уже реализуются. Однако ни одна страна пока еще не закрепила его в качестве элемента государственной политики.

Не исключено, что роботизация приведет к антиутопии, в которой многим придется столкнуться с бедностью и лишениями. С другой стороны, она может привести к реализации утопического сценария будущего, в котором у нас будет больше возможностей для того, чтобы распоряжаться своим временем по собственному усмотрению. Что именно нас ждет — покажет только время.

Роботы — решение проблемы изменения климата

Согласно прогнозам, в результате изменения климата (см. главу 3) может сложиться ситуация, когда еды и воды на Земле останется меньше, чем нужно растущему населению планеты. И тут на помощь могут прийти роботы, которые позволят в какой-то мере предотвратить или смягчить негативные последствия.

Автономные подводные аппараты способны проникать туда, где людям находиться трудно, — они могут подниматься и опускаться в толще океанской воды, собирая важнейшую информацию о глобальном потеплении. Примером таких передовых исследований может служить работа, проводимая специалистами по биологии моря в Научно-исследовательском институте аквариума в заливе Монтерей в городе Мосс-Лендинг в штате Калифорния. Их подводные аппараты (например, Paragon) выполняют основную часть рутинной работы, необходимой для изучения океана в современных условиях. Они также используют подводных роботов для выявления и устранения вреда, причиняемого коралловым рифам.

В Сингапуре сотрудники Национального агентства по водным ресурсам с помощью роботов-лебедей осуществляют мониторинг состояния водоемов, анализируя целый ряд физических и биологических параметров. В рамках еще одного проекта, также реализуемого в Сингапуре, ведется разработка крошечных роботизированных морских черепах: если выпустить армию

таких черепаха в океан, они смогут обеспечить постоянный мониторинг океанской среды и сократить негативные последствия нефтяных разливов. Несколько групп исследователей по всему миру, включая группу специалистов из Шотландии, работают над подводными роботизированными системами, способными проводить диагностику повреждения коралловых рифов и обеспечивать их восстановление. Предполагается, что «коралловые боты», как их называют, будут работать группами, похожими на пчелиный рой или муравейник. При этом их запрограммируют таким образом, чтобы распознавать кораллы и отличать их от любых других морских объектов. Задача роботов будет заключаться в восстановлении кораллов, поврежденных в результате работы рыболовных судов с донными тралами или природных катаклизмов (например, ураганов), за счет соединения оставшихся частей и обеспечения возможности регенерации.

Разводимые в Университете штата Мичиган косяки роботов-рыб помогают восстанавливать Великие озера. Передавая данные по беспроводной связи, они обеспечивают ученых постоянным потоком информации о качестве воды. «Рыбы» оснащены датчиками для фиксации температуры, измерения уровня кислорода и определения наличия загрязняющих веществ.

Шотландская ассоциация морских исследований работает над беспилотным летательным аппаратом, специально предназначенным для наблюдения за Арктикой — одним из самых опасных и труднодоступных районов нашей планеты — с целью изучения причин таяния льда. Беспилотник оснащен лазерным дальномером и камерой, что позволяет ему проводить замеры и вести фотосъемку ледников в Заполярье. Благодаря уникальному подходу к сбору данных специалистам по ледникам удается оставаться на переднем крае исследований в области глобального потепления.

Роботы играют ключевую роль в обнаружении утечек химических веществ, включая разливы нефти, утечку взрывоопасного газа метана из трубопроводов в результате разгерметизации и токсичных веществ, представляющих серьезную угрозу для людей и экосистемы. Наконец, сохраняет актуальность проблема утечек из водопроводных труб, из-за которых теряется до 25% всего мирового объема бесценной питьевой воды. В ОАЭ с помощью специального БПЛА удалось сократить потери до 10% за счет своевременного обнаружения протечек.

Робототехника способна повысить эффективность сельского хозяйства, при этом сократив вред, причиняемый окружающей среде. Так, например, беспилотные летательные аппараты используются для контроля созревания культур, помогая сократить объем возможных потерь. Автономные роботизированные сельскохозяйственные машины позволяют повысить эффективность производства и оптимизировать расходы топлива.

Защита окружающей среды и эффективное сельское хозяйство могут стать наиболее важными задачами для роботов в будущем. При условии надлежащего финансирования и координации усилий на международном уровне эти роботы вполне могут спасти человечество.

Наше будущее в окружении роботов

Это — всего лишь некоторые из областей, в которых роботы будут влиять на нашу жизнь в ближайшие десятилетия; к ним наверняка присоединятся многие другие, о которых мы сейчас даже не догадываемся. Но даже того, что мы рассмотрели в данном разделе, достаточно, чтобы понять, с какими громадными трудностями сталкивается любой, кто пытается спрогнозировать направления развития робототехники в будущем. Согласно одним сценариям, нас ждет (возможно, даже слишком) безрадостное будущее в духе антиутопий, тогда как другие уж слишком оптимистичны, представляя грядущее в радужных тонах классических утопий. Правительства еще только начинают задумываться о возможных проблемных точках, а Европейский парламент не так недавно проголосовал за первый отчет

с предложениями по разработке законодательства в области регулирования робототехники. Но, какие бы новые законы и нормы ни принимались, в конечном счете все будет зависеть только от нас — мы как потребители и как граждане сами должны внимательно следить за тем, что происходит в мире роботов, с тем чтобы сделать наше сосуществование с ними в будущем плодотворным, увлекательным и отвечающим интересам всех людей.

ДАЛЕКОЕ БУДУЩЕЕ

Путешествие во времени, апокалипсис и жизнь в космосе

16

Межзвездные полеты и колонизация Солнечной системы

Луиза Престон

Человечество, пускай и представленное немногочисленной колонией не более чем из десяти человек, живет в космосе с 2000 г. Нашим первым внеземным форпостом стала Международная космическая станция, представляющая собой обитаемый спутник Земли, но каких-либо колоний на поверхности других планет или космических объектов нам построить пока так и не удалось. Тем не менее идея о том, что когда-нибудь люди все-таки доберутся до других частей нашей Галактики и заселят их, не только занимает умы авторов книг в жанре научной фантастики, но и воспринимается в качестве обязательной составляющей образа предначертанного человечеству будущего. К тому же для многих реализация этой идеи — мерило нашего успеха. Когда человечество решило отправиться в космос, в первую очередь им двигало желание узнать что-то новое о Вселенной и нашем месте в ней. Но не только это. Может случиться так, что однажды Земля не сможет удовлетворять растущие потребности все более многочисленного человечества. Так что освоение космоса превращается в насущную необходимость — иначе человеческому роду не выжить и не сохранить другие формы жизни, с которыми мы делим нашу планету. Кроме того, в космосе предостаточно полезных материалов и энергии. Он может стать для нас практически неисчерпаемым источником ресурсов. Но, чтобы воспользоваться ими, нам придется приложить немало усилий для развития собственной культуры и технологий.

Ключ на старт!

Чем больше мы знаем — ну или, по крайней мере, начинаем узнавать — о масштабах Вселенной, тем отчетливее понимаем, сколь много нам как виду предстоит еще проделать. Мы не в силах изменить расстояния, которые необходимо преодолеть, чтобы добраться до ближайших звезд.

Ближайший сосед Земли — звезда альфа Центавра — находится от нас на расстоянии 4,3 световых лет, или 41,2 трлн км. Даже самому быстрому космическому аппарату, который сейчас есть у человечества, «Вояджеру», преодолевающему 17,7 км/сек, понадобилось бы более 70 000 лет, чтобы добраться до нее. Так что, говоря словами лейтенанта Скотта из сериала «Звездный путь», «мы не можем сделать это, капитан, — нам не хватает мощности». Таким образом, одна из первоочередных задач для нас — разработка и доработка, как в теории, так и на практике, технологий, которые позволят забраться как можно дальше в космос. С чего стоит начать?

Традиционно для полетов в космос мы используем ракеты с двигателями на химическом топливе, при сжигании которого образуются газы, создающие — ускоряясь при прохождении через сопла — тягу. Поскольку мы уже научились извлекать максимум энергии из

химических связей, как-то улучшить данную технологию, чтобы пуститься в новые космические приключения, нам не удастся. Впрочем, она вполне еще может нам пригодиться по месту назначения, когда будет найден источник топлива на другой планете. Но добраться до этой планеты в разумные сроки мы все еще не способны. Мы сейчас возлагаем большие надежды на электротермические двигатели, вот только создаваемая ими тяга чрезвычайно мала. Они используются для корректировки орбит спутников с 1970-х гг., но вряд ли мы можем положиться на них в качестве инструмента исследования Галактики. В будущем на помощь нам могут прийти ионные ускорители и солнечные паруса. Ионный ускоритель — двигатель, в котором молекулы неактивного топлива получают положительный или отрицательный заряд, то есть ионизируются и разгоняются электрическим полем, которое выталкивает их из корабля. Изначально создаваемая тяга очень мала, но в ходе полета на большое расстояние при пересчете на единицу массы топлива они способны обеспечить в десять раз большую удельную тягу, чем химическое топливо в классическом ракетном двигателе, что позволит нам, например, добраться до Марса всего за 39 дней вместо тех шести–восьми месяцев, которые требуются при использовании современных технологий. В настоящее время ионные двигатели установлены на космическом аппарате Dawn, находящемся на орбите карликовой планеты Церера. Благодаря этой технологии Dawn стал первым космическим аппаратом, посетившим орбиты нескольких космических объектов. Солнечные паруса, в свою очередь, используют излучение Солнца, преобразуя давление света в заметную силу тяги. Космический аппарат, оснащенный парусом достаточно большого размера, смог бы достичь невероятных скоростей, не неся на своем борту никакого топлива. Однако при удалении от Солнечной системы излучение будет становиться слабее, а значит, будет уменьшаться и тяга. Поэтому для удержания заданного курса кораблю понадобится какой-то другой вид топлива, который будет использоваться и для торможения.

Другие технологии, благодаря которым мы потенциально можем стать межгалактическим видом, включают плазменные двигатели (по сути, это форсированные ионные двигатели), атомные реакторы на тепловых нейтронах, а также двигатели, использующие термоядерный синтез (ту самую реакцию, благодаря которой светит Солнце) в непрерывном или импульсном режиме. Наконец, замыкают список двигатели на антиматерии, которые имеют самые туманные перспективы. Антиматерия, так же как и привычное нам вещество, которое строится из элементарных частиц (протонов, нейтронов и электронов), состоит из античастиц (антипротонов, антинейтронов и позитронов), каждая из которых практически ничем, кроме электрического заряда, не отличается от соответствующей частицы. Но при взаимодействии антиматерии с обычной материей частицы и античастицы взаимно уничтожают друг друга, превращаясь в свет. Количество выделяющейся при этом энергии максимально для данного количества вещества. Так что в случае использования антиматерии в качестве топлива мы можем получить силовую установку для межзвездных полетов с максимальной энергоотдачей. В 2006 г. Институт перспективных разработок NASA выделил средства для финансирования исследования, посвященного оценке реализуемости идеи космического корабля, использующего в качестве топлива антиматерию. Было подсчитано, что всего лишь 10-тысячной доли грамма антиматерии хватит, чтобы отправить корабль в 45-дневное путешествие на Марс. Проблема, однако, заключается в том, чтобы сгенерировать достаточное количество данного вида топлива: к настоящему времени в лабораториях по всему миру было получено такое количество антиматерии, которого едва хватит, чтобы вскипятить воду для одной чашки чая.

