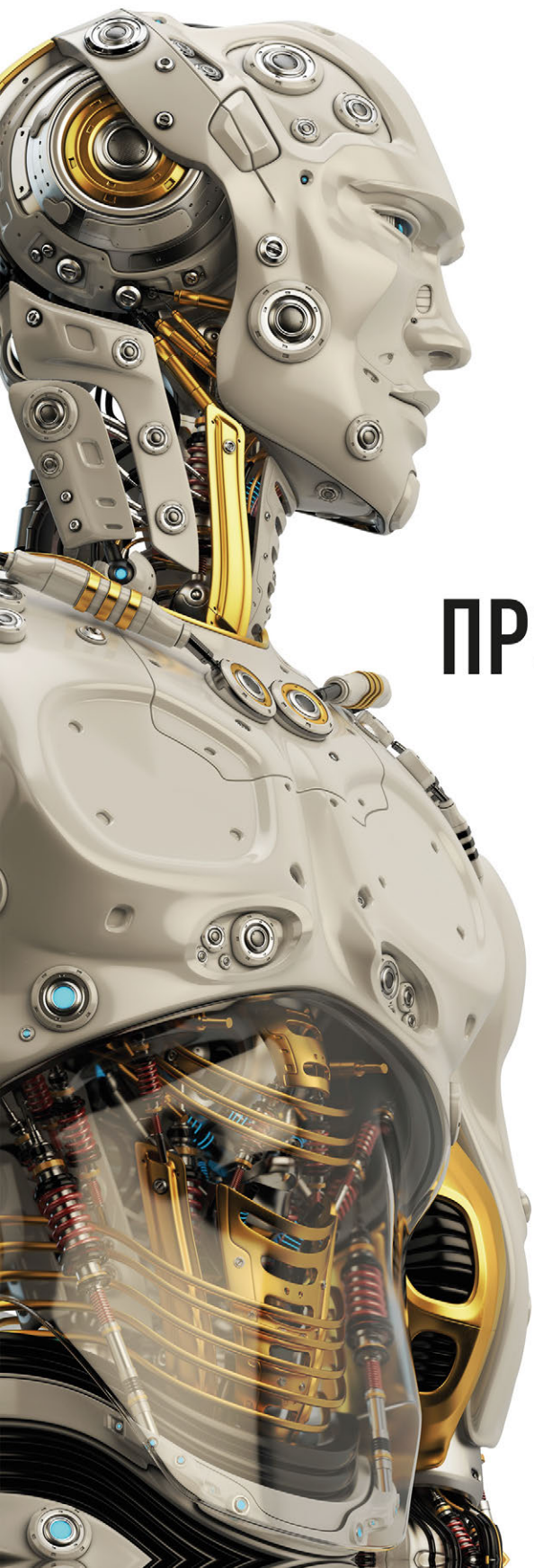




SPIEF'18

ST. PETERSBURG
INTERNATIONAL
ECONOMIC
FORUM

ПМЭФ'18

ПЕТЕРБУРГСКИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ФОРУМ

ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

КЛАУС ШВАБ

ОСНОВАТЕЛЬ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ
ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ВСЕМИРНОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФОРУМА
В ЖЕНЕВЕ, ШВЕЙЦАРИЯ



Klaus Schwab, Nicholas Davis
Foreword by Satya Nadella, CEO of Microsoft

SHAPING THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION



COMMITTED TO
IMPROVING THE STATE
OF THE WORLD

Клаус Шваб, Николас Дэвис
Предисловие Сатья Наделла, CEO Microsoft

ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

БОМБОРА™

Москва 2018

УДК 330.01
ББК 65.01
Ш33

Shaping the Fourth Industrial Revolution
Klaus Schwab, Nicholas Davis

© 2018 by World Economic Forum – All rights reserved.

Title of the English original version: «Shaping the Fourth Industrial Revolution»,
published 2018.

This translation of «Shaping the Fourth Industrial Revolution» is published by arrangement with the World Economic Forum, Cologny, Switzerland.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, whether by electronic, mechanical and/or photocopying means without the prior written permission of the World Economic Forum, Cologny, Switzerland.

Перевод с английского: *Константин Ахметов, Андрей Врублевский,
Владислав Карпюк, Андрей Козлов, Юрий Левчук*

Редактирование: *Камилл Ахметов*

Шваб, Клаус.

Ш33 Технологии Четвертой промышленной революции : [перевод с английского] / Клаус Шваб, Николас Дэвис. — Москва : Эксмо, 2018. — 320 с. : ил. — (Top Business Awards).

ISBN 978-5-04-095268-7

Четвертая промышленная революция меняет мир. Искусственный интеллект, блокчейн, нано- и биотехнологии уже трансформируют общество. Грандиозный взлет и падение самой известной криптовалюты биткоин – результат действий миллионов людей, доверившихся технологии. Клаус Шваб, основатель и бессменный председатель Всемирного экономического форума, утверждает: «Действия, которые мы совершаем сегодня, влияют на цепочку событий, трансформирующих мир. Технологии, которые нас окружают, меняются в результате наших решений, а затем меняемся и мы сами». Все мы участвуем в формировании будущего, и чтобы создать мир, в котором мы хотим жить, нужно осознать масштаб происходящих изменений. Более 200 ведущих мировых экспертов в области технологий, экономики и социологии приняли участие в работе над этой книгой, чтобы продемонстрировать читателям максимально полную картину трансформации окружающего нас мира.

УДК 330.01
ББК 65.01

© 2018 by World Economic Forum® — All rights reserved.

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2018
Все права защищены.

ISBN 978-5-04-095268-7

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие к российскому изданию	7
Предисловие	9
От автора	12
Введение	16

Часть 1

ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

<i>Глава 1</i>	
Контекст Четвертой промышленной революции	20
<i>Глава 2</i>	
Составляем полную картину	33
<i>Глава 3</i>	
Внедрение ценностей в технологии	45
<i>Глава 4</i>	
Охват всех заинтересованных сторон	69

Часть 2

ТЕХНОЛОГИИ, ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРЕМЕНЫ

<i>Краткий обзор</i>	90
РАЗДЕЛ 1. РАСШИРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
<i>Глава 5</i>	
Новые вычислительные технологии	95
<i>Глава 6</i>	
Блокчейн и технологии распределенного реестра	108
<i>Глава 7</i>	
Интернет вещей	122

РАЗДЕЛ 2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО МИРА

<i>Глава 8</i>	
Искусственный интеллект и роботы	146
<i>Глава 9</i>	
Передовые материалы	158
<i>Глава 10</i>	
Аддитивное производство и многомерная печать	168

РАЗДЕЛ 3. ИЗМЕНЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

<i>Глава 11</i>	
Биотехнологии	182
<i>Глава 12</i>	
Нейротехнологии	193
<i>Глава 13</i>	
Виртуальная и дополненная реальность	205

РАЗДЕЛ 4. ИНТЕГРАЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Глава 14</i>	
Получение, накопление и передача энергии	212
<i>Глава 15</i>	
Геоинженерия	233
<i>Глава 16</i>	
Космические технологии	242
<i>Заключение</i>	
Что вы можете сделать, чтобы помочь формированию Четвертой промышленной революции	254
<i>Благодарности</i>	277
<i>Соавторы</i>	288
<i>Библиография</i>	292
<i>Сноски</i>	310

ПРЕДИСЛОВИЕ
К РОССИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

Олег Новиков,
ПРЕЗИДЕНТ
ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ГРУППЫ
«ЭКСМО-АСТ»

ПЕРЕМЕНИ, КОТОРЫЕ ПРИВНЕСЛА В НАШУ ЖИЗНЬ ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ, НАХОДЯТ ОТРАЖЕНИЕ В КАЖДОЙ СФЕРЕ БИЗНЕСА. И ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ОТРАСЛЬ, НЕСМОТРИ НА ТО, ЧТО В ОСНОВЕ СВОЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ ОДНОЙ ИЗ САМЫХ ТРАДИЦИОННЫХ, КЛАССИЧЕСКИХ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ, СТАНОВИТСЯ ТРЕНДСЕТТЕРОМ ИННОВАЦИЙ И НОВЫХ ФОРМАТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И КУЛЬТУРНОЙ СФЕРАХ.

Цифровая трансформация экономики неминуемо расширяет границы традиционного образования. Из монолитной и статичной выстраивается новая система, где процесс образования непрерывен, а траектории обучения индивидуальны. Мы стремимся отвечать современным вызовам и формировать новые подходы в образовании для сложного меняющегося общества XXI века.

Для нас большая честь быть партнером деловой программы ПМЭФ. Уверен, книга Клауса Шваба станет надежным путеводителем для российских бизнесменов на пути к процветающей экономике доверия, в которую будут вовлечены все сферы бизнеса и государственные институты.

Сегодня для того, чтобы выигрывать в конкурентной борьбе, недостаточно предлагать хорошие цены, высокий сервис и достойное качество продукта. Технологии могут сделать вас аутсайдером или лидером, все зависит от того, как быстро вы ими овладеете. На смену успешной корпорации может прийти маленькая компания, чей адресный маркетинг обеспечивает искусственный интеллект.

Такая компания доносит свои ценности моментально и именно теми словами, которых ждет ее целевая аудитория. И это решает все.

Оставайтесь сильными, будьте в курсе технологических прорывов и первыми применяйте их в бизнесе — в этом вам поможет новая книга Клауса Шваба!

ПРЕДИСЛОВИЕ

САТЯ НАДЕЛЛА*

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР MICROSOFT

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ Остаются одной из главных тем мероприятий и публикаций Всемирного экономического форума и его основателя Клауса Шваба (Klaus Schwab). В пику противникам новых технологий они подчеркивают, что эволюция технологий целиком находится в нашей власти.

Сбор потоков информации в гигантских центрах обработки данных с мощными аналитическими функциями будет преобразовывать экономику и общество на всех уровнях, создавая невиданные ранее возможности во всех отраслях человеческой деятельности — от медицины и образования до сельского хозяйства, промышленности и сферы услуг. Моя компания, как и другие, делает ставку на объединение нескольких важных технологических трендов: смешанной реальности, искусственного интеллекта и квантовых вычислений. С помощью смешанной реальности мы создаем новый пользовательский интерфейс, который преобразует поле вашего зрения в компьютерный экран, — ваш цифровой мир и ваш физический мир становятся единым целым. Данные, приложения и даже ваши друзья и коллеги будут доступны вам благодаря вашему смартфону или планшету, где бы они вам ни понадобились — в офисе, на деловой встрече или во время конференции. Искусственный интеллект (ИИ) усилит любой профессиональный опыт, дополняя человеческие возможности такими экспертными знаниями и такой мощностью прогнозирования, которые недостижимы для человека. Наконец, квантовые вычисле-

* Сатя Наделла (Satya Nadella) — генеральный директор Microsoft, автор автобиографической книги «Нажми «Обновить», или В поисках души Microsoft и светлого будущего для всех и каждого» (Hit Refresh: The Quest to Rediscover Microsoft's Soul and Imagine a Better Future for Everyone).

ния позволят нам выйти за рамки закона Мура, гласящего, что количество транзисторов в компьютерном чипе удваивается примерно раз в два года. Квантовые компьютеры изменят физические принципы вычислений, известные нам сегодня, и дадут нам вычислительную мощность, необходимую для решения величайших и сложнейших мировых проблем. Смешанную реальность, искусственный интеллект и квантовые вычисления сегодня еще можно называть отдельными направлениями, но они уже сливаются воедино.

Таким же образом должны объединиться бизнес и общество — их целью станет расширение возможностей людей и организаций благодаря демократизации доступа к информационным технологиям. Это поможет ответить на неотложные вызовы нашего времени. К примеру, если искусственный интеллект относится к приоритетным технологическим направлениям, то одно из наиболее актуальных применений ИИ — это сфера здравоохранения. В сочетании с системами смешанной реальности, облачными технологиями и инструментами бизнес-оптимизации ИИ станет основой масштабной трансформации здравоохранения, которая затронет каждую лабораторию, клинику и медицинский центр. Для укрепления здоровья всего человечества с помощью точной медицины — которая требует учета индивидуальных особенностей ДНК, иммунной системы, среды и образа жизни каждого человека — понадобятся общесетевое машинное обучение, когнитивные сервисы и глубокие нейросети. Прозрачность и всеобщая доступность — не только этические императивы, но и инженерные требования при разработке таких технологий, так как в результате продукция и сервисы становятся лучше. Поэтому в 2016 году Microsoft, Amazon, Google, Facebook и IBM объявили о начале партнерства по вопросам ИИ, направленного на благо человека и общества. Цель партнерства — улучшение понимания ИИ обществом, а также создание методических рекомендаций по проблемам и перспективам в этой сфере. Партнеры будут проводить глубокие исследования для разработки и тестирования надежных систем ИИ в таких отраслях, как автомобильная промышленность и здравоохранение; изучать взаимодействие человека с ИИ, экономические эффекты и методы применения ИИ на благо общества.

Восстановление экономического роста и производительности для каждого — это наша общая цель, и главную роль здесь сыграют новые технологии. Наряду с ростом применения технологических инноваций в региональных экономиках нужно сделать акцент на образовании и повышении квалификации (особенно в тех секторах, где у страны или региона есть сравнительное преимущество). В циф-

ровом веке программное обеспечение является универсальной инвестицией: его можно производить и применять во всех отраслях частного и государственного секторов экономики. В любой точке мира, будь то Детройт, Египет или Индонезия, эти универсальные инвестиции должны приносить экономическую выгоду для местной экономики. Сила прорывных технологий в сочетании с квалифицированной рабочей силой тем больше, чем интенсивнее применяются эти технологии, а значит, экономический рост и новые возможности станут доступны всему человечеству.

Но главное в современном цифровом мире — доверие. Нам нужен новый нормативно-правовой климат, без которого невозможно уверенное применение инновационных технологий. Устаревшие законодательства плохо приспособлены к решению описываемых проблем — это огромная помеха.

Цель этой книги — перспективное исследование вышеперечисленных тем. Для понимания современных проблем и поиска их решений сыграют огромную роль как изучение этих тем, так и обсуждения, которые они вызывают в рамках Всемирного экономического форума. Потенциальная выгода беспрецедентна, и в этой книге мы приходим к выводу, что государственно-частное партнерство является основой для ее получения.

О Т А В Т О Р А

КЛАУС ШВАБ

ОСНОВАТЕЛЬ

И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

ВСЕМИРНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФОРУМА

МИР НАХОДИТСЯ НА РАСПУТЬЕ. СОЦИАЛЬНЫЕ И ПОЛИТИЧЕСКИЕ системы, которые спасли миллионы людей от нищеты и полвека направляли нашу государственную и глобальную политику, теперь работают против нас. Экономические выгоды, которые дают наука и производство, становятся все менее доступными, растет неравенство, а негативные последствия нашей интегрированной глобальной экономики вредят окружающей среде и беднейшим категориям населения, наименее приспособленным к тому, чтобы сносить издержки прогресса.

Общественное доверие к бизнесу, правительству, СМИ и даже к гражданскому обществу упало до такой степени, что больше половины всего мира считает, что существующая система не справляется со своими задачами. Растущая неприязнь между самой обеспеченной частью населения и всеми остальными говорит о том, что социальное единство в лучшем случае ослаблено, а в худшем — находится на грани распада.

В этих нестабильных политических и социальных условиях возникают как перспективы, так и трудности, связанные с распространением технологий, открывающих перед нами широкие возможности и кардинально меняющих наш образ жизни. Искусственный интеллект, биотехнологии, передовые материалы, квантовые вычисления и другие новейшие технологии, описанные в этой книге, закладывают фундамент для Четвертой промышленной революции.

Это не просто переход на следующую ступень развития современных цифровых технологий. Технологии Четвертой промышленной революции способны полностью изменить сложившиеся способы

восприятия окружающего мира, обработки данных, координации действий, производства продуктов и услуг. Они предлагают организациям и отдельным гражданам совершенно новые возможности для создания ценности. Со временем эти технологии изменят все, что сегодня мы воспринимаем как должное — от механизмов производства товаров и услуг до инструментов для общения, работы и восприятия окружающего мира. Уже сегодня достижения в области нейротехнологий и биотехнологий заставляют нас задуматься над тем, что значит быть человеком.

Но есть и хорошая новость: Четвертая промышленная революция полностью зависит от нас и пока находится на начальном этапе. Общественные и законодательные нормы, призванные регулировать передовые технологии, пока только формулируются. Каждый может и должен участвовать в обсуждении путей развития технологий, влияющих на нашу жизнь.

В этот переломный момент на нас лежит огромная ответственность. У нас есть возможность направить развитие новых технологий так, чтобы они работали на общее благо, помогали отстаивать человеческое достоинство и защищать окружающую среду. В противном случае высока вероятность того, что сегодняшние проблемы продолжат усугубляться по мере того, как узость интересов и предвзятость систем будет вести к усилению неравенства и ущемлению прав человека во всех странах.

Чтобы осознать важность Четвертой промышленной революции и обеспечить достижение интересов всего общества, а не только его привилегированной части, необходим новый образ мышления и широкое понимание технологий, влияющих на отдельных людей, общества, организации и правительства.

Книга «Технологии Четвертой промышленной революции» предлагает читателям основу, необходимую для ведения стратегических диспутов о передовых технологиях на местном и международном уровнях и участия в выборе траектории развития, отвечающей общечеловеческим ценностям.

Эта книга — результат работы многих экспертов мирового класса из разностороннего сообщества Всемирного экономического форума. В частности, во втором разделе приведены мнения ведущих мыслителей из Совета по проблемам глобального развития и Сети экспертов Форума. Без их участия было бы невозможно настолько подробно рассмотреть важнейшие технологические вопросы. Я также крайне признателен Сатье Наделле за столь актуальное предисловие.



ГЛАВНОЕ В СОВРЕМЕННОМ
ЦИФРОВОМ МИРЕ —
ДОВЕРИЕ. НАМ НУЖЕН
НОВЫЙ НОРМАТИВНО-
ПРАВОВОЙ КЛИМАТ, БЕЗ
КОТОРОГО НЕВОЗМОЖНО
ПРИМЕНЕНИЕ
ИННОВАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ.



Я благодарен моему соавтору Николасу Дэвису (Nicholas Davis), руководителю Всемирного экономического форума по развитию общества и инновациям, а также Томасу Филбеку (Thomas Philbeck), руководителю Всемирного экономического форума по науке и технологиям, за их интеллектуальный вклад, усердный труд и целеустремленность. Благодарю также Энн Мэри Энгтофт Ларсен (Anne Marie Engtoft Larsen), ведущего эксперта по Четвертой промышленной революции, за помощь в описании проблем технологий и глобального развития.

Хочу выразить глубокую признательность Кэтрин Эггенбергер (Katrin Eggenberger) за неоценимую помощь в издании книги, Камалю Кимаоуи (Kamal Kimaoui) за мастерскую верстку книги, Фабьенн Штассен (Fabienne Stassen) за редакторскую работу, а также Мел Роджерс (Mel Rogers), чье стратегическое мышление и ценностно-ориентированные лидерские качества нашли отклик во всех главах книги.

Я, как основатель и исполнительный директор Всемирного экономического форума, международной организации для государственно-частного сотрудничества, на своем опыте убедился, что для устойчивого инклюзивного прогресса необходимо, чтобы все заинтересованные стороны и представители всех отраслей объединили усилия для поиска общих целей и борьбы с мышлением, основанным на принципе «игры с нулевой суммой». Если мы добьемся успеха, то сможем избрать путь, который даст возможность исправить ошибки предыдущих промышленных революций и создать гораздо более справедливый, устойчивый, процветающий и спокойный мир. Я надеюсь, что эта, как и предыдущая моя книга — «Четвертая промышленная революция» (*The Fourth Industrial Revolution*), поможет нам сделать правильные шаги.

ВВЕДЕНИЕ

ОПУБЛИКОВАННАЯ В ЯНВАРЕ 2016 ГОДА КНИГА «ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ» призывает к коллективной ответственности «за будущее, в котором инновации и технологии ориентированы на человека и на служение общественному благу»:

Эпоха новых технологий – в том случае, если ее развитие будет направляться с чуткостью и ответственностью – станет началом нового культурного возрождения, которое позволит нам ощутить себя частью единого целого: истинно глобальной цивилизации. Четвертая промышленная революция может «роботизировать» человечество, и для многих людей это непоправимо изменит то, как выглядит их работа, среда, семейная жизнь и сама идентичность. Но она же сможет привести человечество к новому коллективному и моральному сознанию, основанному на общем чувстве предназначения. И мы обязаны стремиться ко второму варианту.

Актуальность этого призыва лишь выросла за последние два года. За это время научно-технический прогресс продвинул быстро развивающиеся технологии вперед, и компании взяли на вооружение новые подходы. Кроме того, появились новые эмпирические доказательства дестабилизирующего влияния перспективных технологий и новых бизнес-моделей на рынки труда, социальные взаимоотношения и политические системы.

Эта книга дополняет «Четвертую промышленную революцию» по двум направлениям. Во-первых, она призвана помочь всем читателям — от глав государств до активных граждан — получить цельное представление о происходящем, поскольку описывает проблемы с системной точки зрения и выделяет взаимосвязи между перспективными технологиями, глобальными вызовами и действиями, которые мы предпринимаем сегодня. Во-вторых, она позволяет читателям глубже заглянуть в суть отдельных технологий и управленческих проблем, для чего приводятся свежие примеры и прогнозы ведущих мировых экспертов.

ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ КНИГИ:

- Четвертая промышленная революция дает надежду на продолжение процесса развития человеческого общества, который уже привел к резкому улучшению качества жизни миллиардов людей после 1800 года.
- Чтобы добиться этого, необходима совместная работа множества заинтересованных сторон для выполнения трех главных задач: справедливо распределять блага от технологических прорывов, сдерживать их неизбежные негативные эффекты и гарантировать, что новые технологии будут расширять, а не ограничивать возможности всех жителей Земли.
- Технологии, которые стоят в основе Четвертой промышленной революции, во многом взаимосвязаны: в том, как они расширяют цифровые возможности; в том, как они масштабируются, развиваются, встраиваются в нашу жизнь; в том, как они взаимно дополняют друг друга; а также в их способности концентрировать привилегии и бросать вызов существующим системам управления.
- Чтобы воспользоваться преимуществами Четвертой промышленной революции, нам не следует рассматривать перспективные технологии ни как простые инструменты, которые полностью находятся под нашим осознанным контролем, ни как внешние силы, которыми невозможно управлять. Вместо этого нам следует попытаться понять, как и где человеческие ценности встраиваются в новые технологии и каким образом можно применять технологии для общего блага, защиты окружающей среды и прав человека.
- Все заинтересованные группы должны подключиться к глобальному диалогу о том, как технологии изменяют окружающие нас системы и влияют на жизнь каждого человека на планете. В частности, должны быть шире представлены в обсуждениях, связанных с управлением перспективными технологиями и их ролью, три группы, о которых часто забывают: развивающиеся экономики, экологические учреждения и организации, а также граждане из всех групп населения по доходам, возрасту и образованию.

Четыре главы, составляющие первую часть книги, описывают задачи и принципы, важные для строительства будущего, в центре которого стоит человек. Кроме того, они описывают взаимосвязи меж-

ду технологиями Четвертой промышленной революции, предлагают концепции для понимания и углубления роли ценностей и принципов в новых технологических системах, а также рассматривают заинтересованные группы, которые должны принимать больше участия в обсуждении и свершении Четвертой промышленной революции.

Вторая часть книги создавалась совместно с участниками Сети экспертов Всемирного экономического форума, а также Совета по проблемам глобального развития. Каждая из двенадцати глав этого раздела фокусируется на определенном наборе технологий, описывая их потенциальные возможности и объясняя, почему сегодняшним лидерам надо обратить на них внимание. Эти главы разъясняют, как новые технологии взаимодействуют друг с другом и совместно развиваются — по мере того, как изменяются наши взаимоотношения с данными, изменяется мир вокруг нас, люди получают новые возможности, и со всех сторон нас окружают новые системы беспрецедентной мощности.

Книгу завершает концепция системного управления, объединяющая важнейшие управленческие задачи, которые стоят перед руководителями всех секторов, а также перед обществом в целом. Эти задачи мы должны решать совместно, чтобы построить справедливое, устойчивое и процветающее будущее.

Часть 1



ЧЕТВЕРТАЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ
РЕВОЛЮЦИЯ

ГЛАВА 1



КОНТЕКСТ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

МИР ПЕРЕХОДИТ В НОВУЮ ФАЗУ ПРОРЫВНОГО РАЗВИТИЯ – ЭТО ОДНА из самых обсуждаемых тем в залах заседаний советов директоров и парламентах по всему миру. В главе 1 мы представим ключевые концепции Четвертой промышленной революции, определим три основные задачи, которые должны решаться совместно, и сформулируем четыре принципа, которыми могут руководствоваться граждане и руководители, чтобы направлять развитие новых технологий и систем по мере их появления.

МОДЕЛЬ МЫШЛЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БУДУЩЕГО

Четвертая промышленная революция: собирательный термин, обозначающий целое множество идущих и предстоящих преобразований в привычных, окружающих нас системах. Хотя происходящее может не показаться судьбоносным тем из нас, кто каждый день наблюдает небольшие, но заметные изменения в привычном укладе жизни, в действительности все очень серьезно. Четвертая промышленная революция, наравне с Первой, Второй и Третьей промышленными революциями, открывает новую главу в развитии человечества. Как и прежде, в ее основе лежит массовое распространение целого ряда новейших технологий.

Эти передовые технологии опираются на достижения предыдущих промышленных революций, в частности на цифровые системы Третьей промышленной революции. Можно выделить двенадцать групп новых технологий, которые мы рассмотрим во втором разделе книги, в том числе искусственный интеллект, робототехнику, аддитивное производство (3D-печать), нейротехнологии, биотехнологии, виртуальную и дополненную реальность, передовые материалы и энергетические технологии. Однако свою роль сыграют также идеи и технологии, о которых мы еще не знаем.