Дом вдали от дома

Чем быстрее и мощнее будет построенный нами корабль, тем больше у нас шансов добраться до других звезд. Наша конечная цель — космический аппарат с людьми на борту, способный двигаться со скоростью, близкой к скорости света. У этой идеи два неоспоримых преимущества. Первое и, наверное, самое очевидное связано с сокращением времени полета — при такой скорости нам потребуется всего несколько лет, чтобы добраться до ближайших

звезд. Второе: если разогнаться до скорости, равной 99,5% скорости света, время, в соответствии с теорией относительности Эйнштейна, замедлится в десять раз. Таким образом, во время межзвездного путешествия в 100 световых лет астронавт состарится всего лишь на десять лет. Главный недостаток в том, что по возвращении на Землю он не застанет никого из своих родственников и знакомых — ведь на нашей планете с начала полета пройдет целое столетие. Кораблю такого рода понадобится исключительно мощная силовая установка, а также надежная защита, которая позволит уберечь сам корабль и его команду от столкновений с астероидами и космической пылью. При этом вместо того, чтобы быстрее двигаться, нам, по-видимому, удастся замедлить время и благодаря этому уложить в свою жизнь всю огромную продолжительность полета. Межзвездному ковчегу, летящему с намного меньшей скоростью, равной, скажем, 0,2% скорости света, понадобится 10 000 лет, чтобы добраться до одной из нескольких десятков звезд. В таком путешествии придется принять участие многим поколениям находящихся на борту людей, а сам корабль превратится в корабль поколений.

Кораблю поколений придется перевезти не одну тысячу пассажиров — космических путешественников — поколение за поколением. При этом он должен будет иметь такой запас прочности, который позволит пережить все невзгоды космического путешествия длиной в тысячелетия. Такой корабль должен быть абсолютно автономным, обеспечивая каждого находящегося на борту энергией, пищей, воздухом и водой. Он должен быть оснащен чрезвычайно надежными системами, которые в течение длительного времени будут поддерживаться в работоспособном состоянии исключительно усилиями пассажиров. Фактически команда будет состоять из семей, в которых на смену родителям и дедушкам с бабушками должны будут прийти дети и внуки, рожденные на борту во время полета: пока одни будут стареть, другим придется брать в свои руки всю работу по обслуживанию и пилотированию корабля. Обитателям таких ковчегов предстоит столкнуться с серьезными трудностями биологического, социального и морального характера. Учитывая, что первым поколениям не будет суждено дожить до окончания миссии, а те, кто родится в середине пути, будут обречены провести всю свою жизнь — от рождения до смерти — на борту корабля, не видя ощутимых результатов своей деятельности, вопросы мотивации, самоуважения, самоуправления и целеполагания будут стоять особенно остро. Как это промежуточное поколение «средних детей» отнесется к вынужденному пребыванию на таком корабле? Сможет ли оно с ним смириться?

Возможно, было бы более разумно решить эти проблемы, погрузив большую часть или даже всех членов команды в состояние сна или анабиоза на борту «спального» корабля — в этом случае все его обитатели доживут до конца путешествия. Еще один возможный проект — космический корабль-сеятель, который доставит человеческие эмбрионы или ДНК в пункт назначения, которым может быть какая-нибудь планета. Однако у этой идеи есть ряд очевидных недостатков, связанных с тем, что из эмбриона или ДНК каким-то образом должен сформироваться плод, который нужно выносить, а затем воспитать родившегося человека. Поэтому предпочтительный вариант такой миссии — это полет, длительность которого будет сопоставима с продолжительностью жизни человека. Физик-теоретик Фримен Дайсон разработал концепцию такого судна под названием «Орион», который приводится в движение взрывами бомб миллиметрового размера, в которых выделяется энергия деления атомных ядер. Наконец, мы могли бы сконструировать и построить корабли, которые приводятся в движение лазерным лучом, приходящим из Солнечной системы. Стивен Хокинг, Юрий Мильнер и Марк Цукерберг продвигали эту идею в рамках проекта под названием Breakthrough Starshot, предполагающего создание прототипа миниатюрного роботизированного космического аппарата со световым парусом, который сможет совершать межзвездные полеты и даже добраться до альфы Центавра. Инициаторы проекта планируют получить готовый к запуску образец менее чем через 20 лет. Каждый из множества миниатюрных космических аппаратов, составляющих Starshot, будет состоять из крошечной

пластины с чипом, с прикрепленным тончайшим парусом. Их выведут в космос на ракетеносителе, а затем разгонят в направлении звезд до скорости в 20% скорости света лазерным лучом, испускаемым установкой на околоземном спутнике на высокой орбите. При такой скорости на дорогу до альфы Центавра аппарату понадобится 20 лет.

Возможно, что нам вовсе и не нужно ждать, пока технологии позволят удовлетворить собственное любопытство и узнать о космосе все, что мы хотим. А что, если писатели-фантасты уже нашли правильные ответы на наши вопросы? Следуя примеру героев фильмов «Контакт» и «Интерстеллар», мы могли бы «просто» отыскать так называемую кротовую нору и воспользоваться ею для перемещения по космическому пространству. Какой бы маловероятной ни казалась эта затея, мы не должны полностью сбрасывать со счетов теоретическую возможность блуждания по Галактике по туннелям кротовых нор. Однако, даже если бы нам удалось обнаружить такую «нору», в настоящее время у нас нет никаких доказательств осуществимости подобного путешествия — столь хрупкая форма жизни, как мы, вряд ли сможет пережить его.

Тщедушное тело

Для успешного освоения человеком космоса нужны не только большие деньги, новые технологии и научные разработки. Есть еще одна серьезнейшая проблема — человеческое тело плохо приспособлено к космическим полетам. Чтобы будущие исследователи космоса могли находиться вне Земли в течение длительного времени или даже всю свою жизнь, мы должны тщательно разобраться в том, как это может повлиять на нашу физиологию, не отличающуюся особенно большим запасом прочности. Преодолеть эти трудности нам помогут технологии, возможности которых мы должны проверить методом проб и ошибок, чтобы понять, способны ли они защитить организм человека от различных источников опасности в космосе. Нашими «подопытными кроликами» сейчас являются астронавты, находящиеся на борту МКС.

Люди нуждаются в системе искусственного жизнеобеспечения, которая бы снабжала их воздухом, водой и пищей, а также поддерживала комфортный уровень температуры и давления на космических кораблях. При этом на самих таких кораблях должны быть все необходимые средства защиты от опасного солнечного и космического излучения. Они должны быть способны выдерживать столкновения с микрометеоритами и космической пылью. В научной фантастике встречаются описания космических станций, состоящих из жестких вращающихся конструкций, внутри которых под действием центробежных сил создается искусственная гравитация. Но пока построить и запустить в космос такую станцию никому не удалось, так как для этого нужен космический корабль очень больших размеров. Поэтому сейчас отсутствие гравитации в космосе приходится принимать во внимание. Организм человека обладает удивительной способностью адаптироваться к жизни в невесомости. Однако, чем дольше он находится в космосе, тем сильнее сказывается на нем отсутствие гравитации. В условиях микрогравитации телу больше не нужно сопротивляться притяжению Земли, поэтому оно перестает работать в полную силу, что приводит к таким нежелательным последствиям, как атрофия мышечной ткани и снижение костной массы в результате вымывания кальция из костей. Со временем это приводит к ослаблению скелета и ускоренному развитию остеопороза. Со стороны может показаться, что парение в космосе — это сплошное блаженство и удовольствие, но на самом деле при отсутствии какой-либо другой активности космический путешественник буквально чахнет. Также, как показывает опыт, у находящихся длительное время на орбите астронавтов удлиняется позвоночник: в результате они могут стать на пару сантиметров выше. Помимо этого у них развивается отек лица — оно становится лунообразным в результате того, что жидкости в теле перемещаются вверх, что приводит к проблемам с глазами. К счастью, все эти патологические изменения носят обратимый характер и практически полностью сходят на нет после возвращения на твердую поверхность в лоно земной гравитации. Но как же быть тем, кто примет участие в

продолжительном — или даже охватывающем жизни нескольких поколений — путешествии, а также тем, кто будет осваивать другие планеты с меньшей, чем на Земле, силой притяжения?

Наконец, нельзя забывать еще об одном, не менее значимом, негативном факторе — очевидном отсутствии личного пространства. Из опыта мы знаем, что наибольшую трудность при нахождении в космосе вызывают долговременная изоляция, монотонность, нарушение сна, ограниченная мобильность, возможность соблюдения правил личной гигиены и необходимость все время находиться с одними и теми же людьми в крайне стесненных условиях. Шанс уединиться в данных обстоятельствах становится самой настоящей роскошью. МКС, единственный пример обитаемого объекта за пределами Земли, по своим размерам сопоставима с домом с пятью-шестью спальнями. Даже если забыть о тесноте, находиться в одном помещении в течение шести месяцев и более трудно как с психологической, так и с физической точки зрения. Предполагается (во всяком случае, хочется на это надеяться), что для продолжительных космических полетов будут использоваться корабли значительно большего размера, чем МКС. Жизнь в космосе сопряжена с ежедневным риском, а значит, нельзя исключать возникновение депрессии, бессонницы, тревоги, межличностных конфликтов и даже психозов. Впрочем, астронавты проходят специальную подготовку, которая позволяет им успешно справляться с угрозами такого характера. Наверняка аналогичную подготовку будут проходить и члены экипажей кораблей, отправляющихся в длительные полеты. Наконец, не секрет, что готовая к употреблению дегидрированная космическая еда не отличается особенно ярким вкусом, космическое мороженое не имеет ничего общего со своим земным аналогом, а доступный космонавтам набор специй сводится к перцу в оливковом масле, которое не дает ему разлетаться по станции. Отсутствие разнообразия в ежедневном наборе блюд может привести к формированию психологической усталости от диеты — обычного недуга тех, кто вынужден довольствоваться скудным рационом. Оказавшись в объятиях гастрономической скуки, астронавты рискуют потерять аппетит, что приведет к уменьшению количества потребляемых ими калорий и в конечном итоге — к потере веса и истощению. Так что длительное путешествие по космическим просторам не сможет состояться без богатого меню с вкусными блюдами из свежих продуктов.

Внеземные форпосты

Давайте на секунду задумаемся, как далеко продвинулось человечество, несмотря на все мрачные картины будущего, о которых говорилось выше. С момента, когда в 1961 г. Юрий Гагарин первым из людей отправился в космос, мы сделали немало: побывали на Луне, наши космические аппараты добрались до Венеры и Марса; нам удалось изучить крупные астероиды; мы засняли поверхность Юпитера и его гигантских спутников; пролетели через кольца Сатурна и ледяные струи, вырывающиеся с поверхности одного из его спутников — Энцелада; мы получили фотографии, дающие детальное представление о поверхности Урана и Нептуна; наконец, мы смогли оценить красоту замерзшего Плутона и даже вступили в контакт с движущейся кометой. Прделав большую предварительную работу по исследованию Солнечной системы, мы теперь начинаем всерьез рассматривать возможность создания автономной колонии за пределами Земли. Однако при современном уровне развития технологий строители поселения на объекте за пределами Земли неизбежно столкнутся с множеством трудностей, которые нам придется преодолеть, если мы хотим обеспечить проживание сотен или даже тысяч людей в заведомо враждебной среде.

Луна

На данный момент наиболее вероятные кандидаты для колонизации — ближайшие к нам миры. Первым пунктом назначения для наших колонизационных миссий вполне может стать Луна — идеальный перевалочный пункт, который мы можем использовать для складирования материалов и оборудования, а также размещения персонала за пределами гравитационного

полю Земли. Кроме того, она может стать удобной тестовой площадкой для обкатки технологий, необходимых для обеспечения пребывания людей на других планетах. При наличии лунной станции нам будет легче отправлять миссии к Марсу и дальше в космос. Наконец, такая станция могла бы способствовать бурному развитию космического туризма. Впрочем, создать пригодную для жизни среду на Луне совсем не просто, особенно если учесть, что сила притяжения там составляет лишь шестую часть земной. Также следует очень тщательно подходить к выбору строительных материалов: как они будут вести себя в лунном вакууме; как повысить их прочность, чтобы они могли выдерживать столкновения с микрометеоритами на скоростях до 10 км / с; как они будут реагировать на громадные перепады температуры, которая днем достигает 120° С, а ночью опускается до -153° С?