Четвертая промышленная революция — это не просто название для перемен, вызванных техническим прогрессом. Прежде всего, это возможность определить рамки общественных дискуссий, помогающих всем — от политиков и технологических лидеров до граждан всех стран, из всех социальных групп и с любым уровнем доходов — понять, как влияют на наш мир мощные, перспективные, взаимодействующие друг с другом технологии, и научиться направлять это влияние.

Для этого нам необходимо изменить отношение к новым технологиям. Их не следует считать непреодолимыми внешними силами, которые неизбежно определяют наше будущее. Но нельзя принимать и противоположную точку зрения, рассматривая технологии просто как инструменты, которые можно использовать, как заблагорассудится.

Мы должны лучше понять, как новые технологии, отражающие и воплощающие человеческие ценности, связаны между собой и какое влияние оказывают на нас, когда мы принимаем решения относительно их финансирования, разработки, внедрения и обновления. Без этого мы вряд ли сможем объединить ресурсы и усилия для разработки нормативно-правовой базы и организации коллективных действий, чтобы построить желаемое будущее.

Необходимо смотреть на технологии Четвертой промышленной революции более масштабно, не считая их простыми инструментами или неотвратимыми силами, и искать возможности, чтобы позволить большему числу людей положительно влиять на свои семьи, организации и сообщества, целенаправленно воздействуя на важные системы, которые нас окружают.

Под «системами» мы подразумеваем нормы, правила, ожидания, цели, организации и стимулы, ежедневно формирующие наше поведение, а также инфраструктуру и потоки людей и ресурсов, необходимые для нашей экономической, политической и социальной жизни. Эти системы определяют, как мы следим за своим здоровьем, как

принимаем решения, производим и потребляем товары и услуги, как работаем, общаемся и передвигаемся и даже как понимаем, что значит быть человеком. Четвертая промышленная революция кардинально изменит все эти и многие другие аспекты нашей жизни, как это сделали предшествующие революции.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РЕВОЛЮЦИИ, РОСТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

За последние 250 лет произошли три промышленные революции. Они изменили процесс созидания ценностей и мир в целом. В ходе каждой из них эволюционировали технологии, политические системы и социальные институты. Менялись не только производства, но и взгляды людей на самих себя, их отношение друг к другу и к окружающей среде.

Первая промышленная революция началась в британской текстильной промышленности в середине XVIII века благодаря механизации прядильно-ткацкого процесса. За следующие сто лет механизация преобразила все имеющиеся отрасли промышленности и создала множество новых — появлялись станки, сталелитейные заводы, паровые двигатели, железные дороги. Благодаря сдвигу в кооперации и конкуренции появилась совершенно новая система создания, обмена и распределения ценностей и изменились до неузнаваемости многие секторы экономики: от сельскохозяйственного до производственного, от коммуникационного до транспортного. Современного значения слова «промышленная» недостаточно для описания масштаба этой революции, больше подходит английское слово *industry* в понимании мыслителей XIX века Томаса Карлайла (Thomas Carlyle) и Джона Стюарта Милла (John Stuart Mill), которые использовали его для описания всех занятий, связанных с человеческим трудом.

Первая промышленная революция привела к распространению колониализма и деградации окружающей среды, но повысила благосостояние людей. До 1750 года даже в богатейших странах — Великобритании, Франции, Пруссии, Нидерландах, а также в североамериканских колониях средний экономический рост составлял не более 0,2% в год, и даже эта величина была неустойчива. Неравенство было гораздо серьезнее, чем сейчас, а средние доходы на душу населения мы сегодня посчитали бы нищенскими. Но к 1850 году благо-

даря технологиям ежегодный экономический рост в тех же странах поднялся до 2–3%, стабильно росли и доходы на душу населения¹.

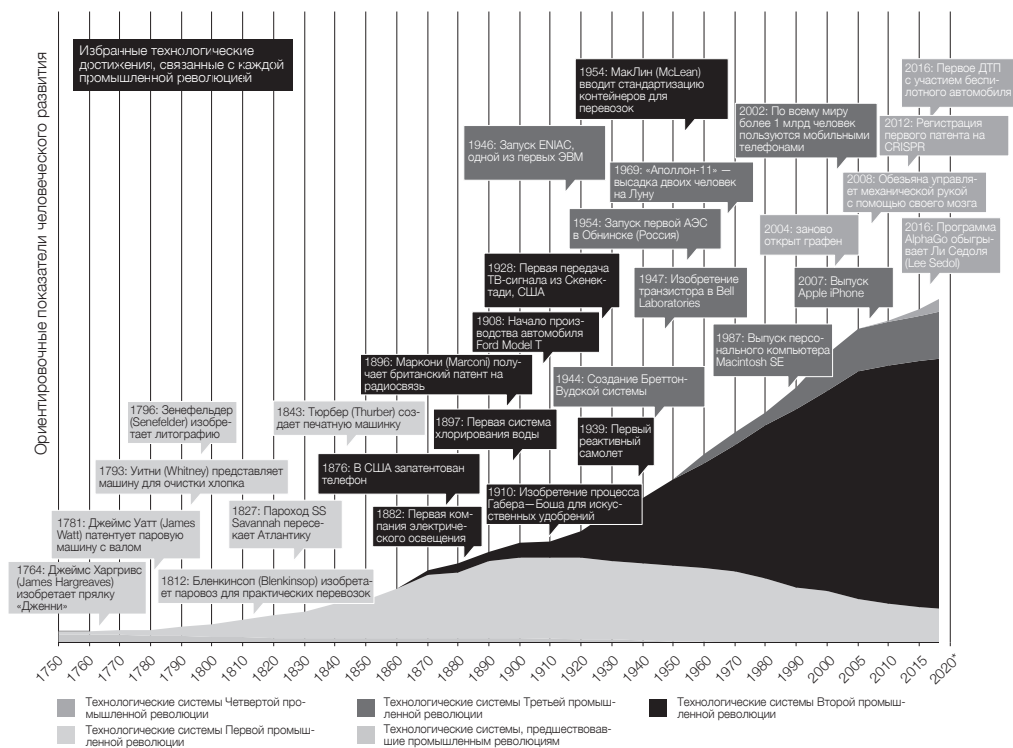
В период между 1870 и 1930 годами новая волна технологий продолжила экономический рост и развила успех Первой промышленной революции. Радио, телефон, телевизор, бытовая техника и электрическое освещение продемонстрировали преобразующую силу электричества. Двигатель внутреннего сгорания позволил создать автомобили и самолеты, а впоследствии и их экосистемы — с новыми рабочими местами и сетями скоростных дорог. Произошли прорывы и в химии: мир получил новые материалы, включая термоотверждаемые пластмассы, и новые процессы. Так, процесс синтеза аммиака Габера—Боша (Haber—Bosch) открыл дорогу дешевым азотным удобрениям, «зеленой революции» 1950-х годов и последовавшему резкому приросту населения². Вторая промышленная революция ознаменовала приход современного мира — от санитарных услуг до международных авиаперевозок.

Примерно с 1950 года начались прорывы в теории информации и в цифровых вычислениях. Эти технологии образовали ядро Третьей промышленной революции. Как и раньше, причиной промышленной революции стали не сами технологии, а их влияние на экономические и социальные системы. Возможность хранить, обрабатывать и передавать информацию в цифровом виде переформатировала большинство отраслей промышленности. Радикально изменились трудовые и социальные отношения миллиардов людей. Совокупное воздействие трех промышленных революций вызвало невероятный рост благосостояния — по крайней мере, для жителей развитых стран.

В странах, которые входят в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), живет около одной шестой части населения планеты. Сегодня доход на душу населения в этих странах в 30–100 раз больше, чем в 1800 году³. На рис. 1 данные Индекса развития человека ООН для стран ОЭСР, а также оценки вклада разных технологий в экономический рост, в укрепление здоровья и в образование иллюстрируют общий вклад каждой промышленной революции, начиная с Первой, в рост качества жизни в мире.

Рис. 1 носит ориентировочный характер. Он построен на основе приблизительных оценок вкладов важнейших технологий, отраслей и институциональных изменений в человеческое развитие с 1750 года⁴. Он показывает, что даже в странах с передовой наукой и техникой наибольший вклад в развитие внесли технологии и системы, разработанные во время Второй промышленной революции — та-

Рисунок 1. Иллюстрация вклада промышленных революций в человеческое развитие для стран ОЭСР, 1750–2017



Источник: Всемирный экономический форум

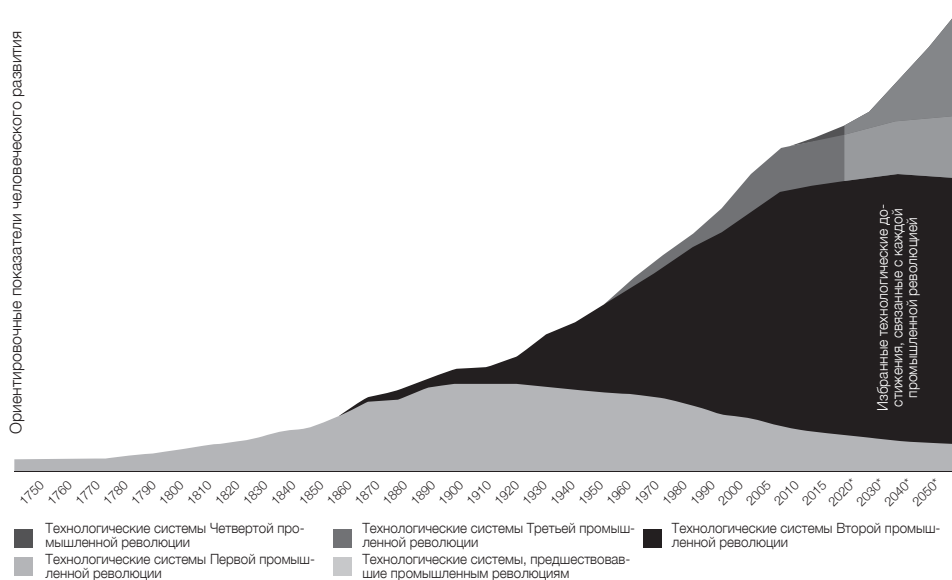
кие, как электрификация, водоснабжение, санитария. Кроме того, она демонстрирует огромный рост производительности сельского хозяйства, вызванный искусственными удобрениями. В числе других экспертов это отметил Роберт Гордон (Robert Gordon)⁵.

Процесс технологических инноваций — их изобретение, коммерциализация, широкое внедрение и использование — сильнейший фактор приумножения богатства и благополучия. Сегодня среднестатистический человек дольше живет, имеет более крепкое здоровье и более стабильное экономическое положение, а также гораздо меньше рискует погибнуть насильственной смертью, чем в любую из прежних эпох. С начала Первой промышленной революции средний размер реального дохода на душу населения в странах ОЭСР возрос на 2900%⁶. За это же время средняя продолжительность жизни выросла в большинстве стран более чем вдвое: с 40 лет до более чем 80 в Великобритании и с 23,5 до 65 в Индии.

Будущие блага и трудности

Людам, которым посчастливилось пользоваться благами трех предыдущих революций, Четвертая промышленная революция даст возможность продолжить восхождение к вершинам развития человечества (рис. 2). При этом она улучшит и жизнь тех, кому пока недоступны преимущества, которые дают технологические системы, должным образом используемые государственными и частными организациями. Если вокруг технологий Четвертой промышленной революции сложатся соответствующие институты, стандарты и нормы, то люди во всем мире смогут стать более свободными, здоровыми, образованными — и жить достойной жизнью, более безопасной и экономически защищенной.

Рисунок 2. Вклад промышленных революций в человеческое развитие до 2050 года (при условии реализации преимуществ)



Источник: Всемирный экономический форум

Во втором разделе этой книги рассказывается о потенциальных преимуществах двенадцати групп перспективных технологий. Например, квантовые вычисления предлагают невероятный прорыв

в области моделирования и оптимизации сложных систем, позволяющий намного повысить эффективность в разных сферах — от логистики до разработки новых лекарств. Технологии распределенного реестра могут значительно снизить расходы всех участников транзакций — к примеру, при выяснении происхождения алмазов, — а также стать источником новых потоков ценностей, представленных цифровыми продуктами и услугами. Надежные цифровые идентификаторы сделают новые рынки доступными для каждого, кто подключен к Интернету. Виртуальная и смешанная реальность предлагает новый канал восприятия окружающего мира, позволяя быстрее учиться и применять знания на практике — в любое время и в любом месте. Новые материалы могут резко повысить энергоемкость аккумуляторов, что расширит границы применения гражданских и военных дронов, откроет новые возможности электроснабжения уязвимых групп населения и ускорит всестороннюю модернизацию транспортных систем.

Может показаться, что эти преимущества полностью зависят от технического прогресса, но пока неясно, когда они будут воплощены в жизнь и кто сможет ими воспользоваться. Кроме выгоды, развитие Четвертой промышленной революции создает и новые трудности, способные усугубить неравенство, социальную напряженность и политическую раздробленность, в то время как уязвимые группы населения все больше страдают от экономической неопределенности и стихийных бедствий. Какой образ мышления и какие социальные институты нам понадобятся, чтобы создать мир, где каждому человеку будут доступны высшие уровни развития цивилизации? Чтобы сформировать справедливое и инклюзивное будущее, нам придется изменить и менталитет, и общественное устройство. Как показывает опыт предыдущих промышленных революций, чтобы в полной мере реализовать преимущества новых технологий в ходе грядущей перестройки систем, мир должен решить три неотложные задачи.

Первая задача: обеспечить справедливое распределение благ Четвертой промышленной революции. Богатство и благосостояние, созданные предыдущими революциями, были и остаются распределенными неравномерно. Хотя неравенство между странами заметно снизилось с 1970-х годов благодаря быстрому развитию государств, перешедших к рыночной экономике, неравенство внутри стран растет. Среднегодовые доходы в развитых странах снизились на 2,4% за период с 2011 по 2016 год, а в 2015 году в США

впервые за 25 лет было зарегистрировано снижение ожидаемой продолжительности жизни, главным образом из-за ухудшения здоровья белого рабочего класса⁷. Люди могут не иметь возможности использовать преимущества технологий по многим причинам: из-за недоступности, дороговизны или неуместности этих технологий, их предвзятости в явном или скрытом виде или стремления организаций к присвоению прибыли и концентрации богатства. В четвертой главе мы подробно рассмотрим категории участников Четвертой промышленной революции и необходимые условия для того, чтобы все они получили возможность воспользоваться ее благами.

Вторая задача: необходимо контролировать негативные последствия и риски Четвертой промышленной революции. Во время предыдущих революций было сделано слишком мало для защиты уязвимых групп населения, окружающей среды и будущих поколений от непредвиденных последствий, издержек прогресса, вторичных воздействий и осознанного злоупотребления новыми возможностями.

Проблема негативных и непредвиденных последствий становится особенно острой с учетом мощи технологий Четвертой промышленной революции и неопределенности ее долгосрочных воздействий на сложные социальные и экологические системы. Наибольшие опасения вызывает риск внезапного и непоправимого ущерба биосфере в процессе геоинженерных работ, а также развитие искусственного интеллекта, цели которого могут не соответствовать человеческим. Квантовые компьютеры сделают бесполезными многие криптографические методы и могут создать серьезную угрозу личной жизни и безопасности пользователей новых компьютерных технологий. Массовое распространение частного беспилотного транспорта может еще больше загрузить дороги густонаселенных городов, а виртуальная реальность способна усугубить проблему онлайн-агрессии, увеличивая психологический ущерб от нее.

Третья задача: гарантировать, что Четвертая промышленная революция будет разворачиваться в интересах человека и под контролем человека. Необходимо уважать общечеловеческие ценности как таковые, а не рассматривать только с финансовой точки зрения. Кроме того, акцент на интересах человека означает, что возможности человечества, как значимой силы, способной повлиять на судьбу мира, должны расширяться, а не ограничиваться. Эта задача особен-

но важна, поскольку технологии Четвертой промышленной революции качественно отличаются от всех прежних. Как объясняется в главе 12, эти технологии могут вторгаться в пространство, которое до сих пор оставалось личным, в наш разум. Они могут предугадывать наши мысли и воздействовать на наше поведение. Они способны анализировать происходящее и принимать решения, используя для этого методы и данные, непонятные или слишком сложные для человека. Они могут менять клетки человеческого тела, влияя на еще не родившихся детей. При всем этом цифровые сети позволяют технологиям распространяться гораздо быстрее, чем за всю предыдущую историю технического прогресса.

НОВЫЙ ОБРАЗ МЫШЛЕНИЯ ДЛЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ

У трех названных задач — справедливого распределения благ, управления внешними эффектами и гарантии гуманистического будущего — вряд ли есть простые решения по принципу «сверху вниз», через законодательное регулирование и благонамеренные правительственные инициативы. Современное сочетание международных и государственных учреждений, рыночных структур, организованных и спонтанных социальных движений и стимулов вряд ли приведет к тому, что новые мощные технологии станут широкодоступными, безвредными и полностью ориентированными на интересы потребителей. Мир все еще борется со множеством проблем, связанных с предыдущими тремя промышленными революциями: средние зарплаты в развитых странах остановились или даже падают; развивающиеся страны все еще пытаются перевести экономический рост в широкомасштабное повышение уровня жизни, и все же каждый десятый живет в крайней нищете⁸. Перефразируя Мадлен Олбрайт (Madeleine Albright), мы пробуем понять технологии XXI века и управлять ими с помощью образа мыслей XX века и набора государственных институтов XIX века. Очевидно, что для решения новых задач необходимы институциональные преобразования. Необходима и адаптация образа мыслей к вызовам XXI века.

И история предыдущих промышленных революций, и динамика технологий Четвертой указывают на четыре принципа, крайне важных для формирования нового образа мыслей:

1. **Системы, а не технологии.** Велик соблазн сосредоточить все внимание на самих технологиях, но на самом деле важнее всего системы, обеспечивающие благосостояние людей. При наличии политической воли, инвестиций и совместной работы всех заинтересованных групп технологии могут создать условия для построения новых систем, которые будут лучше выполнять свои задачи. Без этого новые технологии могут усугубить недостатки существующих систем.
2. **Расширять возможности, а не ограничивать их.** Велик соблазн думать, что технологический прогресс невозможно контролировать или направлять и что нам неподвластны технологии, способные влиять на поведение людей. Системы на основе новых технологий должны предоставить людям больше выбора, перспектив, свободы и контроля над собственной жизнью. Это особенно важно, поскольку некоторые из новых технологий способны принимать решения и действовать без управления людьми, а также влиять на наше поведение как явными, так и скрытыми способами.
3. **По замыслу, а не по умолчанию.** Велик соблазн отвергнуть любые попытки влиять на социальные и политические системы, считая это бесполезным проявлением тщеславия, а сами системы слишком сложными. Но мы не должны мириться с существующими системами. Конструктивное мышление, особенно с применением техники и философии гуманистического подхода, а также системное мышление помогут нам понять структуры, управляющие нашим миром, и придумать, как новые технологии могут перевести их в новые конфигурации.
4. **Ценности как достоинство, а не недостаток.** Велик соблазн рассматривать технологии как простые инструменты, которые могут быть использованы для добрых или злых целей, а сами по себе нейтральны. Но в реальности все технологии несут в себе определенные ценности, которые встраиваются в них с самого появления начальной идеи и зависят от того, как проходит разработка и внедрение. Нам следует признавать этот принцип и обсуждать эти ценности на всех стадиях инновационного процесса, а не только тогда, когда вред от новых технологий становится заметен. Третья глава подробно рассматривает роль ценностей, а также определяет, какие из них принесут наибольшую пользу в контексте Четвертой промышленной революции.

Эти четыре принципа сформировались в результате сотен бесед и интервью с учеными, предпринимателями, лидерами гражданского общества, политиками, топ-менеджерами компаний и представителями СМИ. Вместе они составляют основу для оценки, обсуждения и контроля технологий, которые уже воздействуют на нас сегодня и будут менять мир в будущем.

ВАША РОЛЬ В РАЗВИТИИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Перечисленные принципы необходимы, потому что социальные, законодательные, технические и корпоративные нормы и стандарты, определяющие пути развития Четвертой промышленной революции, обсуждаются и формулируются именно сейчас, во всех странах, будь то Руанда, Швейцария или Китай. Доказательства существования трех описанных выше проблем — несправедливости, негативных внешних последствий и ограничения возможностей — уже проявляются в разных формах, от предвзятости алгоритмов до сдвигов на рынках труда, в результате которых работники лишаются социальной защиты.

Многие технологии, несущие преобразования, пока только начинают выходить из лабораторий, гаражей и научно-исследовательских отделов по всему миру, а необходимые для их регулирования законы еще только пишутся и дорабатываются. Поэтому именно сейчас активные граждане и лидеры из всех отраслей имеют возможность повлиять на развитие систем Четвертой промышленной революции. Если у нас получится, мы сможем обеспечить благополучие более широких слоев населения, ослабить неравенство и восстановить доверие, нехватка которого создает политическую напряженность и раскол в обществе. Четвертая промышленная революция может породить системы, способные сделать общество более благополучным, увеличить продолжительность жизни, поднять уровень экономической и физической безопасности, открыть новые возможности для полезной и интересной деятельности в устойчивой экологической среде.

Но как достичь этого?

В первую очередь необходимо составить полную картину и понять суть технологий, закладывающих фундамент Четвертой промышленной революции. Об этом мы расскажем в следующей главе.

ИТОГИ ГЛАВЫ

Четвертая промышленная революция представляет собой новый этап в развитии человечества. Ее фундамент — три предыдущие промышленные революции, а движущая сила — растущая доступность новейших технологий. Эта революция только начинается, поэтому человечество может — и обязано — не только разрабатывать новые технологии, но и создавать более гибкие формы управления и позитивные ценности, которые изменят то, как мы живем, работаем и общаемся.

Новые технологии могут дать огромные преимущества экономике и обществу. Но опыт предыдущих промышленных революций показывает, что полностью воспользоваться их потенциалом можно только при условии решения трех важнейших задач. Чтобы прийти к процветающему будущему, мы должны:

1. Гарантировать, что блага Четвертой промышленной революции распределятся справедливо.
2. Контролировать риски и негативные последствия Четвертой промышленной революции.
3. Гарантировать, что Четвертая промышленная революция будет происходить в интересах и под контролем человека.

Как и прежде, руководителям придется справляться с неопределенностью, вызванной стремительным технологическим прогрессом, но гораздо важнее сформировать образ мыслей, учитывающий эффекты системного уровня и влияние на отдельных людей, при этом ориентированный на будущее и гармонирующий с общими ценностями всех заинтересованных групп.

Поэтому теперь, говоря о влиянии технологий, мы должны учитывать четыре важных принципа:

1. Системы, а не технологии.
2. Расширять возможности, а не ограничивать их.
3. По замыслу, а не по умолчанию.
4. Ценности как достоинство, а не недостаток.

Положения, нормы и структуры для новых мощных перспективных технологий уже разрабатываются и внедряются по всему миру. Время действовать уже наступило: наш гражданский долг — совместно работать, уверенно направляя развитие Четвертой промышленной революции.



ЛЮБАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
НЕСЕТ В СЕБЕ ОТРАЖЕНИЕ
ЦЕННОСТЕЙ, ЦЕЛЕЙ
И УБЕЖДЕНИЙ
ЕЕ СОЗДАТЕЛЕЙ.



ГЛАВА 2

СОСТАВЛЯЕМ ПОЛНУЮ КАРТИНУ

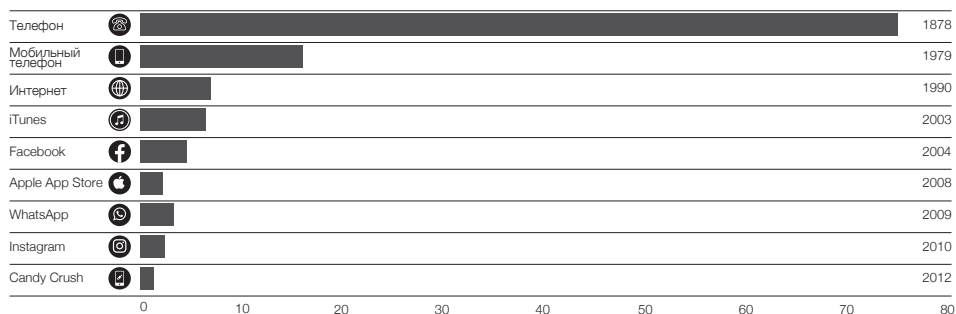
ЧТОБЫ ОЦЕНИТЬ ВЛИЯНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЧЕТВЕРТОЙ промышленной революции и научиться направлять их в позитивное русло, надо принять стратегию, которую Джон Хагел (*John Hagel*) назвал *стратегией масштабирования* (*zoom-in, zoom-out*). В нашем контексте мы будем увеличивать масштаб, вглядываясь в детали, чтобы понять свойства и предугадать потенциально разрушительные эффекты каждой технологии — этому посвящена часть 2. Но еще важнее возможность уменьшить масштаб, рассматривая всю картину в целом. Это позволит увидеть и закономерности, связывающие технологии, и способы их влияния на нас.

Если лидеры сосредоточатся на «системах, а не технологиях», рассматривать технологические изменения Четвертой промышленной революции будет легче. Но сможем ли мы глубоко осознать, как технологии преобразуют важные для нас производственные, правительственные и общественные системы, не пытаясь проникнуть в суть этих технологий? С такой задачей сталкиваются многие из нас, и ее можно решить с помощью двустороннего подхода. Одна его сторона — узнать о каждой технологии столько, чтобы получить «минимальный уровень понимания» и найти для нее место в общей картине. Это облегчает обоснованные дискуссии с экспертами, проверку идей и поиск возможностей для создания ценностей. Часть 2 этой книги дает читателю именно такой уровень понимания 12 технологий, движущих Четвертую промышленную революцию.