Эти лунные поселения, как и любое другое пристанище за пределами нашей планеты, будут единственным шансом на выживание для будущих обитателей Луны, а значит, они должны обеспечивать их всем необходимым, включая воздух для дыхания, воду, среду для выращивания пищи, защиту от губительного солнечного ветра и не менее губительного солнечного света, тепло и энергию во время продолжительных ночей, которые на Луне тянутся неделями. В 2009 г. неподалеку от северного полюса Луны индийский зонд «Чандраян-1» обнаружил в зоне вечной темноты более 40 кратеров, содержащих, по некоторым оценкам, около 600 млн тонн замерзшей воды. Будущие колонисты могли бы воспользоваться этим ресурсом. В условиях автономной лунной колонии более 90% этой воды можно подвергать переработке и повторному использованию: из нее будут получать углекислый газ (CO₂) и нагнетать в теплицу, где им смогут воспользоваться растения, а образующийся в процессе фотосинтеза в растениях кислород будет поступать обратно к колонистам.

Марс

Несмотря на близость к Земле, Луна никогда не захватывала воображение людей так, как Марс, который неизменно фигурирует в фантазиях о будущем форпосте человечества. Даже у предпринимателя Илона Маска есть план по переселению миллиона человек на Марс в следующие 50–100 лет с помощью Межпланетной транспортной системы (Interplanetary Transport System, ITS) — инфраструктуры и технологии, которые будут разработаны и реализованы его компанией SpaceX с целью исследования и колонизации других планет. В течение последних 40 лет наши аппараты обследовали поверхность Марса, не только помогая нам узнать что-то новое о своем прошлом, но и давая представление о том, что ждет нас в случае высадки на этой планете. Вопреки закрепившейся за ним репутации Марс сегодня обладает наиболее умеренной — почти что благоприятной — средой среди всех планет Солнечной системы, разумеется, за исключением Земли. Если допустить, что мы сможем преодолеть все физические препятствия и все-таки доберемся до Красной планеты, проведя в пути 300 дней, защитившись от радиации, пережив продолжительные периоды нахождения в условиях микрогравитации и не разбившись при посадке (до настоящего времени всего лишь 30% беспилотных космических аппаратов смогли благополучно, в целостности и сохранности приземлиться на поверхности Марса), то кажется вполне разумным поставить перед собой цель построить там станцию. Если нам это удастся, мы сможем работать в куда более благоприятных условиях, чем на Луне.

Сутки на Марсе длятся почти столько же, сколько на Земле. Да и наклон оси вращения Марса к плоскости его орбиты сравним с наклоном нашей планеты, благодаря чему сезоны на нем похожи на наши. Также там есть атмосфера (пусть и тонкая), водяной лед и участки с пригодными для жизни условиями. Однако главная проблема, которую нам придется решить, заключается в климатических условиях. Атмосфера Марса на 95% состоит из углекислого газа. Это означает, что она токсична для людей. Кроме того, из-за этого атмосферное давление там низкое (0,006 атм), то есть без специальной экипировки и оборудования люди там находиться не могут. Кроме того, сила тяжести на Марсе равна 38% земной, там всегда

холодно (от -85°C до -5°C), а на его поверхности нет водоемов с жидкой водой. Где бы мы смогли жить на Марсе? Наряду со стандартными надувными куполообразными домами на поверхности для формирования жилой среды могут использоваться метеоритные кратеры и лавовые туннели. С их помощью можно было бы собирать более масштабные конструкции, предназначенные для длительного проживания (а иначе на Марсе нельзя) и обеспечивающие достаточный уровень защиты от внешней среды. Строительство таких конструкций можно было бы разбить на этапы в рамках серии полетов — по примеру МКС, которая создавалась в несколько приемов. Эти жилища должны быть полностью автономны с первого дня своего существования, обеспечивая возможность выращивать продовольственные культуры, получать воду и вырабатывать кислород. Поэтому первыми обитателями Марса станут два вида — растения и люди, идеальные попутчики, которые могут обмениваться углекислым газом и кислородом, поддерживая друг друга.

Венера и ледяные спутники

Есть в Солнечной системе и другие интересные кандидаты, которых мы не можем полностью игнорировать, несмотря на очевидные проблемы, с которыми нам придется столкнуться, если мы решимся их колонизировать. Переехать на Венеру сегодня, конечно, не получится по причинам технологического и физиологического характера: наши хрупкие тела не продержатся и 10 сек на ее поверхности — они будут мгновенно уничтожены атмосферным давлением в 92 бар, к которому добавится испепеляющая жара при температуре 465°C , а с последним вдохом наши легкие заполнит ядовитый газ. Жизнь в убийственном пекле, коим является поверхность Венеры, будет короткой. Однако и в экстремальных условиях венерианской атмосферы есть место, где могли бы разместиться люди, а именно — верхние ее слои, состоящие из той же комбинации газов, что и атмосфера Земли. Атмосферное давление на высоте 50 км над поверхностью Венеры схоже с давлением на Земле на уровне моря (1 бар), а температура едва превышает 0°C . Если бы людям удалось разместить там обитаемые модули, они могли бы выходить наружу всего лишь в кислородной маске и рассматривать венерианские облака.

Также теоретически для нас могут представлять определенный интерес два спутника, вращающиеся вокруг газовых гигантов Юпитера и Сатурна. Если бы исследователям с Земли удалось добраться до спутника Юпитера Европы, то его покрытая льдом поверхность, где температура опускается до -220°C , вполне могла бы подойти для размещения базы (жизнь там напоминала бы жизнь в Антарктике). Правда, колонисты бы оказались подвержены смертельной радиации, которой щедро снабжает Европу магнитосфера Юпитера. Так что оптимальным местом для станции могло бы стать пространство под ледяной корой Европы либо то полушарие спутника, которое обращено в противоположную от Юпитера сторону, то есть те места, которые в наименьшей степени подвержены действию излучения. На спутнике Сатурна Титане колонистам не понадобились бы даже герметичные скафандры — им достаточно было бы прихватить с собой баллон с кислородом и тепло одеться. Из-за высокой плотности атмосферы, находясь на поверхности Титана, вы бы ощущали себя так, как будто вы в плавательном бассейне на Земле. Ландшафт там напоминает земной, и там есть плоские участки, на которых могла бы разместиться колония. Замечательнее всего то, что на Титане есть благодатная база для работы, так как на нем уже в избытке всего, что нужно для жизни, включая водяной лед.

Заключение

Если взять за отправную точку современный уровень развития технологий, то трудно спрогнозировать, чего мы сможем достичь в средне- и долгосрочной перспективе в области космонавтики. Рано или поздно нам придется отделить возможное от вероятного, реалистичные прогнозы от фантазий, а научные факты — от научной фантастики. Мы знаем, что для преодоления громадных расстояний нам нужны более мощные двигательные установки. Создание и отбор технологических решений, которые позволят совершать полеты

и станут проводником изменений, а также разработка и внедрение роботов, которые смогут исследовать космос в поисках пригодных для колонизации планет и спутников, предполагают серьезные финансовые вливания в научно-исследовательскую работу на протяжении многих лет и требуют твердой политической воли. Отбор — не людей (это будет происходить позже), а потенциальных объектов колонизации — представляет серьезную проблему: даже самый простой строительный проект на нашей собственной планете не может обойтись без предварительной подготовительной работы, связанной с обследованием места строительства, взятием проб и проведением всех необходимых исследований.

Но мы точно знаем, что изучение космоса — дело и опасное, и дорогостоящее. Мы знаем, что люди хрупки, уязвимы, требовательны к окружающей среде, что им нужны пища, вода и кислород, что они плохо приспособлены к условиям космической среды и не готовы рисковать своей жизнью. С другой стороны, наши преданные роботы-исследователи куда менее избирательны и могут делать свою работу десятилетиями и даже дольше, при этом требуя минимальный уровень защиты и поддержки. Поэтому нет ничего удивительного в том, что мы доверили машинам изучать космос вместо нас, в особенности с учетом постоянного расширения (благодаря нам) спектра их возможностей и повышения уровня автономности. Благодаря им мы узнали о Луне и Марсе достаточно, чтобы понимать, с какими проблемами столкнемся, если решим отправиться туда сами, и как справиться с этими проблемами. Впрочем, без людей, без их гибкого подхода к решению задач, без их увлеченности и природной смекалки в изучении космоса точно не обойтись. Ни одна машина (в настоящий момент) не способна проявлять любопытство так, как это делаем мы. На планетах в Солнечной системе и за ее пределами существуют сотни или, скорее, даже тысячи пригодных для жизни мест, которые ждут, когда на них ступит нога человека. Хочется надеяться, что это стремление исследовать новые миры не только будет и дальше служить стимулом для изучения космоса, но и поможет нам научиться гармонично сосуществовать с нашей собственной планетой в течение долгого времени.

Апокалипсис

Льюис Дартнелл

Все несохраненные данные будут утеряны.

Сообщение, появляющееся на экране консоли Nintendo при попытке выхода из игры Super Mario Galaxy. Из книги «Конец близко» (The End Games) Майкла Мартина

Во многих главах этой книги шла речь о том, как благодаря науке мы сможем больше узнать о Вселенной или как с появлением новых технологий наш образ жизни изменится до неузнаваемости. Но я бы хотел обратить внимание на другое — на возможные отрицательные явления, которые не заставят себя ждать, если все пойдет не по плану. Что, если будущее станет не таким, каким мы его себе представляем?

Чтобы понять, чего ждать в будущем, можно обратиться к собственному прошлому и извлечь уроки из истории. Приходится признать, что за тысячи лет с момента изобретения человечеством сельского хозяйства и появления кипящих жизнью городов надломилась и погибла не одна цивилизация. Так что непрерывное развитие и технологический прогресс, сопровождающие историю нашей цивилизации уже многие столетия, выбиваются из общей картины, представляя собой своего рода аномалию. Давайте зададимся вопросом: а какие катаклизмы могли бы привести к апокалипсису в нашем собственном будущем и, что важное

всего, что мы могли бы сделать сегодня, чтобы уберечь от гибели накопленные знания, дав возможность выжившим как можно быстрее возродить цивилизацию?

Распад любой великой цивилизации часто приводит к разрыву в течение истории. При этом накопленные цивилизацией знания растворяются в тумане времени, поступательное движение вперед прекращается, какое-то время не появляется ничего нового. Самый очевидный пример — «Темные века», наступившие после падения Западной Римской империи. Данная интерпретация истории кажется несколько упрощенной и заведомо евроцентричной, так как на самом деле в этот так называемый период стагнации после крушения великой цивилизации развитие знаний, технологий и социальных отношений продолжалось не только в исламском мире и в Китае, но и в самой Европе. Именно в это время был достигнут существенный прогресс в ключевых областях: например, изобретение тяжелого плуга привело к революции в сельском хозяйстве по всей Северной Европе с ее глинистыми почвами; тогда же появились ветряные мельницы и механические часы. Впрочем, нельзя отрицать, что раннее Средневековье было временем упадка, вызванного распадом Римской империи. Задолго до того, около 1100 г. до н. э., пришли в упадок цивилизации Бронзового века в Восточном Средиземноморье. За всю историю человечества было немало других цивилизаций и культур в разных частях света, которые пережили взлет и падение: майя, ольмеки, цивилизация острова Пасхи, Индская цивилизация и многие другие. И было бы очень самонадеянно считать, что наша собственная индустриальная цивилизация обладает каким-то чудесным иммунитетом против внезапного коллапса и что она будет существовать вечно. Более того, ряд антропологов, таких как Джозеф Тейнтер, заявляют, что общества с более сложной структурой, с большим количеством связей, то есть такие, как наше, на самом деле в большей степени подвержены риску внезапного краха.