Настоящая глава использует вторую сторону этого подхода. Мы постараемся составить полную картину и оценить динамику Четвертой промышленной революции, рассматривая общие тенденции и связи между новейшими технологиями. Это позволит понять их

взаимодействие и совокупное влияние на наш мир. Он так быстро меняется, что нам особенно необходимы общие, фундаментальные знания, ведь актуальность сегодняшних технологических прорывов будет теряться при дальнейшем развитии и в будущих сферах применения. Эта глава посвящена только общим аспектам технологий Четвертой промышленной революции. Отложив рассмотрение деталей конкретных технологий, мы разберемся, что их объединяет и как они сочетаются, оказывая на нас комплексное влияние. Уменьшая масштаб и составляя полную картину, мы увидим, что эти новейшие технологии основываются на цифровых системах и расширяют их, быстро масштабируются благодаря цифровой совместимости, проникают в материальные объекты, включая нас самих, комбинируются неожиданными и иногда вредными способами, создавая как преимущества, так и проблемы.

Рисунок 3. Время, потребовавшееся технологиям и приложениям для приобретения 100 млн пользователей



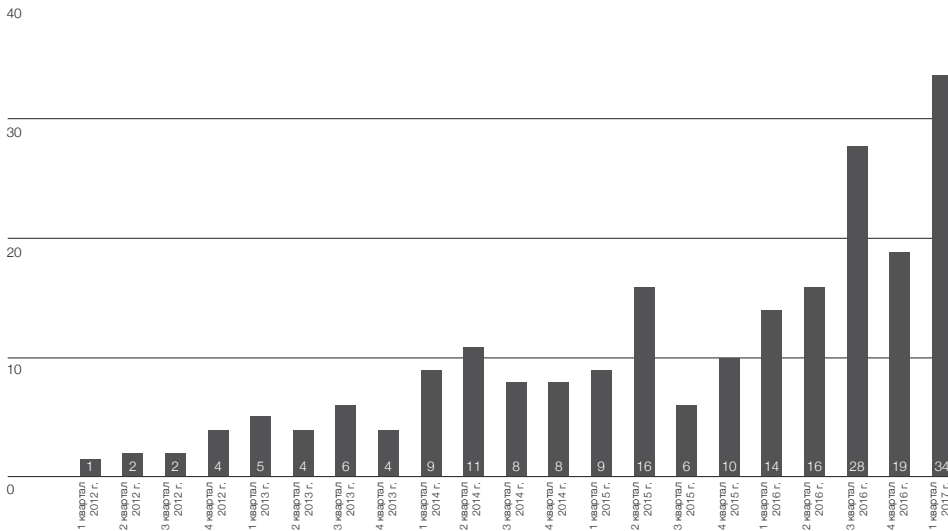
Источники: Boston Consulting Group ITU; Statista; BCG research; mobilephonehistory.co.uk; Scientific American, Internet Live Stats; iTunes; Fortune; OS X Daily; VentureBeat; Wired; Digital Quarterly; TechCrunch; AppMtr.com

Самый понятный и очевидный аспект технологий Четвертой промышленной революции заключается в том, что они очень существенно расширяют и преобразуют цифровые системы. Технологии Четвертой промышленной революции связаны друг с другом тем, что все они основаны на цифровых технологиях и сетях, созданных во время Третьей промышленной революции. Те, в свою очередь, разработаны на основе электрических сетей, созданных при Второй промышленной революции. Ни одна из обсуждаемых здесь технологий не могла бы существовать без достижений в разработке методов обработки, хранения и передачи информации, изменивших мир за последние

60 лет. Из этого можно было бы сделать вывод, что все новые технологии — это просто продолжение цифровой революции. Но есть принципиальное отличие: технологии Четвертой промышленной революции способны разрушить даже сегодняшние цифровые системы и создать совершенно новые источники ценностей. Те цифровые технологические прорывы, которые с трудом воспринимаются сегодняшними предприятиями, превратятся в базовую инфраструктуру, которая в завтрашних бизнес-моделях будет приниматься как должное.

Сейчас мы понимаем, что к Интернету нельзя относиться просто как к способу применения электрических сетей. Несмотря на то что Интернет основан на передаче электрических сигналов, он стал совершенно новой экосистемой создания ценностей, которую невозможно было бы представить, оставаясь в рамках мышления Второй промышленной революции.

Рисунок 4. Слияния и поглощения компаний, занимающихся разработками в области искусственного интеллекта по состоянию на март 2017 г.



Источник: CB Insights (2017)

И точно так же вряд ли можно будет говорить об алгоритмах, обучающихся на неструктурированных данных, просто как о применении цифровых вычислительных мощностей. Четвертая промышленная революция породит такие экосистемы создания ценностей,

которые невозможно представить, оставаясь в рамках мышления Третьей промышленной революции, и заставит нас смотреть далеко за пределы нынешних цифровых потрясений, в новые горизонты проблем и возможностей.

Второй аспект технологий Четвертой промышленной революции заключается в том, что они будут распространяться с экспоненциально растущей скоростью. Чем быстрее распространяется новая технология, тем острее перед нами стоит задача адаптации к ее деструктивным воздействиям. Технологии Четвертой промышленной революции проникнут в нашу жизнь гораздо быстрее, чем технологии предыдущих революций, потому что будут распространяться по цифровым сетям Третьей промышленной революции. Эти сети ускоряют даже производство материальной продукции, способствуя передаче знаний и идей, а полностью цифровые продукты и сервисы и вовсе тиражируются с крайне низкими издержками. Как показано на рис. 3, потребовалось 75 лет, чтобы число пользователей телефона достигло 100 млн, но число пользователей Интернета достигло этой отметки меньше чем за 10 лет. Чем быстрее распространяются технологии Четвертой промышленной революции, тем сильнее и их влияние на инвестиции, производительность труда, организационные стратегии, промышленные структуры и индивидуальное поведение. Как показано на рис. 4, компании, занимающиеся разработками в области ИИ, возникают и приобретаются в экспоненциально растущем темпе, при этом применение все более интеллектуальных алгоритмов быстро увеличивает производительность труда. Хороший пример — чат-боты для облегчения (и постепенной замены) «живой» поддержки и взаимодействия с потребителями.

Эти сущности могут распространяться по цифровым каналам, но технологии Четвертой промышленной революции будут действовать не только в виртуальной сфере. Третья промышленная революция позволила материальным продуктам дематериализоваться, абстрагироваться и полностью превратиться в код. Так произошел сдвиг от аналоговых виниловых и кассетных аудиозаписей к цифровым компакт-дискам, а затем к полностью цифровым объектам — файлам, которые можно распространять через Интернет. Технологии Четвертой промышленной революции значительно увеличат возможности обратных процессов, в которых информация используется для производства разнообразных материальных объектов, действий и услуг. Например, 3D-принтеры уже умеют создавать очень многое: от деталей двигателей до продуктов питания и живых клеток. Благодаря Интернету вещей мы сможем давать нашим персональным

виртуальным помощникам команды, чтобы те гасили свет в комнате или включали отопление. Роботы, дроны и самоуправляемые машины уже учатся взаимодействовать с миром естественными способами. Компании встраивают эти новые возможности в свои продукты и предлагают новые категории услуг. Так, компания UPS сейчас предлагает услуги 3D-печати и сканирования почти в 100 магазинах по всей территории США, позволяя клиентам создавать прототипы, испытывать их и получать модели персональных аксессуаров, не покупая дорогое специализированное оборудование.

Технологии Четвертой промышленной революции не остановятся на проникновении во все объекты окружающего мира, они станут частью нас самих. Некоторые люди уже ощущают смартфоны продолжением себя. Современные внешние устройства, от носимых компьютеров до гарнитур виртуальной реальности, почти наверняка будут имплантироваться в человеческое тело и даже в мозг. Экзоскелеты и протезы увеличат нашу физическую силу, а достижения нейротехнологий помогут улучшить когнитивные способности. Мы научимся точнее манипулировать собственными генами и генами наших детей. Прогресс в этих направлениях поднимает важный вопрос: как провести черту между человеком и машиной? Что значит быть человеком?

Еще один общий аспект технологий Четвертой промышленной революции состоит в том, что их мощь усиливается, когда они комбинируются и производят инновации. Развиваясь и принося коммерческую выгоду, технологии всегда приводили к развитию других технологий. Так было еще в те времена, когда паровой двигатель помог автоматизации фабрик и распространению железных дорог. История показывает, что небольшое число фундаментальных общечеловеческих технологий оказывало огромное влияние на экономику по всему миру. На их основе создавалось множество более специализированных технологий и способов их применения.

У каких технологий наибольшие шансы стать фундаментом Четвертой промышленной революции? Никто не может с уверенностью предсказать это. Но более сотни мировых экспертов по новейшим технологиям считают, что это будут искусственный интеллект, распределенные реестры и новые вычислительные технологии. Кроме того, колоссальное влияние на другие сферы могут оказать энергетические и биологические технологии. Большой вклад могут внести и другие, часто недооцениваемые технологии, например перовиты, необходимые почти во всех сферах, и средства виртуальной и дополненной реальности, создающие новые способы

восприятия мира. Такие прогнозы имеют смысл, поскольку легко представить, какие преимущества получат остальные технологии от применения более эффективных алгоритмов, более мощных компьютеров и физических материалов с новыми свойствами. Здесь надо учитывать множество потенциальных взаимодействий и обратных связей. Например, улучшенный ИИ на более мощных компьютерах ускорит получение новых материалов, которые позволят создавать еще более мощные компьютеры. Из новых материалов можно будет делать аккумуляторы с большей емкостью и меньшим весом, открывая все новые возможности для роботов и дронов — и так далее. На стыках технологий могут возникать все более удивительные и многообещающие прорывы. Это значит, что общественные и частные организации, неспособные изменить свои изолированные вертикально ориентированные организационные структуры, скорее всего, будут все меньше контролировать ситуацию.

Наконец, все технологии Четвертой промышленной революции объединяет то, что они будут создавать похожие преимущества — и похожие проблемы. Как отметил экономист Дон Будро (Don Boudreaux), сто лет назад даже богатейший человек мира не смог бы купить телевизор, билет на трансатлантический перелет, контактные линзы, противозачаточные таблетки или курс антибиотиков. А сегодня все это доступно для рядового жителя страны с развитой экономикой. Ценность этих новых продуктов и услуг сложно выразить в денежном эквиваленте. Технологии Четвертой промышленной революции столь же сильно расширяют выбор для потребителей, сократив расходы и повысив качество. И будет так же сложно выразить созданную ими дополнительную ценность количественно.

Наверное, самое большое беспокойство по поводу Четвертой промышленной революции вызвано тем, что новые ценности могут распределяться несправедливо, а усиление неравенства приведет к подрыву социального единства. Одна из угроз, способных обострить неравенство в результате Четвертой промышленной революции, — это монополизация власти. Например, уже сейчас Google контролирует почти 90% глобального рынка контекстной рекламы, Facebook — 77% мобильного трафика социальных сетей, а Amazon — почти 75% рынка электронных книг⁹. Как предупреждает ОЭСР, в будущем сложные самообучающиеся алгоритмы могут вступать в сговор для повышения цен так, что это будет невозможно доказать¹⁰. И если станет возможным создание универсального искусственного интеллекта, который разовьется до сверхинтеллекта, то первопроходцы в этой области смогут доминировать на многих рынках.

Беспокойство о возможном неравенстве можно несколько сгладить тем, что структура и возможности многих технологий Четвертой промышленной революции в разной степени децентрализованны. Например, блокчейн работает как распределенная платформа для прозрачных и анонимных транзакций, а 3D-печать в долгосрочной перспективе ведет к демократизации производства. Даже биотехнологии, позволяющие модифицировать геном, сейчас доступны людям со скромным финансовым положением. Демократизация в этом контексте означает, что технологии становятся доступнее по мере глобального распространения цифровой инфраструктуры и знаний. Означает ли это, что решения относительно технологий и их роли в промышленности и обществе тоже будут приниматься демократическим путем? Это нам еще предстоит увидеть. В главе 3 мы вернемся к этому вопросу, поговорив о том, как внедрять общественные ценности на этапе разработки технологий, как определять нормы и демократизировать процессы разработки и принятия решений, которые часто работают по принципу «черного ящика».

Рисунки 5 и 6. Подверженность автоматизации некоторых сфер профессиональной деятельности



Источники: Автор (Autor), Леви (Levy) и Мурнейн (Murnane) (2003); Инвестиционный институт Blackrock (2014)

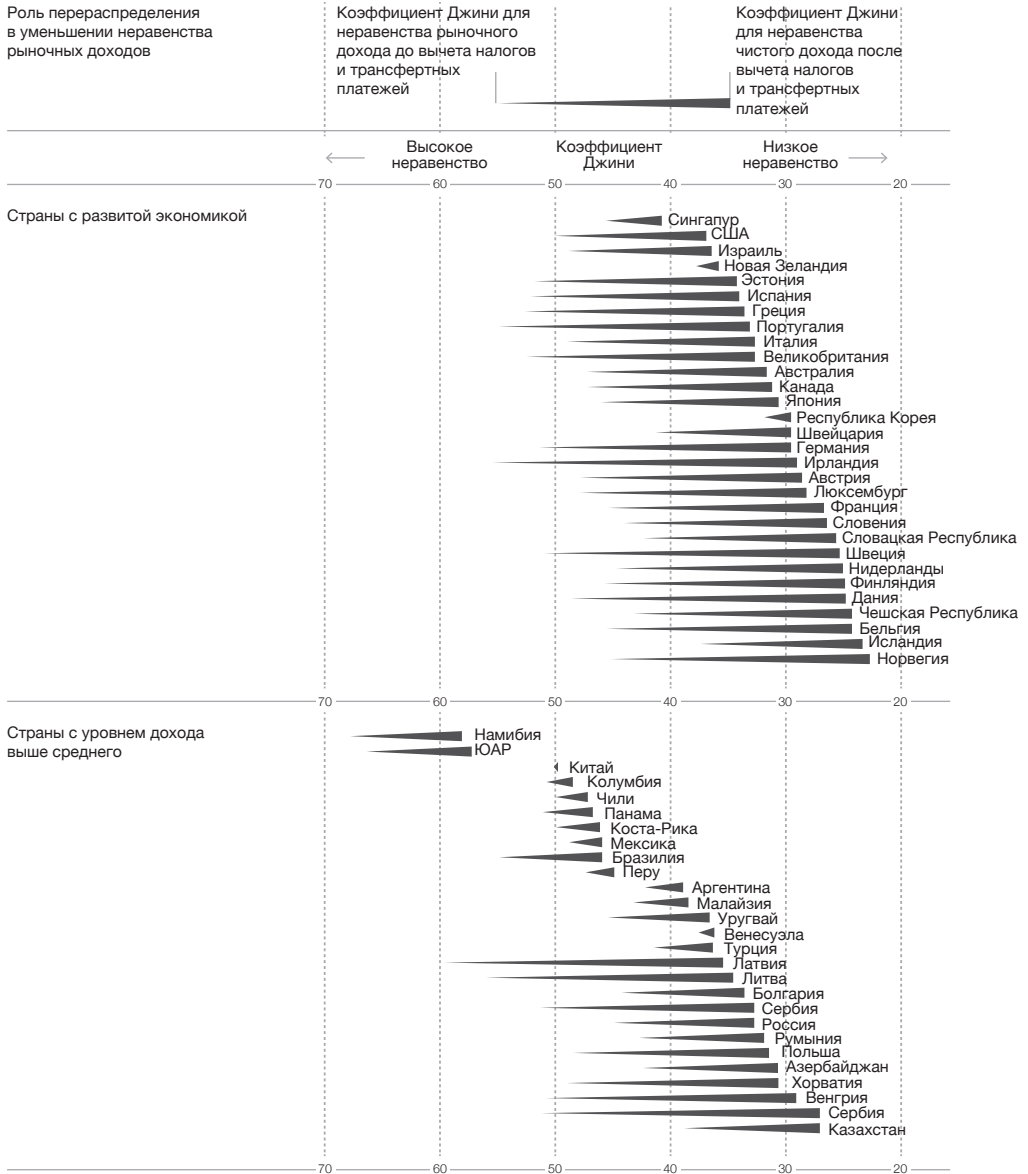
Еще одна важная и широко обсуждаемая проблема — влияние на уровень трудоустройства. Как показано на рис. 5 и 6, многие профессии подвержены риску автоматизации. Этот риск гораздо выше,

чем во время предыдущих промышленных революций, а быстрое распространение технологий означает быструю потерю работы все большим числом людей. При этом новые рабочие места в передовых технологических сферах сегодня появляются реже, чем в предыдущие десятилетия¹¹. Рабочие места в новых отраслях требуют технических знаний и физических навыков, что создает проблемы для работников с низкой квалификацией. В странах с развитой экономикой большинство новых рабочих мест занимают фрилансеры, временные сотрудники, работники с частичной занятостью и представители «гигномики». У них нет тех законодательных гарантий и социальных преимуществ, какие есть у штатных сотрудников. Например, в США 94% новых рабочих мест, появившихся в 2005–2015 годах, созданы на условиях «альтернативной формы занятости» с ограничениями в социальной защите, трудовых правах и даже сколько-нибудь значимом контроле со стороны работников¹². С этой точки зрения технологии Четвертой промышленной революции выглядят как угроза праву человека делать выбор и с пользой применять свои навыки и интересы, способная лишить новые поколения работников удовлетворенности и стабильности. Для решения этой проблемы потребуются новые нормативные требования к нестандартным условиям работы, инвестиции в обучение взрослого населения и упреждающая политика трудоустройства¹³.

Потребуются также новые подходы к системам социальной защиты и к роли трансфертных платежей. Как показано на рис. 7, в большинстве стран трансфертные платежи, чаще всего представленные в виде правительственных расходов и социальных программ, играют важную роль в перераспределении рыночных доходов. Например, структурное неравенство в Швеции больше, чем в США, Сингапуре, Мексике и Турции, но после вычета налогов и трансфертных платежей коэффициент Джини становится меньше, чем во всех этих странах. Предлагаются разные варианты решения этой проблемы, например универсальный основной доход, средства из которого можно получать с помощью налога на роботов, — известно, что такой законопроект рассматривается в Сан-Франциско¹⁴. Однако в отчете об инклюзивном росте* и развитии в 2017 году (Inclusive Growth and Development Report 2017), представленном на Всемирном экономическом форуме, говорится, что правительства должны более основательно подходить к вопросу

* Экономический рост, способствующий решению социальных проблем. — *Прим. ред.*

Рисунок 7. Различная роль перераспределения в уменьшении неравенства



Источник: Всемирный экономический форум (2017)

усиления инклюзивного роста: возможности для проведения внутренних структурных реформ выходят далеко за пределы налогов и трансфертных платежей¹⁵.

Кроме потенциального влияния на экономическое неравенство, Четвертая промышленная революция может привести к серьезным негативным последствиям для целого ряда областей. Ниже перечислены некоторые из этих последствий, отмеченные экспертами в докладе о глобальных рисках и подробнее рассматриваемые в главах раздела 2:

- Технологии Четвертой промышленной революции могут открыть широкие возможности для создания оружия массового поражения, например биологического оружия на основе биотехнологий.
- Новые материалы, например полученные с помощью нанотехнологий, могут вредить окружающей среде или здоровью людей, и это может проявиться только при широком распространении этих материалов.
- Достижения в области экологически чистой энергии могут дестабилизировать геополитическое положение, подорвав экономику стран, зависящих от добычи ископаемых видов топлива.
- Попытки изменения климата посредством геоинжиниринга могут привести к неожиданным последствиям и нанести необратимый ущерб экосистеме.
- Достижения в области квантовых вычислений могут сделать бесполезными протоколы безопасности, используемые в Интернете.
- Широкое распространение ИИ, работающего по принципу «черного ящика», может сделать экономические системы более уязвимыми и нестабильными, скрыв механизмы подотчетности, необходимые для принятия решений, например, в конфликтных ситуациях.
- Достижения нейротехнологий могут скомпрометировать свободу выбора человека и открыть новые возможности для манипуляций, побуждающих людей переходить по ссылкам, покупать определенные товары или совершать другие поступки.

Управлять этими внешними последствиями будет невозможно, если мы продолжим полагаться на существующие модели управления — медленные и консервативные. Например, Федеральному управлению гражданской авиации США потребовалось восемь ме-

саяцев, чтобы предоставить компании Amazon «экспериментальное разрешение на полеты» для тестирования одной из моделей дронов. За это время модель устарела, а Amazon провела испытания в Канаде и Великобритании¹⁶. Как говорится в главе 3 и в заключении, миру срочно нужны новые подходы к управлению, пересматривающие не только содержимое нормативных актов и стандартов, но и сами механизмы их создания.

Необходимо найти новые подходы к управлению технологиями, служащие общественным интересам, отвечающие нуждам человека и, в итоге, позволяющие нам почувствовать себя частью действительно глобальной цивилизации. Чтобы достичь этого, мы в первую очередь должны решить, какие потребности человека связаны с технологиями и как нам внедрять общечеловеческие ценности в новые технологии, меняющие мир. Этот важнейший вопрос мы рассмотрим в следующей главе.

ИТОГИ ГЛАВЫ

Эффективный способ глубже понять Четвертую промышленную революцию — использовать двусторонний подход, который можно назвать стратегией масштабирования (zoom-in, zoom-out). Важны обе стороны этого подхода:

1. Получить минимальный необходимый уровень понимания ряда технологий и их возможностей, чтобы лучше оценить их потенциал и способы применения.
2. Составить полную картину, разобравшись в связях между технологиями и вызванными ими системными изменениями.

Все технологии Четвертой промышленной революции имеют некоторые общие аспекты, связанные с теми системными изменениями, которые мы наблюдаем. Чтобы взглянуть на происходящее с общего, системного уровня, следует рассмотреть четыре общих аспекта динамики развития технологий:

1. Технологии Четвертой промышленной революции существенно расширяют и преобразуют цифровые системы.
2. Технологии распространяются с экспоненциальной скоростью, проникая в материальные объекты и в нашу жизнь.
3. Разрушительная мощь технологий усиливается по мере того, как они комбинируются и запускают очередной цикл инноваций.
4. Разные технологии создают похожие преимущества и проблемы.

Преимущества и проблемы перспективных технологий связаны с такими важными вопросами, как неравенство, безработица, демократия, суверенитет, экономическое развитие, здоровье и безопасность.

Чтобы успешно справляться со скоростью и масштабностью влияния технологий Четвертой промышленной революции, потребуются новые, более гибкие модели управления для частного сектора, общественных организаций, а также для правительств и традиционных регуляторов. Мы должны создать новые, более гибкие и приспособленные к будущим реалиям формы управления, включая нормы, стандарты и практики, которые будут учитывать всеобщие интересы.

ГЛАВА 3

ВНЕДРЕНИЕ ЦЕННОСТЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ

ВКНИГЕ «ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ» (2016) УТВЕРЖДАЕТСЯ, что для «продвижения вперед» необходим ценностно-ориентированный подход к сложной, неопределенной и переменчивой технологической среде¹⁷. В этой главе мы подробнее рассмотрим эту идею и определим те принципы и ценности, которые помогут нам двигаться вперед и сохранять роль общества в формировании технологического будущего.

Нельзя отрицать, что технологии повысили качество жизни и общее благосостояние населения планеты. Но они также породили немало проблем и опасных последствий. Например, многие цифровые платформы концентрируют богатство у все более узкого круга людей, делая положение рабочих нестабильным и уязвимым; новые способы добычи природного газа наносят ущерб окружающей среде, обогащая владельцев предприятий за счет всех остальных; с инвестициями в капитальное оборудование связывают до 83% сокращений производственных рабочих мест в США, начиная с 1990 года, с последующим исчезновением целых сообществ¹⁸.

В последние 30 лет многие из этих внешних эффектов проявлялись медленно. Но в ходе Четвертой промышленной революции изменения ускорятся, и нам придется иметь дело с более разнообразными, сложными и разрушительными последствиями применения технологий. К чему это приведет, можно только предполагать, но многие эксперты всерьез озабочены возможными опасными эффектами. Как говорилось в конце второй главы, отчет о глобальных рисках (Global Risks Report), представленный на Всемирном экономическом форуме в 2017 году, показал, что особое беспокойство у экспертов вызывают биотехнологии, ИИ, геоинжиниринг и Ин-



ТЕХНОЛОГИИ И ОБЩЕСТВО
ВЗАИМНО ФОРМИРУЮТ
ДРУГ ДРУГА. МЫ ЯВЛЯЕМСЯ
ПРОДУКТОМ НАШИХ
ТЕХНОЛОГИЙ В ТОЙ ЖЕ
СТЕПЕНИ, В КАКОЙ ОНИ
ЯВЛЯЮТСЯ СОЗДАВАЕМЫМ
НАМИ ПРОДУКТОМ.



тернет вещей¹⁹. Отчет о глобальных рисках на 2018 год показывает, что в прошлом году главным риском стали растущие киберугрозы, которым подвергаются все цифровые сущности, включая информационные массивы, инфраструктуру, персональные и идентификационные данные. Так можем ли мы говорить, что технологии Четвертой промышленной революции действительно улучшат мир и нашу жизнь? Стоят ли экономические и прочие преимущества потенциальных человеческих жертв? Сможем ли мы снизить сопутствующие риски? И чего мы на самом деле хотим от этих технологий?

Любая конкретная технология может дать удобства, развлечения, власть, продуктивность или комбинацию этих четырех элементов, но в итоге мы все хотим от технологий того же, чего от здоровой экономики, — улучшения нашей жизни. В первой главе мы отметили, что технологии должны расширять возможности, а не ограничивать их; что будущее должно формироваться людьми и для людей; что ценности должны быть достоинствами, а не недостатками технологий. На первом месте должно быть повышение уровня жизни. Если Четвертая промышленная революция приведет к усилению неравенства, бедности, дискриминации, нестабильности или вреда для окружающей среды; если произойдет маргинализация, порабощение или обесценивание людей, значит, мы пошли не тем путем.