Риск глобальной катастрофы

Крах цивилизации наступает по разным причинам: войны и вторжения, природные катаклизмы, чрезмерная эксплуатация природной среды, приводящая к ее деградации. Факторы, представляющие угрозу для нашей собственной современной цивилизации, охватывающей всю планету, в ближайшем будущем объединят термином «риск глобальной катастрофы». Они отличаются большим разнообразием: от более чем реальных (эпидемии) до маловероятных (столкновение с астероидом) или даже таких, которые не имеют ничего общего с реальностью (зомби!). Давайте остановимся подробнее на пяти наиболее вероятных угрозах.

Изменение климата

У этой угрозы есть все шансы стать началом конца современного мира. Мы знаем, что климат уже меняется и что виной всему наша собственная деятельность: выбросы углекислого газа (и метана), источники которых — промышленность, транспорт и сельское хозяйство. Дело не только в продолжающемся росте среднемировой температуры и повышении уровня океана в результате термического расширения воды, таяния ледников и повышения кислотности океанов, вызванного растворением всего этого дополнительного объема CO₂, но также и в значительных сдвигах в климатических условиях на региональном уровне. Глобальное потепление приведет к перераспределению осадков, что чревато нарастанием интенсивности наводнений в одних областях и засух в других. В обоих случаях это станет настоящим испытанием для сельского хозяйства и неизбежно повлияет на урожайность, а значит — и на пополнение запасов продовольствия для стремительно растущего населения планеты. Основным источником напряженности на геополитическом уровне в скором времени может стать доступ к надежным источникам пресной воды, которая будет цениться ничуть не меньше, чем сырая нефть и прочие ценные природные ресурсы. Войны за воду могут начаться уже в самом ближайшем будущем. Имея дело с такой сложной системой, как атмосфера Земли, океаны и континенты, со всеми связями их взаимовлияния трудно делать точные прогнозы относительно темпов климатических изменений и их

проявлений в конкретных регионах. Особенную тревогу вызывает большое количество метана, который сейчас скован в толще вечной мерзлоты и на океанском дне. Парниковый эффект, создаваемый метаном, приблизительно в 25 раз сильнее эффекта, создаваемого углекислым газом. Так что в случае попадания всего этого объема метана в атмосферу нас ждет мгновенное потепление. Риск в том, что скорость изменений может быть настолько высокой, что наша инфраструктура просто не сможет к ним адаптироваться, и современная цивилизация рухнет.

Столкновения с астероидами и кометами

Большинство астероидов находятся в поясе между Марсом и Юпитером, но орбиты некоторых из них таковы, что в определенный момент они оказываются в непосредственной близости от нас. Это так называемые околоземные астероиды. С одной стороны, в будущем они могут стать источником необходимых нам металлов. С другой — некоторые из них могут представлять угрозу для Земли. Считается, что к настоящему времени в ходе исследования космического пространства большинство потенциально опасных объектов были идентифицированы. За ними ведется наблюдение. Мы уже имеем некоторые соображения относительно того, как можно перевести угрожающий нам астероид на более безопасную орбиту, отправив к нему космический аппарат (для этого предполагается использовать практически те же технологии, что и для добычи полезных ископаемых на космических объектах). Что касается комет, спрогнозировать возможность столкновения с ними намного труднее — скорее всего, в нашем распоряжении будет всего лишь пара месяцев. Как правило, кометы находятся во внешних областях Солнечной системы, но под действием гравитационных сил они выходят на новые орбиты вокруг Солнца, при движении по которым оказываются во внутренней части системы и могут сблизиться с Землей. Приближаясь к Земле, комета будет двигаться с очень большой скоростью, а наши телескопы могут просто не успеть зафиксировать ее заранее и у нас не будет времени, чтобы что-либо предпринять для изменения ее траектории движения. Последствия столкновения с крупным астероидом или кометой будут ужасающими. Падение такого объекта в океан спровоцирует цунами, которое поглотит все, что находится на побережье, тогда как после столкновения с сушей последуют выброс в атмосферу огромного количества распыленных горных пород и повсеместные пожары. В обозримом будущем Землю вряд ли ждет столкновение с небесным телом диаметром 10 км, аналогичным тому, который, как считается, стал причиной массового вымирания динозавров 65 млн лет назад. Но даже столкновения с астероидом или кометой диаметром 1 км хватит, чтобы стереть с лица земли крупный регион и дестабилизировать современный мир настолько, чтобы он вступил в фазу упадка.

Супервулканы

Во многом последствия мощного извержения вулкана сопоставимы с последствиями столкновения с астероидом. Очевидно, что, если вам доведется оказаться в непосредственной близости от вулкана во время извержения, ваша участь будет ужасной — извергающаяся лава, вырывающиеся облака пепла, падающие камни и ядовитые газы не оставят вам никакого шанса. Но куда более серьезную проблему представляет влияние, которое может иметь на климат планеты достаточно мощное извержение. Пепел и соединения серы поднимутся высоко в атмосферу и частично перекроют доступ солнечному свету, что приведет к вулканической зиме продолжительностью в несколько лет. Одного этого хватит, чтобы поставить крест на сельском хозяйстве на всей планете. В долгосрочной перспективе внезапное похолодание может даже спровоцировать очередной ледниковый период. Не так давно мы уже имели возможность почувствовать на себе все «прелести» такого похолодания. В результате извержения вулкана Тамбора в Индонезии в апреле 1815 г. человечеству пришлось пережить трудный период в своей истории, названный «годом без лета»: по всей территории Северного полушария отмечался недостаток продовольствия. По мнению некоторых ученых, из-за извержения вулкана Тоба 71 500 лет назад (регион, в котором находится Индонезия, отличается исключительно высокой вулканической активностью, так

как находится в активной зоне тектонического разлома) население Земли сократилось до нескольких десятков тысяч человек. Сегодня вулканологи очень внимательно следят за активностью огромной вулканической кальдеры — ее диаметр составляет 40 км — в Йеллоустонском национальном парке в США. Это супервулкан, последнее извержение которого произошло 640 000 лет назад. Тогда под слоем пепла оказалась практически вся нынешняя территория США к западу от Миссисипи. Если — или, скорее, когда — йеллоустонский супервулкан станет снова активным, это вполне может причинить такой ущерб нашей цивилизации, от которого она не сможет оправиться.

Корональные выбросы массы

Астероидами и кометами список внеземных источников опасности, потенциально способных вызвать апокалипсис, не исчерпывается. Например, Солнце, которое обеспечивает существование практически всех форм жизни на Земле, также может представлять угрозу для нашего современного технологического мира. Как и любая другая звезда, оно периодически выбрасывает мощные струи из своей короны, которые называют «корональными выбросами массы». Эти всплески звездного вещества объемом в миллиарды тонн проносятся по Солнечной системе в виде горячего «плазменного пузыря», который состоит из ионов и электронов, удерживаемых вместе магнитным полем. Вероятность того, что такой корональный выброс полетит прямо к Земле, весьма невелика, но все-таки она существует. Если сила всплеска окажется достаточно большой, последствия будут носить поистине катастрофический характер. Чувствительная электроника и солнечные батареи космических аппаратов просто не смогут пережить всплеск потока частиц, которым сопровождается выброс, а при значительной мощности выброса может выйти из строя значительная часть нашего активно пополняемого парка спутников, от которого зависит работоспособность космической связи, систем, занимающихся наблюдением за поверхностью Земли, и GPS-навигации. Посылаемые GPS-спутниками сигналы точного времени также играют ключевую роль в координации многих процессов на поверхности планеты, включая финансовые транзакции, без которых не может существовать современная мировая экономика. Но вторжение коронального выброса в магнитное поле Земли может иметь еще даже более серьезные последствия для нашей жизни. В результате сильного возмущения магнитного поля в проводах электросетей образуются мощные токи, которые способны вывести из строя жизненно важные трансформаторные подстанции. Когда в 1859 г. на Землю обрушился так называемый Каррингтонский шторм, представлявший собой мощнейшую геомагнитную бурю, северное сияние можно было наблюдать даже на большом удалении от полюсов, стрелки магнитных компасов показывали совсем не туда, куда они должны показывать, а искры, сыпавшиеся с телеграфных проводов, приводили к возникновению пожаров. И это в мире, который был еще очень далек от повсеместной электрификации. Если бы нечто подобное произошло сейчас, современному обществу был бы причинен куда более серьезный ущерб, особенно если допустить, что долговременные отключения электричества будут затруднять ремонтные работы. В 1989 г. в результате мощной солнечной бури произошли массовые отключения электроэнергии на всей территории Квебека. Совсем недавно, в 2012 г., Земля совсем чуть-чуть разминулась с выбросом колоссальной мощности. Если бы он обрушился на нашу планету, значительная часть современной инфраструктуры оказалась бы выведена из строя.

Пандемии

Инфекционные заболевания были бичом человечества на всем протяжении истории. Но периодически среди них появляются особенно страшные, вызывающие эпидемию, жертвами которой становится значительная часть населения. Считается, что так называемая черная смерть — бубонная чума — появилась в степях Центральной Азии, откуда сначала с караванами торговцев, идущими по воссозданному монголами Шелковому пути, а затем с крысами на борту купеческих судов попала в Средневековую Европу в 1347 г., положив начало эпидемии. В течение следующих нескольких лет чума унесла жизни приблизительно

трети всего населения Европы. В городах, где заболевших было особенно много, погибло до половины всех жителей. По оценкам исследователей, общее количество жертв эпидемии, прокатившейся по всей территории Евразии, составило 100–200 млн человек. Еще один пример — на этот раз из недалекого прошлого — эпидемия «испанки», начавшаяся в марте 1918 г., в самом конце Первой мировой войны, и за каких-то шесть месяцев распространившаяся по всему миру. Около трети всего населения планеты оказалось заражено данной инфекцией. Приблизительно в 50 млн случаев все закончилось летальным исходом. Если бы в современном мире появился вирус с высокой инфицирующей активностью и высоким уровнем смертности, это могло бы привести к куда более губительным последствиям. Сегодня большинство людей живут в городах, отличающихся крайне высокой плотностью населения. Такая среда создает идеальные условия для быстрого распространения инфекций, а регулярное авиасообщение, связывающее все уголки нашей планеты, существенно затрудняет работу по изоляции очага заболевания или введению карантина. Если даже незначительная часть населения планеты заболеет и умрет в течение короткого промежутка времени, это может нанести серьезный удар по инфраструктуре, от которой зависят такие жизненно важные отрасли, как пищевая промышленность и транспорт, здравоохранение, обеспечение правопорядка, очистка воды, выработка электроэнергии.

«Архивный файл» для цивилизации

Последствия некоторых катастроф, например столкновение с крупным астероидом или глобальная ядерная война, скорее всего, окажутся настолько масштабными и разрушительными, что выжившим будет крайне трудно быстро восстановить утраченное. Есть сценарии, такие как корональный выброс, в которых может пострадать наша технологическая инфраструктура, тогда как жизни людей поначалу ничего угрожать не будет. Правда, после такой катастрофы начнется яростная борьба за сокращающиеся ресурсы, которая приведет к вторичной депопуляции. Наверное, оптимальный вариант конца света — во всяком случае с точки зрения выживших, которым придется начинать все с начала, — это внезапная вспышка смертоносной инфекции. В этом случае вымрет большинство населения, но при этом сохранятся все материальные объекты: оставшиеся в живых смогут пользоваться имеющимися запасами, пока не восстановят навыки и знания, которые позволят им воссоздать цивилизацию.

Так что же мы можем сделать сегодня, чтобы обезопасить свое будущее в случае глобальной катастрофы или крушения цивилизации? Существует многочисленное сообщество людей, которые всерьез рассматривают возможность наступления апокалипсиса уже при их жизни. Они есть по всему миру, но особенно много их в США. «Выживальщики», или «специалисты по выживанию», накапливают запасы жизненно важных предметов потребления, включая консервы, бутилированную воду и лекарства, а также оружие и средства самообороны. Но как быть со знаниями, которые понадобятся, чтобы делать все самим после гибели индустриальной цивилизации? Нам потребовалось не одно столетие, чтобы понять базовые явления и разработать основные технологии. Как нам сохранить это ядро человеческого знания для будущих поколений на тот случай, если когда-нибудь все-таки будет «нажата кнопка» и «все несохраненные данные будут утеряны»? Как нам помочь выжившим избежать погружения в новые «темные века» и побыстрее восстановить цивилизацию, начав с самых азов?

Сегодня мы располагаем огромной коллекцией знаний, которая доступна онлайн: здесь и энциклопедии вроде Wikipedia, и практические руководства, и обучающие видео, выложенные на YouTube. Но все эти веб-сайты доступны только через интернет, который, несмотря на то что изначально разрабатывался военными как коммуникационная сеть, надежно сохраняющая работоспособность в случае ядерного удара, неизбежно исчезнет, когда в результате апокалипсиса сгорят все линии электропередачи и серверы окажутся обесточенными. (Хотя на сайте Wikipedia можно найти ироничную статью под заголовком

«Порядок действий на случай конца света», в которой объясняется, что при приближении глобальной катастрофы редакторы энциклопедии должны быстро распечатать онлайн-контент на физических носителях.) Впрочем, содержимое Wikipedia не имеет какой-либо логической структуры, которая бы напоминала учебник; да и сведений практического характера в ней не так уж и много.

В идеальном сценарии для спасения будущих поколений в случае наступления апокалипсиса нам бы следовало сформировать своего рода «книгу книг» или многотомную библиотеку, содержащую наиболее полезную информацию. В отличие от DVD или компьютерной базы данных, книгу можно прочесть без какой-либо специальной техники — нам достаточно наших глаз, чтобы получить доступ к содержанию, облеченному в форму слов и графических материалов. Джеймс Лавлок, автор гипотезы Геи, согласно которой Земля образует саморегулирующуюся систему, в 1998 г. опубликовал статью, где пожаловался на то, что «у нас нет долговечного исчерпывающего описания нашей цивилизации, по которому мы бы могли восстановить ее в случае гибели». Он предложил идею «Книги на все времена» — своего рода полного школьного учебника по всем наукам, снабженного большим количеством сведений практического характера. Бывший редактор Whole Earth Catalog и основатель журнала Wired Кевин Келли также высказался в пользу создания «Вечной книги» или «Утилитарной библиотеки», представляющей собой хранилище где-нибудь на вершине горы с 10 000 книг, содержащих основной набор знаний, которые необходимы для воссоздания инфраструктуры и технологической основы цивилизации. В этой связи нельзя также не упомянуть об организации The Long Now Foundation, занимающейся осмыслением далекого будущего человечества. В числе идей, над которыми работают ее сотрудники, есть проект строительства гигантских автономных часов на склоне горы, которые бы могли точно отсчитывать время в течение не менее чем 10 000 лет. В отличие от всех остальных авторов, чьи идеи упоминались выше, они уже приступили к сбору книг для своей собственной библиотеки под названием «Руководство по цивилизации» (которую я помог создать и в которую пожертвовал ряд книг, включая, как бы самонадеянно это ни выглядело, свою собственную научно-популярную книгу «Знание: как заново выстроить наш мир после апокалипсиса» (The Knowledge: How to Rebuild Our World After an Apocalypse)).

Что удивительно, все эти идеи далеко не новы и вовсе не являются отличительной особенностью нашего поколения. Изначально энциклопедии воспринимались в качестве зафиксированных на бумаге сборников всевозможной информации, которую должен помнить любой интеллект (само это слово означает «образовательный цикл», то есть всестороннее образование). Однако в результате экспоненциального роста знаний, обусловленного систематическими научными исследованиями, к XVII в. стало ясно, что ни один человек больше не способен удержать в памяти все, что известно человечеству, после чего акцент сместился к обобщению существующего знания для справочных целей. Но составители энциклопедий середины 1700-х гг. также осознавали куда в большей степени, чем мы сегодня, хрупкость даже самых великих цивилизаций и значимость заключенных в головах людей научных знаний и имеющихся у них практических навыков, которые могут быть утрачены.

Говоря о роли своей знаменитой «Энциклопедии», в 1751 г. Дени Дидро открыто заявлял, что она призвана служить надежным хранилищем человеческого знания, сберегая его для будущих поколений на случай катаклизма, который положит конец нашей цивилизации — как это уже произошло с древними культурами Египта, Греции и Рима, оставившими после себя лишь случайные отрывки созданной ими письменности. По его задумке, энциклопедия должна была стать своего рода «капсулой времени», заключающей в себе накопленные знания и защищающей их от губительного дыхания времени. Так родилось понятие идеализированной «всеобщей книги» (ну или по крайней мере полки, заполненной томами), которая дает систематическое объяснение всего, что известно человечеству, а также

указывает, как разные темы взаимосвязаны между собой. Причем степень дотошности составителей этих энциклопедий была такова, что они даже включали в них подробные описания экспериментов, демонстрирующих ключевые принципы, а также схемы, изображающие основные секреты ремесла и практические советы. При таком подходе идеальная энциклопедия должна была бы содержать в сжатом виде квинтэссенцию всех знаний на планете, доступных в письменной форме. Более того, эти знания должны были быть логически упорядочены, а разные части — связаны друг с другом перекрестными ссылками так, как они были бы упорядочены и связаны в памяти всезнающего существа. Разумеется, ни одному человеку не было бы под силу удержать в памяти столь колоссальный объем материала или хотя бы понять его, но, во всяком случае, любой, по крайней мере в теории, мог бы самостоятельно научиться всему, что нужно, читая одну-единственную книгу.

Однако, несмотря на доступность, бумажные носители имеют и ряд недостатков. Бумага поддается гниению и разрушается при контакте с водой, а также легко воспламеняется. К тому же строительство по всему миру надежно защищенных библиотек на случай конца света, с учетом разных сценариев развития событий, потребовало бы громадных усилий. Но благодаря современным технологиям эти зерна, из которых в будущем вновь вырастут колосья цивилизации, могут быть облечены в куда более компактный формат. Например, с помощью Kindle или любого другого электронного устройства для чтения книг, легко помещающегося в одной руке, можно получить доступ к 10 000 книг — целой библиотеке знаний. Проблема в том, что в случае наступления апокалипсиса электросети перестанут работать, и вы не сможете просто взять и зарядить свое устройство от розетки в стене. Вы испытаете глубокое чувство разочарования от того, что не сможете воспользоваться всем богатством накопленного человечеством знаний, при этом понимая, что они вот здесь, у вас на ладони. Чтобы решить эту проблему, я заполучил специальную версию Kindle, которой не страшен никакой апокалипсис: это устройство, в память которого загружены все знания, необходимые, чтобы воссоздать нашу цивилизацию, в чехле повышенной прочности со встроенной панелью солнечной батареи.

Таким образом, вы получаете в свое распоряжение целую библиотеку книг с практическими знаниями в компактном формате. При этом вы всегда можете подзарядить встроенную батарею, просто оставив устройство на солнце. Разумеется, со временем экран и солнечные панели придут в негодность, но к этому времени группа выживших, среди которых будете вы, уже продвинется далеко вперед по пути восстановления утраченного. А учитывая, что у вас будут подробные инструкции по изготовлению бумаги, чернил и простейшего печатного пресса, вы сможете выгрузить информацию из памяти устройства в низкотехнологичный формат бумажных книг.

Функционирование общества не сводится лишь к знаниям о том, как делать все, что вам может понадобиться. У вас также должны быть средства и инструменты, без которых сложно что-либо сделать. Осознав это, Марчин Якубовски подошел к вопросу выживания с несколько иной точки зрения — он занялся проектированием и созданием набора компонентов, из которых можно было бы собирать различные виды машин и оборудования. Результатом этой работы должен стать Global Village Construction Set (GVCS), представляющий собой комплект проектов, распространяемых на тех же принципах, что и ПО с открытым кодом, для сборки 50 единиц оборудования, которые все вместе способны обеспечить небольшое сообщество всей необходимой для жизни инфраструктурой. В комплект входят самые разные механизмы — от простых, таких как печь, пила и буровая установка, чуть более сложных, включая паровой двигатель на биотопливе и ветряную турбину, до куда более сложных устройств, таких как электролизные ванны для извлечения алюминия из руды или индукционные печи для плавки стали. Комплект GVCS призван обеспечить выполнение сельскохозяйственных работ, выработку энергии, транспорт и производство. И что самое интересное, любой из 50 блоков, составляющих GVCS, можно

будет отремонтировать или изготовить только с помощью остальных блоков, не прибегая к помощи никаких внешних машин. По словам Якубовски, его главная задача — помочь сообществам в развивающихся странах и добиться децентрализации средств производства. Но совершенно очевидно, что чертежи и документация для создания автономного комплекта оборудования, способного удовлетворить все потребности отдельно взятого сообщества, — это именно то, что будет нужно группе людей, борющихся за выживание в постапокалиптическом мире.

Так что, если мы все-таки всерьез рассматриваем возможность глобальной катастрофы и гибели нашей индустриальной цивилизации в будущем, мы должны уже сегодня предпринять определенные шаги, чтобы сохранить самое важное из всего того, что достигли, а именно — основные научные знания и технологические разработки, над которыми мы трудились в течение столетий. Это будет своего рода «архивный файл» для всей нашей цивилизации, с помощью которого выжившим удастся максимально быстро воссоздать нормально функционирующее общество.

18

Телепортация и путешествия во времени

Джим Аль-Халили

Для последней главы я решил выбрать что-нибудь неоднозначное, что-нибудь такое, что неизменно вызывает живой интерес. До сих пор мы говорили либо о вещах, которые совершенно точно воплотятся в реальность в недалеком будущем — по правде говоря, многие из них уже в той или иной мере вошли в нашу жизнь, — либо о пугающих прогнозах относительно будущего и тех шагах, которые мы можем предпринять, чтобы предотвратить катастрофу или хотя бы подготовиться к ней. Ну а как насчет очень далекого будущего? Что, если попытаться заглянуть в то время, когда мы, скорее всего, уже покинем Землю, чтобы исследовать космос и колонизировать другие миры? Есть ли среди идей, прочно вошедших в канон современной научной фантастики, такие, которые имеют хоть какие-то шансы на реализацию? Передо мной стоял сложный выбор, так как тем для обсуждения предостаточно — от телепатии до гипердвигателей. Я остановился на двух, представляющих наибольший интерес лично для меня. Я почти уверен, что на моем веку дальше фантазий дело точно не пойдет. Но как знать, быть может, в далеком будущем все будет по-другому?