К сожалению, усиливается ощущение, что весь мир идет на поводу у технического прогресса и экономических императивов, упуская из виду самое важное. Известные экономисты, такие как Эрик Бринolfссон (Erik Brynjolfsson) и Эндрю Макафи (Andrew McAfee), популяризовали идею «великого отделения» человеческого труда от продуктивности экономики в результате внедрения технологий²⁰, и, по некоторым прогнозам, уже к 2020 году до 40% рабочих мест перейдет на модель «гигномики», появившуюся благодаря технологиям²¹. Сокращение доли оплаты труда в национальном доходе стран — членов ОЭСР на 80% связывают с влиянием технологий. Они способствуют усилению неравенства, и общественность все острее воспринимает политику, стимулирующую экономический рост в ущерб социальному единству и благосостоянию общества²². Вместо того чтобы спросить себя, чего мы хотим от технологических изменений, мы по-прежнему вынуждены бороться с их опасными последствиями.

Ценностно-ориентированный подход к технологиям поможет нам восстановить баланс и выйти из этого трудного положения. Во-первых, прямо признав политическую природу технологий, мы сможем сформировать требования к ответственному и эффективно-

му управлению. Во-вторых, сделав приоритетом управления общественные ценности, мы сможем контролировать, как используются технологии и кому они несут выгоду. В-третьих, четко определив, где и как ценности становятся частью технологических систем, мы сможем лучше понять их и найти оптимальные стратегии внедрения ценностей в процесс разработки технологий.

ПОЛИТИКА ТЕХНОЛОГИЙ

Связи между технологиями и ценностями нелегко сформулировать. Ценности абстрактны и неосвязаемы, к тому же они сильно различаются у разных людей и обществ. А технологии распространились повсюду — от языков до космических ракет. При таких масштабах поиск связей становится сложной задачей. К сожалению, в попытках найти простое решение возникли две всем знакомые, но дезориентирующие позиции. Их можно вкратце изложить так:

Точка зрения № 1: технологии предопределяют будущее

Эта точка зрения предполагает, что технологии влияют на общество, мотивируя, направляя и ограничивая нас разными способами, а технический прогресс — это внешняя, почти неодолимая сила, которую нельзя изменить или остановить. Люди, принимающие эту точку зрения, часто говорят о технологиях так, будто они определяют историю и наши ценности, направляя нас к прогрессу или упадку, и считают, что нет смысла пытаться помешать этому.

Точка зрения № 2: технологии нейтральны по отношению к ценностям

Вторая точка зрения отрицает, что сами по себе технологии имеют какое-либо значимое влияние на общество, и характеризует их как нейтральные инструменты. Сторонники этой точки зрения утверждают, что на общество влияют отдельные личности, которые выбирают, как именно использовать инструменты. При этом обсуждение возможностей технологий и их влияния на людей несправедливо переключается на моральные качества исключительно пользователей, а не создателей и распространителей этих технологий.

Этих точек зрения недостаточно, чтобы задать направление Четвертой промышленной революции. Хотя в каждой из них есть зерно правды, обе они достаточно опасны в эпоху, когда технологии показывают динамику, описанную во второй главе, распространяясь все

быстрее, предоставляя пользователям все больше власти, окружая нас со всех сторон и проникая в нас.

Сторонники первой точки зрения считают, что технологии находятся вне контроля общества, тогда как вторые снимают с общества ответственность за влияние, оказываемое технологиями. И те и другие упускают из виду, что технологии и общество формируют друг друга. Ядерные технологии — хороший пример, показывающий, как опасно полностью принять любую из этих точек зрения. Это определенно не «просто инструменты», ведь само существование ядерных технологий, позволяющих получать энергию и создающих угрозу ядерного уничтожения, создает огромную напряженность. Недавние обострения геополитических споров напомнили всем о ядерной опасности, а Нобелевскую премию мира в 2017 году присудили Международной кампании за запрещение ядерного оружия (International Campaign to Abolish Nuclear Weapons, ICAN). В то же время ядерные технологии не обязаны определять судьбу человечества, потому что общество способно решать, какие технологии разрабатывать, как это делать, кто при этом имеет право голоса и каким целям все это служит. И действительно, все больше стран решает отказаться от ядерной энергии, о чем свидетельствует обязательство правительства Германии закрыть к 2022 году последнюю ядерную станцию²³.

Для продвижения по пути прогресса во время Четвертой промышленной революции требуется более вдумчивое и практичное отношение к технологиям, а также возможность подробно обсуждать их цели, риски и неопределенности. Необходима третья точка зрения: «Все технологии имеют политическую природу». О политике здесь говорится в описательном смысле. Мы не подразумеваем, что технологии олицетворяют правительства, связаны с определенной партией или каким-то образом вытекают из «левой» или «правой» идеологии. Мы имеем в виду, что технологии — это решения, продукты и воплощения идей, полученные в результате социальных процессов, поддерживающие и выражающие стремления людей и организаций, содержащие в себе целый ряд допущений, ценностей и принципов, которые, в свою очередь, могут повлиять (и влияют) на власть, структуру и состояние общества.

В итоге технологии связаны со всем, что мы знаем, с тем, как мы принимаем решения и как мы думаем о себе и других. Они связаны с нашей самоидентификацией, с нашим мировоззрением и вероятным будущим. Значение технологий, будь то ядерные разработки, космическая гонка, смартфоны, социальные сети, машины, медицина или инфраструктура, делает их политическими. Даже концепция

«развитой» страны опирается на уровень применения технологий и на их экономическое и социальное значение.

Многие ученые и технологи уже признали политические аспекты технологий. Например, Институт инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) в своей Глобальной инициативе по этическим соображениям относительно искусственного интеллекта и автономных систем (Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems) называет ИИ «социотехнической системой»²⁴. Необходимость глубоких размышлений о ценности ИИ привела к появлению ряда общественных инициатив, координируемых академическими, правительственными и промышленными экспертами. Наффилдский совет по биоэтике определяет биотехнологии как «сочетание знаний, практик, продуктов и приложений»²⁵. В объяснении этого определения указывается, что биотехнологии, как и люди, — это больше, чем сумма физических частей:

Несмотря на большое разнообразие биотехнологий, условия, приводящие к появлению только определенных сочетаний в конкретном социально-историческом контексте, рождают общий ряд проблем. К этим условиям относятся и естественные ограничения, и добровольный выбор (даже если он не всегда осознанный или очевидный). При этом выбор зависит от сложных суждений, включающих ценности, убеждения и ожидания, связанные с технологиями и их применением. То, как совершается этот выбор, как оцениваются, включаются или исключаются разные ценности, убеждения и ожидания, имеет важные этические и политические аспекты, как и сама природа этих соображений.

Любая технология несет в себе отражение ценностей, целей и убеждений ее создателей. И чем мощнее технология, тем важнее понимать то, что в нее заложено.

Чаще всего экономические мотивы диктуют, какие технологии целесообразно развивать, как их реализовывать и применять. Эти мотивы можно распознать по социальным последствиям. Например, недавно обсуждалось, этично ли (и сколько это будет стоить) фильтровать цифровой контент для борьбы с фальшивыми новостями. Это обсуждение непосредственно связано с экономическими императивами технологических компаний, с архитектурой их платформ, с их приемами отслеживания, сегментации и доставки контента группам потребителей. В среде цифровых социальных медиа, как и в традиционной индустрии газет, телевидения и радио, экономи-

ческое давление и методы управления продуктами определяют, что и как становится известно миллиардам людей. Открытая природа Интернета позволяет быстро масштабировать технологии социальных медиа, но при этом чрезвычайно усложняет мониторинг сетей в поисках контента, который считается «асоциальным».

Признавая, что технологии олицетворяют определенные социальные установки, интересы и цели, мы получим больше возможностей, чтобы инициировать изменения. Одновременно мы будем обязаны брать на себя ответственность, потому что не сможем ни винить в нежелательных последствиях только технологии, ни игнорировать их влияние на наши решения. Признать это — значит взять на себя три обязанности:

1. Определить ценности, связанные с конкретными технологиями.
2. Понять, как технологии влияют на наш выбор, на принятие решений.
3. Определить наилучшие способы влияния на развитие технологий для всех заинтересованных сторон.

В политических переговорах между представителями общества, технологий и бизнеса именно мы должны определять, какое внимание будет уделено общественным ценностям.

ПРИОРИТЕТ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЦЕННОСТЕЙ

Поскольку технологии тесно интегрированы в общество, на нас лежит ответственность за определение направления их развития и обязанность объявить приоритет общественных ценностей. Хотя технологии часто воплощают те ценности, которые заложены в их структуру и предназначение, непросто решить, какими должны быть эти ценности. Джон Хэвенс (John Havens) из IEEE сформулировал эту проблему так: «Как машины узнают, каковы наши ценности, если мы сами этого не знаем?... Мы не сможем улучшить благосостояние человечества, если не уделим время определению наших общих ценностей, чтобы создавать технологии, которые наверняка будут отвечать этим идеалам»²⁶.

Разные люди и общества ценят разные вещи, поэтому всегда будут разногласия в социальных и культурных точках зрения на технологии. Тот факт, что разные культуры и типы ценностей ведут к различиям

в приоритетах, не должен мешать ценностно-ориентированному подходу к технологиям. Наоборот, чем больше мы об этом думаем, тем лучше поймем, какие приоритеты критически важны для обществ, как технологии повлияют на ценности и как будут их поддерживать. Вполне возможно найти ряд ценностей, общих для большинства культур. В документе «Новое социальное соглашение» (A New Social Covenant) Совет Всемирного экономического форума по глобальной повестке дня по вопросам ценностей в 2012–2014 годах определил «широкий консенсус между представителями различных культур, религий и философий относительно некоторых общечеловеческих стремлений», которые представляют «мощный объединяющий идеал» для «преданных друг другу личностей, уважающих будущие поколения»²⁷.

Определение позитивных объединяющих ценностей — лишь первый шаг. Такое соглашение необходимо реализовать на практике. Один из способов это сделать — организовать ответственное и эффективное управление. Обычно организациям сложно угнаться за скоростью и масштабностью технологических изменений. Многие правовые системы плохо подготовлены для управления новыми рисками; мир только начал осознавать реальность широкого ряда беспрецедентных сценариев развития событий, угрожающих всему — от окружающей среды до прав человека. Кроме того, сложно предвидеть, какие внешние последствия будут иметь новые технологии в зависимости от выбранных способов их создания, применения и управления. Риски могут и будут неожиданно возникать на стыках технологических дисциплин. Стратегии управления должны быть достаточно гибкими и адаптивными, чтобы мы могли адекватно реагировать на риски, не блокируя работу организаций.

НОВОЕ СОЦИАЛЬНОЕ СОГЛАШЕНИЕ О ЦЕННОСТЯХ

Совет Всемирного экономического форума по глобальной повестке дня по вопросам ценностей (2012–2014).

Наш призыв таков: после целенаправленных глобальных размышлений мы должны принять важнейшие решения нашего времени. Один из способов помочь этим размышлениям — разработать Новое социальное соглашение.

Многие предыдущие попытки фокусировались на индивидуальных правах, которые, без сомнения, важны. Но мы сконцентрируемся на наших обязанностях по отношению друг к другу, как внутри государств, так и между ними... Когда дело касается ценностей, существует большое культурное разнообразие. Но есть и широкий

консенсус — между культурами, религиями и философиями — по некоторым общечеловеческим стремлениям:

- Достоинство человека, независимо от расы, пола, происхождения и убеждений.
- Важность общего блага, превосходящая индивидуальные интересы.
- Необходимость разумного управления и заботы не только о нас самих, но и о наших потомках.

Чтобы привить эти ценности, важны как личные, так и коллективные усилия. Необходимо внедрить эти ценности в общественную жизнь, чтобы преодолеть разрыв между стремлениями и практикой. Обсуждения недостаточно — мы должны принимать решения. Успех зависит от трансформирующего ценностно-ориентированного лидерства во всех областях человеческой деятельности. Мы должны культивировать, поощрять и приветствовать новые модели поведения как на Всемирном экономическом форуме, так и вне его. Необходимо привлекать людей, которые смогут эффективно и продуктивно решать глобальные задачи, людей, которые построят и оставят после себя более справедливый, изобильный и жизнеспособный мир.

Примеры ценностно-ориентированного управления в действии уже существуют. Общий регламент по защите данных (General Data Protection Regulation, GDPR), принятый Евросоюзом, вступит в силу в середине 2018 года. Это постановление изменит правила получения согласия пользователя на обработку персональных данных и потребует предоставления соглашения с понятными условиями. Компании, управляющие данными, должны будут уведомлять пользователей об инцидентах безопасности*, предоставлять информацию об использовании данных, соблюдать «право на забвение»**, обеспечивать переносимость данных, при необходимости нанимать специалистов по защите данных и выполнять юридические требования к безопасности данных на этапе проектирования технологий и служб²⁸.