Телепортация

Основная идея телепортации заключается в переносе материи из одной точки в другую без необходимости преодолевать физическое пространство между ними. Ее можно часто встретить в научно-фантастических книгах, фильмах и видеоиграх. И попала она туда раньше, чем вы думаете. Насколько нам известно, самое первое упоминание устройства для телепортации содержится в книге Эдварда Пейджа Митчелла «Человек без тела» [11], написанной в 1877 г.: в ней рассказывается об ученом, который изобретает машину, способную разложить тело живого человека на атомы, а затем отправить их, подобно электрическому току, по проводам к некоему принимающему устройству, обеспечивающему воссоединение. Самое удивительное в том, что книга появилась не только до открытия электрона, но даже до внятного объяснения природы самих атомов.

Перенесемся на полстолетия вперед, в 1929 г., когда Артур Конан Дойль опубликовал рассказ под названием «Дезинтеграционная машина» об устройстве, способном разделять материю на части, а потом воссоздавать ее в прежнем виде. Один из персонажей рассказа задается

вопросом: «В состоянии ли вы представить себе процесс, посредством которого вы, органическое существо, <...> постепенно растворяетесь в пространстве, а затем благодаря обратному изменению условий появляетесь вновь?»[12] Два года спустя американский писатель Чарльз Форт впервые ввел неологизм «телепортация» для объяснения случаев загадочного исчезновения людей и объектов и их предполагаемого появления где-то в другом месте. Форт относил такого рода происшествия к числу аномалий наряду с загадочными сверхъестественными и паранормальными явлениями, не находившими объяснения в рамках общепринятой научной картины мира. Благодаря интересу писателя появился целый класс «фортеанских феноменов».

Современное представление об устройстве для телепортации стало достоянием массовой культуры в 1958 г. с выходом на экраны научно-фантастического фильма ужасов «Муха» (The Fly), в котором ученый по неосторожности примешивает к своему ДНК гены мухи, залетевшей в кабину для телепортации. Однако самым известным и долгоживущим художественным воплощением идеи телепортации для множества людей по всему миру стал «транспортёр» на борту звездолета «Энтерпрайз», а фраза, которую произносит один из героев перед телепортацией — «телепортируй меня, Скотти», — стала почти крылатой. Когда образ такого устройства возник в голове создателя сериала «Звездный путь» Джина Родденберри в середине 1960-х гг., им двигало желание сэкономить на спецэффектах: показывать, как персонажи сначала исчезают в специальном отсеке, а потом появляются сразу на поверхности планеты, было куда дешевле и проще, чем изображать спуск с «Энтерпрайз» на каких-нибудь космических челноках.

Это, конечно, все очень любопытно, но что по этому поводу может сказать серьезная наука? Идея переноса материи из одного места в другое без необходимости преодолевать расстояние между двумя точками может показаться чем-то нелепым, но на самом деле в ней нет ничего необычного при условии, конечно, что вы спуститесь на уровень квантовых взаимодействий. В ходе процесса под названием «квантовое туннелирование» такие субатомные частицы, как электроны, «прыгают» из одной точки в другую тогда, когда у них нет достаточного количества энергии. Для наглядности можно привести пример мяча, который бросают в стену и который исчезает, а потом снова появляется на другой стороне стены без каких-либо последствий для нее. В этом совершенно точно нет ничего фантастического. Более того, сияние нашего Солнца, а значит, и поддержание жизни на Земле возможно только благодаря тому, что атомы водорода способны соединяться друг с другом за счет туннельного эффекта, несмотря на наличие, казалось бы, непреодолимого силового поля между ними.

Но еще более любопытное и парадоксальное предсказание квантовой механики, которое при этом было неоднократно подтверждено в ходе экспериментов, — идея запутанности, упоминавшаяся в главе Винфрида Хензингера о квантовых вычислениях. В данном случае мы имеем дело с ситуацией, когда две и более отдельные частицы оказываются связаны таким образом, что любое измерение или воздействие, осуществленное в отношении одной из них, приводит к аналогичному эффекту в отношении ее удаленного партнера, что, как кажется, противоречит теории относительности Эйнштейна о непреодолимости скорости света. В квантовой механике это объясняется тем, что запутанные частицы — часть единой системы, то есть они не ведут себя как независимые объекты.

Давайте рассмотрим следующую аналогию. Представьте, что у вас есть пара перчаток, каждая из которых лежит в своем ящике. Теперь давайте перенесем один ящик в другое место, а второй оставим там, где он был изначально. Если вы откроете тот ящик, который остался у вас, вы найдете в нем левую перчатку. При этом вам станет сразу понятно, что во втором ящике находится перчатка для правой руки. Разумеется, в этом нет ничего загадочного — ведь вы просто констатируете то, что знаете: во втором ящике всегда была правая перчатка. Но в квантовом мире вместо перчаток мы имеем дело с запутанными

частицами, каждая из которых способна участвовать одновременно в двух разных вращениях — и по часовой стрелке, и против часовой стрелки. Это явление называют квантовой суперпозицией. Открывая ящик рядом с вами, вы совершаете действие, которое называют «квантовым измерением»: вы заставляете частицу «решить», в каком из вращений ей теперь участвовать. Мы же никогда не видим частицы вращающимися в обоих направлениях — ведь это же просто нелепо! Разве нет? Квантовая механика говорит нам — и эксперименты подтверждают ее правоту, — что такие квантовые суперпозиции действительно имеют место. Более того, как только вы открываете свой ящик, чтобы проверить перчатку, частица во втором ящике сразу же переходит из суперпозиции, в которой она вращалась в обоих направлениях, к вращению в одном направлении — противоположном направлению вращения первой частицы. Все происходит так, как будто в момент открытия первого ящика в другой мгновенно передается квантовый сигнал, сообщающий второй частице, как ей себя вести.

Переход от идеи суперпозиции и запутанности к понятию квантовой телепортации кажется вполне закономерным. Но может ли такой переход быть реализован на практике? Общий принцип работы квантовой телепортации состоит в следующем: две запутанные частицы помещаются на удалении друг от друга, после чего проводится сканирование подлежащего телепортации объекта таким образом, чтобы можно было перенести только информацию о нем из одной точки в другую посредством запутанной пары.

Но даже для телепортации одного-единственного атома требуется обладать исчерпывающей информацией о его квантовом состоянии, то есть, по сути, мы должны знать о нем все. Изначально считалось, что это просто невозможно в силу так называемого принципа неопределенности Гейзенберга, согласно которому мы никогда не сможем просканировать квантовую систему так, чтобы получить всю информацию о ней, необходимую для того, чтобы воссоздать ее где-то еще. Однако решением этой проблемы может стать квантовая запутанность, обеспечивающая мгновенную передачу определенной информации на квантовом уровне. Она дополняется результатами измерения частицы, которые передаются отдельно через некоторое время. На основе собранной таким образом информации, включающей как сведения, переданные согласно принципам квантовой механики посредством запутанной пары, так и результаты сканирования, переданные отдельно на скорости света, затем на другом конце из соответствующего сырья воссоздается исходный объект.

В 1993 г. шестеро ученых из разных стран под руководством сотрудника компании IBM Чарльза Беннетта впервые продемонстрировали возможность передачи состояния частицы на расстояние посредством квантовой запутанности, тем самым положив начало современному представлению о квантовой телепортации. Работа в этом направлении продолжилась. За прошедшие годы исследователям удалось провести серию экспериментов со все большим числом запутанных атомов. Проблема, конечно, заключается в том, что, несмотря на возможность телепортации нескольких протонов света или группы атомов (относящихся к газу определенного типа, охлажденному до температуры, близкой к абсолютному нулю), использовать квантовую запутанность для передачи огромного объема информации, необходимого для описания связей между триллионами атомов, из которых состоит человеческое тело, куда труднее.

Необходимо отметить, что суть телепортации не сводится к простому созданию копии исходной частицы. Во всяком случае, на квантовом уровне передача всей информации о частице означает передачу самой частицы: переносить исходную частицу на физическом уровне просто не нужно. При этом важно понимать, что телепортация объекта предполагает, что он уничтожается в точке А и затем воссоздается в точке Б. Вместе с тем недавние

предварительные исследования, проводимые в рамках изучения телепортации частиц, показывают возможность квантовой телепортации самого объекта.

Только нужно помнить, что от технологии, используемой персонажами «Звездного пути», нас, вероятно, отделяют столетия.

Путешествие во времени

Если научной базой идеи телепортации служит квантовая механика, то есть теория строения вещества на очень малых расстояниях, источником наших представлений о путешествиях во времени является теория, описывающая Вселенную на очень больших расстояниях, — общая теория относительности Эйнштейна (ОТО).

В настоящее время данная теория — наиболее точное описание природы пространства и времени, и тот факт, что она не исключает полностью возможность перемещения во времени, дает нам повод серьезно взяться за изучение этой темы. Согласно постулатам ОТО, под воздействием материи происходит искривление пространства и времени. Более того, математический аппарат ОТО допускает возможность существования пространственно-временных областей весьма причудливой формы, таких, например, как черные дыры или кротовые норы. Теснее всего с нашей темой связана идея замкнутой времениподобной кривой. Она представляет собой замкнутую мировую линию, проходящую через искривленное пространство-время так, что время с неизбежностью возвращается к одним и тем же значениям. Если бы вам довелось проследовать вдоль этой линии, вам бы казалось, что время идет вперед, как обычно. Однако в конце пути вы бы оказались в точке отправления, в момент непосредственно перед отправлением. Таким образом, по сути, вы бы переместились назад во времени. Как раз такие петли и служат обоснованием большинства теоретических рассуждений на тему путешествия во времени.

Хотя многие физики считают петли времени «нефизическими», среди них есть и те, кто не столь категоричен в оценках. Автором первого решения уравнений в рамках ОТО, описывающего петли времени, стал Виллем ван Стокум, опубликовавший его в 1937 г. Ван Стокум рассматривал бесконечно длинный цилиндр из очень плотного вещества, быстро вращающийся в пустом пространстве. Из математического описания такого сценария следовало, что область пространства-времени вокруг цилиндра сильно искривится и при этом образуется петля времени. К сожалению, такой цилиндр не может существовать физически, так как в этом случае пространство-время имело бы весьма странные свойства, проявляющиеся во всей Вселенной, а, как мы знаем, в реальности Вселенная такими свойствами не обладает.

В 1949 г. американский математик австрийского происхождения Курт Гёдель, как и Эйнштейн, работавший в Институте перспективных исследований в Принстоне, выступил с другим гипотетическим сценарием, также не противоречащим ОТО, но при этом приводящим к появлению петель времени. Однако, как тогда, так и сейчас, большинство физиков считают, что логические парадоксы путешествия во времени, служат достаточным основанием для того, чтобы исключить его возможность, а теоретические лазейки в физических законах, допускающие путешествие во времени, в итоге будут устранены, когда мы поймем эти законы лучше. Возможно, это произойдет с появлением единой теории квантовой гравитации, которая объединит две важнейшие теории в физике: квантовую механику и ОТО. Пока что у нас нет такой «теории всего», но мы продолжаем работу над ее созданием.

К 1960–1970-х гг. несколько физиков-теоретиков, занимавшихся поиском решений уравнений ОТО, обнаружили целый ряд моделей, допускавших существование петель времени. Во всех из них фигурировали вращающиеся тела, заставлявшие деформироваться окружающее пространство-время. Наибольшую известность получила идея, предложенная Франком

Типлером, который в 1974 г. опубликовал статью, посвященную развитию теории вращающегося цилиндра ван Стокума. Он показал, что цилиндр должен быть 100 км в длину и 10 км в диаметре и изготовлен из какого-то очень необычного, исключительно плотного материала. Кроме того, он должен обладать фантастическими показателями прочности и жесткости, чтобы собственная гравитация вдоль оси его не сплющила, а также компенсировать громадную центробежную силу, разрывающую его при вращении внешней поверхности с линейными скоростями, близкими к половине скорости света. Несмотря на все это, Типлер вполне справедливо отметил, что все эти трудности не носят принципиального характера и могут быть преодолены при достаточном уровне развития технологий.

Осталось решить, как превратить цилиндр Типлера в машину времени. Идея в том, что если вы приблизитесь к вращающемуся цилиндру и несколько раз облетите вокруг него, то по возвращении на Землю вы, видимо, окажетесь в прошлом. Насколько далеко в прошлое вы вернетесь? Это будет зависеть от количества оборотов. Таким образом, даже если при облете цилиндра вам будет казаться, что время, как всегда, идет вперед, за пределами деформированного участка пространства-времени, в котором вы будете находиться, время обратится вспять. Например, нечто похожее случилось бы с вами, если бы вы решили подняться по спиральной лестнице, но с каждым новым пролетом вы оказывались бы на один этаж ниже.

Подозреваю, вы не верите в возможность манипулирования материей в таких масштабах с целью создания столь громадного объекта. Однако не исключено, что нерукотворные цилиндры Типлера уже существуют в пространстве. Вопрос их существования — предмет горячих споров. Их называют «космическими струнами». По мнению некоторых исследователей космоса, они состоят из материала, оставшегося от Большого взрыва. Они могут либо существовать в форме замкнутых петель, либо тянуться вдоль всей Вселенной. Толщиной они менее атома, но при этом плотность их такова, что даже при толщине в один миллиметр они бы весили миллион миллиардов тонн.

Один из тех, кто посвятил много времени осмыслению возможности путешествия во времени, — американский астрофизик Ричард Готт, который показал, что, если две космические струны будут двигаться вдоль друг друга на высокой скорости под определенным углом, вокруг них образуется временная петля.

Как бы там ни было, когда речь заходит о путешествиях во времени, самым правдоподобным — по крайней мере, наименее нелепым — способом перемещения в прошлое кажется так называемая кротовая нора. Кротовые норы — это своеобразные структуры пространства-времени, существование которых допускают уравнения ОТО, теоретически их описывающие. Кротовые норы представляют собой своего рода перемычку, соединяющую две точки пространства-времени. Они похожи на туннель, связывающий две различных области нашей Вселенной, проходя через какое-то иное измерение. А поскольку пространство и время тесно связаны друг с другом, в принципе два конца «кротовой норы» могут вести в разные промежутки времени, а значит, один из них будет находиться в прошлом относительно второго. Поэтому, когда вы проходите по такой кротовой норе, вы фактически путешествуете во времени — в будущее или прошлое в зависимости от выбранного направления.

В отличие от черных дыр, о которых мы уже многое знаем благодаря наличию большого количества наблюдений, кротовые норы так и остаются теоретической экзотикой. Тем не менее, может быть, однажды мы их все-таки создадим. Разумеется, технологиям XXI в. это не под силу. Да и в далеком будущем им, возможно, не появиться. Но давайте все-таки дадим волю фантазии. Если обратиться к объектам мельчайшего размера, в триллионы раз меньшим, чем атомы, мы окажемся на планковском масштабе, где сами понятия пространства и времени теряют смысл и где правят законы капризной квантовой неопределенности. Здесь нарушаются все известные нам законы физики, и все возможные формы, как угодно

деформированные, пространства-времени в случайном хаотическом танце возникают и тут же распадаются. Термины «квантовые флуктуации» и «квантовая пена», которые обычно используются для описания этой бешеной деятельности, просто не способны в полной мере передать суть происходящего. В этом слое пены могут быстро появляться и исчезать микроскопические кротовые норы. Остается только найти какой-то способ поймать одну из них и во много раз увеличить по сравнению с исходным размером прежде, чем она успеет снова исчезнуть.

Так стоит ли нам доверять этим идеям? Сможем ли мы когда-нибудь создать кротовые норы? Могут ли они служить в качестве машин времени? Могут ли в нашей Вселенной формироваться замкнутые временные петли, и сможем ли мы использовать их, чтобы отправиться в прошлое? Правда в том, что мы пока не можем дать однозначный ответ ни на один из этих вопросов. Но, чтобы не заканчивать на столь пессимистичной ноте, предлагаю вспомнить слова Франка Типлера, физика, который опубликовал первую серьезную работу на тему создания машины времени и который сам процитировал астронома Саймона Ньюкома, прославившегося на рубеже столетий благодаря ряду статей с доказательствами невозможности существования летающих машин тяжелее воздуха:

Доказательства того, что среди всех возможных комбинаций известных нам веществ, видов техники и сил нет такой, которая бы позволила создать пригодную для практического использования машину, с помощью которой люди могли бы [отправиться назад в прошлое], кажутся автору настолько полными и убедительными, насколько это только возможно для любого физического явления.

Как мы знаем, вскоре братья Райт доказали, что Ньюком был неправ в своих суждениях относительно летающих машин тяжелее воздуха. Кто знает, может быть, придет день, когда то же самое произойдет и с путешествиями во времени. Наверное, я бы не решился биться об заклад, что машина времени вообще когда-нибудь будет построена, но при этом я стараюсь придерживаться следующего подхода: раз современные научные теории не исключают такую возможность полностью, у нас достаточно причин, включая простое любопытство, поразмышлять над тем, что она может из себя представлять.

Я бы хотел закончить эту главу занимательной идеей, над которой сейчас всерьез размышляют некоторые физики-теоретики. Не исключено, что телепортация и перемещение во времени тесно связаны друг с другом. Согласно новой идее, получившей среди физиков обозначение «ER=EPR», между квантовой запутанностью (теоретическая основа телепортации) и кротовыми норами (теоретическая база путешествий во времени) имеется глубинная связь. Может оказаться, что в двух статьях, опубликованных Эйнштейном и его соавторами в 1935 г., которые до сих пор считались абсолютно не связанными, описывается один и тот же концепт. В так называемой статье EPR (название образовано из инициалов трех ее авторов — Эйнштейна, Подольски и Розена) впервые квантовая запутанность описывается как мгновенная взаимосвязь двух удаленных частиц. Сам Эйнштейн считал, что это невозможно, тем самым намекая на отсутствие у нас полного понимания квантовой теории. Вторая статья ER (за сочетанием букв скрываются все те же — Эйнштейн и Розен) стала первой работой, в которой излагалась идея кротовой норы, получившей тогда название «мост Эйнштейна — Розена».

И вот теперь, более 80 лет спустя после публикации двух статей, пришло время задаться смелым вопросом: а что, если пары запутанных частиц на самом деле способны взаимодействовать друг с другом благодаря тому, что они связаны кротовой норой? Чем

больше я читаю и думаю об этой безумной идее, тем больше она мне нравится. В ней столько изящества! Получается, что кротовые норы, если, конечно, допустить возможность их существования в физическом мире, могли бы выступать в качестве и машин для телепортации, и машин времени. Разве можно придумать что-нибудь более грандиозное?

Пока же, конечно, предмету данной главы самое место в мире научной фантастики — ну и разумеется, в математических уравнениях смельчаков из стана физиков-теоретиков.

Каким бы ни был результат, я абсолютно убежден, что в ближайшие десятилетия — и столетия — наука преподнесет нам немало сюрпризов.

Так давайте же мудро использовать новые знания.

Дополнительная литература

БУДУЩЕЕ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

Adventures in the Anthropocene: A Journey to the Heart of the Planet We Made, Gaia Vince, Vintage, 2016.

Climate Change (What Everyone Needs to Know), Joseph Romm, Oxford University Press, 2015.

The Future, Al Gore, WH Allen, 2014.

Homo Deus: A Brief History of Tomorrow, Yuval Noah Harari, Harvill Secker, 2016.

Population 10 Billion, Danny Dorling, Constable, 2013.

Scale: The Universal Laws of Life and Death in Organisms, Cities and Companies, Geoffrey West, Weidenfeld & Nicolson, 2017.

Smart Cities, Digital Nations: Building Smart Cities in Emerging Countries and Beyond, Casper Herzberg, Roundtree Press, 2017.

Tomorrow's World: A Look at the Demographic and SocioEconomic Structure of the World in 2032, Clint Laurent, Wiley, 2013.

НАШЕ В БУДУЩЕЕ

Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond to the Redesigned Human of the Future, James Hughes, Basic Books, 2004.

Creation: The Origin of Life / The Future of Life, Adam Rutherford, Penguin, 2014.

The Gene: An Intimate History, Siddhartha Mukherjee, Vintage, 2017.

Happy-People-Pills for All, Mark Walker, Wiley, 2013.

Life at the Speed of Light: From the Double Helix to the Dawn of Digital Life, J. Craig Venter, Little, Brown Book Group, 2013.

The Patient Will See You Now: The Future of Medicine Is in Your Hands, Eric Topol, Basic Books, 2016.

Spillover: Animal Infections and the Next Human Pandemic, David Quammen, Vintage, 2013.

Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies, Nick Bostrom, Oxford University Press, 2016.

БУДУЩЕЕ ОНЛАЙН

AI: Its Nature and Future, Margaret A. Boden, Oxford University Press, 2016.

Cloud Computing (MIT Press Essential Knowledge Series),

Nayan B. Ruparelia, MIT Press, 2016.

Computing with Quantum Cats: From Colossus to Qubits, John Gribbin, Bantam Press, 2014.

The Economic Singularity: Artificial Intelligence and the Death of Capitalism, Calum Chase, Three Cs, 2016.

Enchanted Objects: Design, Human Desire and the Internet of Things, David Rose, Scribner, 2015.

The Technological Singularity, Murray Shanahan, MIT, 2015.

СОЗДАВАЯ БУДУЩЕЕ

The Industries of the Future, Alec Ross, Simon & Schuster, 2017.

Innovation and Disruption at the Grid's Edge, Fereidoon Sioshansi (ed.), Academic Press, 2017.

Made to Measure: New Materials for the 21st Century, Philip Ball, Princeton University Press, 1999.

Stuff Matters: The Strange Stories of the Marvellous Materials that Shape Our Man-made World, Mark Miodownik, Penguin, 2014.

We Do Things Differently: The Outsiders Rebooting Our World, Mark Stevenson, Profile, 2017.

ДАЛЕКОЕ БУДУЩЕЕ

Black Holes, Wormholes and Time Machines, Jim Al-Khalili, CRC Press, 2012.

Emigrating Beyond Earth: Human Adaptation and Space Colonization, Cameron M. Smith, Springer, 2012.

Global Catastrophic Risks, Nick Bostrom and Milan M. Cirkovic, Oxford University Press, 2011.

The Knowledge: How to Rebuild Our World After an Apocalypse, Lewis Dartnell, Vintage, 2015.

Packing for Mars: The Curious Science of Life in Space, Mary Roach, Oneworld, 2011.

Physics of the Future: The Inventions That Will Transform Our Lives, Michio Kaku, Penguin, 2012.

Об авторах

Джим Аль-Халили — британский физик, автор научно-популярных работ, радио- и телеведущий. В настоящее время занимает должность профессора теоретической физики, а также руководит направлением популяризации науки в Университете Суррея. Джим не только занимается научными исследованиями и выступает с публикациями в области ядерной физики и квантовой биологии, но также ведет ряд телевизионных и радиопрограмм о науке, включая еженедельную программу The Life Scientific на BBC Radio 4. Был удостоен Королевской премии по науке им. Майкла Фарадея, а в 2016 г. стал первым лауреатом Медали Стивена Хокинга за деятельность по популяризации науки.

Филип Болл — писатель, автор научно-популярных работ. Получил образование в области химии и физики. В течение многих лет работал редактором журнала Nature. Регулярно выступает с публикациями о науке и ее взаимосвязи с искусством и культурой в широком смысле слова. В числе его книг: «Яркая Земля: изобретение цвета» (Bright Earth: The Invention of Colour), «Музыкальный инстинкт» (The Music Instinct), «Любопытство: как наука стала интересоваться всем на свете» (Curiosity: How Science Became Interested in Everything) и «Невидимое: опасное притяжение того, что мы не видим» (Invisible: The Dangerous Allure of the Unseen). В 2005 г. его работа «Критическая масса» (Critical Mass) удостоилась Премии Aventis за научную книгу. В настоящее время ведет программу Science Stories на BBC Radio 4. Последняя книга — «Водное королевство: тайная история Китая» (The Water Kingdom: A Secret History of China).

Маргарет Боден — профессор когнитивистики в Сассекском университете, где она участвовала в создании первой в мире академической программы по данной отрасли научного знания. Имеет научные степени в области медицины, философии и психологии. В своих исследованиях активно использует ИИ. Является членом Британской академии, а также Ассоциации по развитию искусственного интеллекта и аналогичных ассоциаций в Британии и Европе. Ее работы были переведены на 20 языков. Последняя книга — «Искусственный интеллект: его природа и будущее» (AI: Its Nature and Future).

Наоми Клаймер — инженер. Работала в сфере теле-, радиовещания и связи, занимая различные должности в таких компаниях, как BBC, ITV и Sony в Европе и США. В прошлом Наоми была президентом Инженерно-технологического института, директором Национальной школы кино и телевидения, председателем Совета международной конвенции по радиовещанию и консультантом совета Технологического центра Sony в Великобритании.

Льюис Дартнелл занимается научными исследованиями в области астробиологии в Вестминстерском университете. Его работа посвящена изучению вопроса о возможности выживания микроорганизмов на поверхности Марса в условиях постоянного воздействия космической радиации. В числе его задач — поиск признаков существования микроорганизмов и выработка методов их обнаружения на планете. Льюис регулярно выступает на телевидении и радио в передачах о науке. В числе его работ — «Жизнь во Вселенной: руководство для начинающих» (Life in the Universe: A Beginner's Guide) и «Знание: как воссоздать наш мир с нуля» (The Knowledge: How to Rebuild our World from Scratch), ставшая книгой года по версии газеты Sunday Times.

Джефф Харди — старший научный сотрудник Института Грэнтэма по изучению изменения климата и окружающей среды при Имперском колледже Лондона, где он занимается исследованием того, какой будет энергетическая система с низким уровнем углеродных выбросов, как люди начнут взаимодействовать с ней и каким образом в новых условиях построит свою работу бизнес. Ранее руководил работой по оценке перспектив устойчивого развития энергетики в Управлении по рынкам газа и электроэнергии Великобритании (OFGEM), а также занимал должность руководителя по науке в Рабочей группе III Межправительственной комиссии по проблемам изменения климата при ООН. До этого работал в Британском научно-исследовательском центре по проблемам энергетики, Королевском химическом обществе, Группе по «зеленой» химии при Йоркском университете и в атомной лаборатории в Sellafield в качестве химика-исследователя.

Винфрид Хензингер — профессор квантовых технологий в Сассекском университете. Защитил диссертацию в Квинслендском университете, продемонстрировав новые необычные квантовые эффекты с помощью ультрахолодных атомов. Значительную часть работы по теме диссертации провел в NIST в Гейтерсберге в США в качестве члена исследовательской группы под руководством нобелевского лауреата Уильяма Филлипса. В настоящее время возглавляет Сассекскую группу по технологии квантовых вычислений на ионах, а также занимает должность директора Сассекского центра квантовых технологий. Не так давно опубликовал первый проект полномасштабного квантового компьютера, рассчитанного на реализацию с использованием существующих технологий. Возглавляемая им группа ученых занимается осуществлением данного проекта.

Адам Кучарски работает доцентом в Лондонской школе гигиены и тропической медицины, где занимается изучением вспышек инфекционных заболеваний. Учился в Варвикском университете, защитил диссертацию по математике в Кембриджском университете. В 2012 г. удостоился премии за первые опыты в области популяризации науки (Wellcome Trust Science Writing Prize). Активно пишет для Observer, New Scientist и Wired. В 2016 г. дебютировал с книгой «Стопроцентная ставка: как наука и математика не оставляют места для удачи в азартных играх» (The Perfect Bet: How Science and Maths Are Taking the Luck Out of Gambling).

Джон Майлс работает в Колледже св. Эммануила в Кембридже, а также занимает должность профессора стратегий перехода к новым моделям энергетики на Инженерном факультете Королевской инженерной академии при поддержке компании Agip. В сферу его интересов входят технологические и экономические проблемы организации транспортных систем в будущем. Уделяет особое внимание энергоэффективности и влиянию на окружающую среду. Был первым руководителем Рабочей группы по «умной» мобильности при Британском автомобильном совете, где отвечал за разработку дорожной карты по развитию технологий «умной» мобильности и подготовке ряда отчетов по этой теме.

Анна Плошайски — специалист по материаловедению, инженер по профессии и популяризатор науки по призванию. Она регулярно выступает как стендап-комик на темы, связанные с материалами, выпускает подкаст под названием 'rial talk и пишет статьи о чудесных свойствах материалов в таких изданиях, как Materials World. В 2017 г. Анна стала

«Молодым инженером года» по версии Королевской инженерной академии, а также вышла в финал британского конкурса в сфере популяризации науки FameLab. В свободное время играет на трубе и занимается плаванием (ее цель — переплыть Ла-Манш).

Аарати Прасад — автор с опытом научной работы в области молекулярной генетики. Работала над документальными фильмами и радиопрограммами на научные темы для BBC1, BBC Radio 4, Channel 4, National Geographic и Discovery Channel, часто выступая в качестве ведущей. Пишет для ряда изданий; выпустила книги «В приемной у костоправа: путеводитель по миру индийской медицины» (In the Bonesetters Waiting-Room: Travels in Indian Medicine) и «Я чувствую себя девственницей: как наука перекраивает законы секса» (Like A Virgin: How Science is Redesigning the Rules of Sex).

Луиза Престон — астробиолог, представляющая Британское космическое агентство в программе ЕКА по изучению Солнечной системы «Аврора». Работает в кампусе Биркбек Лондонского университета. Работала над проектами для NASA, а также Канадского, Европейского и Британского космических агентств, занимаясь изучением различных форм жизни обитающих в экстремальных условиях в разных частях нашей планеты, с целью использования полученных результатов для оценки возможных внеземных форм жизни и сред обитания. Увлеченная популяризатор науки. В 2013 г. выступила на конференции TED с рассказом о поисках жизни на Марсе. Ее первая книга под названием «Златовласка и водяные медведи: поиски жизни во Вселенной» (Goldilocks and the Water Bears: The Search for Life in the Universe) вышла в серии Bloomsbury Sigma.

Адам Резерфорд — генетик, автор и ведущий. Ведет главную программу о науке на BBC Radio 4 — Inside Science, а также ряд других теле- и радиопрограмм. Выступал в качестве научного консультанта в процессе съемок фильма «Мировая война Z» (World War Z, 2013 г.) и в получившем «Оскар» фильме Алекса Гарланда «Из машины» (Ex Machina, 2015 г.). Опубликовал несколько работ, включая книгу «Краткая история всех, кто жил на Земле: о чем нам могут поведать наши гены» (A Brief History of Everyone Who Ever Lived: The Stories in Our Genes).

Ноэл Шарки — почетный профессор в Шеффилдском университете в области ИИ и робототехники. Содиректор Фонда ответственной робототехники, председатель НКО Международный комитет по контролю за роботизированными вооружениями и главный судья проекта BBC «Войны роботов» (Robot Wars). Сфера научных интересов Ноэля исключительно широка: психология, ИИ, лингвистика, информатика, машинное обучение, инженерное дело и робототехника, а теперь еще и этические аспекты применения технологий. Занимался научно-преподавательской деятельностью в США (Йель и Стэнфорд) и Великобритании (Эссекс, Эксетер и Шеффилд).

Джулия Слинг — член Королевского общества (FRS), британская метеоролог и климатолог. С 2009 по 2016 г. занимала должность главного специалиста Британской метеорологической службы. В течение своей карьеры привнесла инновационные подходы к пониманию и прогнозированию погоды и климатических условий с использованием сложных моделей. Проявляет особый интерес к разнообразию погодных и климатических условий в тропиках.

В 2015 г. была выбрана членом Королевского общества, а в 2016 г. — иностранным членом Национальной инженерной академии США.

Гайя Винс — автор и ведущая, специализирующаяся на темах, связанных с наукой, обществом и окружающей средой. Занимала должность редактора в таких изданиях, как Nature Climate Change, Nature и New Scientist. Пишет для газет и журналов в Великобритании, США и Австралии, а также ведет научные программы на радио и телевидении. Ее первая книга — «Приключения в антропоцене: путешествие к сердцу планеты, которую мы создали» (Adventures in the Anthropocene: A Journey to the Heart of the Planet We Made) — удостоилась премии Уинтона, вручаемой Королевским обществом за лучшие научно-популярные книги.

Марк Уокер занимает должность профессора философии на философском факультете Университета штата Нью-Мексико, где он также возглавляет Кафедру философских исследований им. Ричарда Хеддена. В своей первой книге под названием «Пиллюля счастья для всех» (Happy-People-Pills for All), вышедшей в 2013 г., выступил с идеей создания специальных лекарственных препаратов, направленных на повышение уровня счастья среди широких слоев населения. В своей последней работе «Бесплатные деньги для всех» (Free Money for All), увидевшей свет в 2015 г., продвигает идею введения безусловного базового дохода в размере \$10 000 для всех граждан США.

Алан Вудворд начал свою карьеру как физик. Со временем увлекся теорией вычислительных систем, посвятив аспирантские годы исследованиям в области обработки сигналов. После многих лет работы в правительстве Великобритании продолжил деятельность практически в том же качестве в сфере промышленности. Наконец, вернулся к своим академическим корням, став приглашенным профессором в Университете Сюррея. При этом продолжил сотрудничество с такими организациями, как Интерпол. Наибольшую известность получили работы Алана в области информационной безопасности. Однако круг его интересов весьма широк — от квантовой физики до вычислительных систем.

[1] Фукуяма Ф. Конец истории и последний человек. — М.: АСТ, Ермак, 2005.

[2] Уэллс Г. Война миров. — М.: Эксмо, 2017.

[3] Оруэлл Д. 1984. — М.: АСТ, Neoclassic, 2013.

[4] Дик. Ф. Бегущий по лезвию. — М.: Эксмо, 2017.

[5] Clustered regularly interspaced short palindromic repeats — короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами. — Прим. ред.

[6] Фукуяма Ф. Наше постчеловеческое будущее: Последствия биотехнологической революции. — М.: АСТ, ЛЮКС, 2004. — С. 22. — Прим. пер.

[7] Problem is In the Chair Not In the Computer — «Проблема не в компьютере, а в том, кто сидит в кресле перед ним». — Прим. пер.

- [8] Ресурсы «темной сети» размещаются в доменной зоне .onion (англ. «лук»). Отсюда и термин для обозначения узлов. — Прим. пер.
- [9] Знаменитый страж закона времен освоения Дикого Запада. — Прим. пер.s
- [10] В России версия игры выходит под названием «Своя игра» на канале НТВ. — Прим. ред.
- [11] Митчел Э. Спектроскоп души. Сборник рассказов. — Иерусалим: Млечный путь, 2013.
- [12] Перевод М. Антоновой. Цит. по: Конан Д.А. Дезинтеграционная машина / Конан Дойл Артур. Собрание сочинений: В 12 т. Т. 10. — М.: РИПОЛ Классик; Престиж книга; Литература, 2005. — С. 323.