Акцент GDPR на обеспечении конфиденциальности на этапе проектирования технологий демонстрирует тщательный подход к практической реализации ценностей: внедрение ценностей в процессы

* В первую очередь они должны будут уведомлять о таких инцидентах ответственные органы, необходимость уведомления пользователей регламентируется отдельно. — *Прим. ред.*

** Речь идет о более ограниченном праве на удаление данных. — *Прим. ред.*

разработки технологий, чтобы их разработка отражала ценности общества, а не только их создателей. Вместо того чтобы пытаться решить проблемы, возникшие из-за принципа невмешательства в технологии и этику, лучше сразу решать вопросы этики, ценностей и социальных последствий на различных этапах технологической разработки. Этим мы окажем важное влияние на то, как технологии интегрируются и поддерживают стремление общества к всеобщему благосостоянию. Блокчейн, Интернет вещей, автономные системы, нейротехнологии и алгоритмы — это примеры технологий, которые создаются специализированными сообществами с узкими интересами, иногда в тех областях, где ценности еще предстоит явно определить.

К сожалению, интегрировать нужные ценности в процессы технологического развития не всегда легко. Это нельзя сделать, просто добавив некий «этический компонент», — для этого может потребоваться принятие новых методологий, формирование организационной культуры и даже изменение рыночного мышления, предполагающего, что двигателем прогресса является экономика. Другая сложность заключается в том, что многие технологии, особенно цифровые, можно использовать разными способами, а риски и потенциальные последствия их применения сложно оценить. Даже если сделать прогноз рисков, не все технологии предусматривают возможность «программирования». Например, неясно, как разрабатывать блокчейн-технологии, чтобы предотвратить их использование преступными организациями или уменьшить их экологический вред из-за чрезмерного потребления энергии. Тем не менее компаниям и организациям следует думать не только о проектировании и внедрении — они должны включаться в социально ответственные процессы с самого начала. На уровне инженерии и разработки продуктов следует учитывать не только экономические стимулы и технические требования к разработке и использованию технологий, но и влияние на общество²⁹.

ВНЕДРЕНИЕ ЦЕННОСТЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ

Успешно возвести общественные ценности в приоритет невозможно без нисходящего регулирования. Для этого необходимо поднять вопрос о ценностях и дать людям и организациям возможность перейти на новые модели поведения. Кроме того, требуется вдохновение и мотивация от общественных лидеров. Начало может быть положено во

многих местах, о чем говорится далее, в разделе, посвященном переломным моментам, но в любом случае, чтобы помочь изменить поведение, повысить уровень осведомленности о широком влиянии технологий и способствовать возведению общественных ценностей в приоритет, можно использовать следующие подходы к технологиям.

Во-первых, критически важно осознавать серьезность и всепроникающее влияние технологий. Технологии вовлечены в каждый аспект человеческой жизни, они помогают нам взаимодействовать друг с другом, поддерживают нашу экономику, влияют на наше здоровье и окружающую среду, позволяют обрабатывать информацию, от которой зависит работа организаций и отдельных людей. В таких сферах, как производство передовых материалов и фармацевтических средств, уже давно сложился ответственный подход к технологиям, и другие технологии, от поисковых и автономных систем до блокчейна, требуют похожего отношения. Если рассматривать не только влияние на уровень смертности, но и совокупное влияние технологий на нашу жизнь, можно по-новому взглянуть на многие технологии, кажущиеся безобидными.

Во-вторых, более четкую перспективу для использования технологий могут дать размышления о персональной или организационной цели. Научные и технологические исследования требуют свободы для выхода за существующие границы, но мы должны также стараться согласовывать новые возможности со стремлением к благосостоянию общества. Например, в знаменитой речи, произнесенной в 1945 году после применения первых атомных бомб, физик Роберт Оппенгеймер сказал, что предназначение ученого — получать знания и делиться ими во благо человечества³⁰. Начав с этого, он выступил за создание комиссии по атомной энергии, свободный обмен информацией и прекращение производства бомб, призывая проявлять любознательность, амбициозность и коллективную ответственность.

В-третьих, приоритет ценностей позволяет превратить убеждения в действия. Огромную помощь в этом может оказать укрепление веры в ценности, провозглашенные организацией. Этический кодекс или просто организационная концепция с изложением целенаправленного ценностно-ориентированного подхода к технологиям может способствовать формированию соответствующей культуры в организации или даже в целой профессии или отрасли. В качестве примера можно привести клятву Гиппократа, которая помогает помнить о потенциальном риске исследований, анализа и применения технологий, и может быть одной из причин того, что в индустрии биотехнологий,

подверженной влиянию медицинского сектора, наблюдается довольно высокий уровень самоанализа и самоограничения.

Наконец, важно использовать поворотные точки, когда ценности могут стать эффективным средством для формирования технологий и путей их разработки. Опирайтесь на благие намерения и обязательства важно, но граждане и лидеры могут приложить больше усилий для повышения уровня осведомленности в критические моменты разработки технологий. Например, на уроках этики педагоги могут демонстрировать важность рационального принятия решений на примере «проблемы вагонетки»³¹.

Эта этическая головоломка позволяет студентам понять, что сложные для людей решения часто основываются на неосязаемых жизненных принципах, цену которых невозможно точно определить. Если такие решения должны принимать машины, эти неизмеримые критерии необходимо представить в виде кода. Поворотные точки дают лидерам возможность подчеркнуть роль ценностей в формировании технологий.

ПОЧЕМУ ЦЕННОСТИ?

Стюарт Уоллис (Stewart Wallis), независимый мыслитель, спикер и сторонник Новой экономической системы, Великобритания.

Мир сталкивается с проблемами, которых никогда не было. Впервые за всю историю человечества мы достигли критических пределов планетарной экологии или уже вышли за них. В то же время к 2050 году мы должны создать около 1,5 млрд новых рабочих мест или обеспечить людей другими средствами к существованию в условиях роста населения и еще более быстрых технологических изменений (многие из которых ведут к исчезновению существующих профессий). Более того, при текущих темпах расходования углеродных источников топлива и других редких экологических ресурсов мы сталкиваемся с потенциальным конфликтом между направленностью на создание новых рабочих мест и заботой о благополучии планеты. Добавьте сюда растущую геополитическую напряженность и межконтинентальное движение беженцев и экономических мигрантов, постоянное увеличение глобального неравенства в уровне благосостояния и доходов, положительные и отрицательные последствия Четвертой промышленной революции — и станет очевидно, что все это приведет либо к катастрофическому регрессу, либо к позитивному преobraжению человеческого прогресса. В любом случае, мы увидим ошеломляющее изменение системы. Есть много потенциальных решений, но воспользуемся ли мы ими и будут

ли изменения положительными, в значительной степени зависит от ценностей.

Ценности дают нам четкий пункт назначения — «истинный север» на компасе — и средства, чтобы двигаться к нему. За промышленной революцией в Западной Европе стоял сдвиг ценностей в сторону креативности, доверия и предприимчивости. За отменой рабства и возникновением движения за гражданские права также стояло кардинальное переосмысление ценностей. Аналогично этому сдвиги в ценностях стояли и за двумя крупными изменениями в западной экономике XX века: в середине столетия произошел переход к кейнсианству, а в 1980-е, 1990-е и первое десятилетие XXI века — к тому, что грубо называли неолиберализмом. Во всех этих случаях сдвиг в ценностях предоставил цели и средства их достижения, так как ценности мотивировали людей к действию. Сдвиги в ценностях сопровождались появлением четкой, позитивной и сильной идеологии, которая, в свою очередь, сопровождалась мощными стимулами к преобразованиям. И лишь последующие изменения в нормах и законах привели к более масштабному сдвигу ценностей человечества в целом.

Учитывая беспрецедентную скорость технологических и социальных изменений во время Четвертой промышленной революции, нельзя надеяться, что желаемый исход можно получить исключительно с помощью государственного законодательства и экономических стимулов. К тому времени, когда законодательство вступает в силу, оно часто уже устаревает, становится оторванным от реальности или излишним. Единственный способ гарантировать положительные результаты — дальнейшая революция ценностей.

Признать, что технологии оказывают на нас комплексное влияние, просто. Об этом каждый день говорится в заголовках СМИ. Сложнее найти подходящие способы, чтобы повысить уровень осведомленности о ценностях и культивировать навыки контекстного анализа, необходимые на различных этапах технологического развития. На каком же этапе мы можем внедрить в процесс технологического развития определенные ценности, такие как эффективность и эстетические соображения, и сопоставить их с более широкими общественными ценностями, такими как человеческое достоинство и общее благо?

Начинать следует со следующих девяти поворотных точек. Лидеры — проектировщики, предприниматели, законодатели и общественные деятели — могут совершать изменения в этих точках,

используя их для критического анализа ценностей, инициируя обсуждение более широкого контекста применения технологий и принимая соответствующие действия.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ

Внимания требуют не только технологии. Людям тоже нужно ответственное развитие. В последние годы некоторые академические аккредитующие органы сделали этику обязательным курсом для инженеров³². Однако в этих образовательных программах чаще всего рассматриваются вопросы профессионального поведения, говорится о необходимости следовать нормам и подчеркивается, что несоблюдение правил и требований может приводить к человеческим жертвам. В ответ на громкие случаи мошенничества в программы MBA тоже стали включать курсы по этике наряду с вопросами корпоративной социальной ответственности и экологического просвещения. Оба типа образовательных программ могут выиграть от более открытых дискуссий о связи ценностей с технологиями, обществом и экономической системой. Если педагоги будут развивать в студентах осознанность, это поможет инженерам и менеджерам оказывать влияние на остальных, принимая более широкую точку зрения на решение проблем, размышляя о целях и сопоставляя их с текущими условиями.

ФИНАНСИРОВАНИЕ И ИНВЕСТИЦИИ

Когда вопрос касается стыковки ценностно-ориентированного подхода с технологическим развитием, первыми в дело вступают предприниматели и инвесторы. Предприниматели ищут решения проблем, возникающих у групп людей с похожими нуждами или желаниями, но обязательно затрагивающих более широкий круг лиц. Логично предположить, что размышления о более глобальных социальных последствиях на этом этапе будут иметь значительные каскадные эффекты. Инвесторы, с другой стороны, имеют средства, чтобы определять направление развития технологий. Независимые финансисты могут серьезно повлиять на привлечение внимания к вопросам о социальных последствиях и предложить ценностно-ориентированные обоснования для инвестиций. Если эти люди

найдут способы позитивно влиять на предпринимателей и стимулировать их, чтобы те приняли ценностно-ориентированный подход к разработкам, эффект может быть очень существенным.

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА

Ценности предпринимателей и лидеров организаций оказывают огромное влияние на работников и развитие технологий. Руководители могут трансформировать культуру компании и отдать приоритет общественным ценностям. Стартапы особенно эффективны в установке ценностей, потому что первые сотрудники обычно подбираются по общим интересам или целям. Один из примеров эффективного лидерства — FIFCO, компания–производитель алкогольных напитков из Коста-Рики. Ценности руководителя привели к тому, что эта компания стала пропагандировать строгое ограничение употребления алкоголя и стремиться, чтобы ни один ее сотрудник не жил в бедности³³. Руководители организаций могут оказывать большое влияние в этой поворотной точке, устанавливая правила и подавая примеры, помогающие создавать целеустремленные и социально ответственные организации.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ И РАССТАНОВКА ПРИОРИТЕТОВ

В начале любого институционального процесса, будь то выделение бюджета, определение программы исследований или выбор рынков, явно или неявно устанавливаются приоритеты, вызывающие эффект домино. Например, процесс принятия решений для инженерных и бизнес-проектов часто включает допущения и стимулы, связанные с эффективностью, масштабируемостью, прибылью и многим другим. Анализируя эти допущения и стимулы, можно выявить лежащие в их основе ценности и понять, как решения организации или ее отдельных сотрудников, принимаемые в процессе разработки или внедрения, могут повлиять на дальнейшее развитие событий. Независимо от того, какой продукт разрабатывается — приложение для мобильного телефона или секретная военная технология, — разделение процесса принятия решения на составные части

помогает выявить его архитектуру ценностей. Руководители могут использовать эту возможность, чтобы еще раз проверить свои цели на соответствие более широким общественным приоритетам.

ОПЕРАЦИОННЫЕ МЕТОДОЛОГИИ

С 1970-х годов социологи указывают на то, что методы и процессы, которые ученые, инженеры и другие специалисты используют для работы, показывают, какие ценности проповедуются на рабочих местах. Эти структурированные ценности, в свою очередь, влияют на результаты научной работы и создаваемые физические продукты³⁴. Обсуждение процессов, процедур и протоколов предоставляет еще одну возможность повысить уровень осведомленности о ценностях во время разработки технологий. Кроме того, лидеры организаций могут анализировать, как выполняется применение научных методов на рабочих местах и как ограничения технологических инструментов и продуктов могут влиять на ценности и встраивать эти ценности в методы работы. Тщательное изучение динамики рабочего окружения позволяет руководителям и исполнителям определять, какие ценности и предубеждения внедряются в конечный продукт.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПООЩРЕНИЯ

Любая экономическая система создает стимулы, влияющие на общественные ценности и цели. Определение рычагов экономического давления, таких как ответственность акционеров или конкурентоспособность, может заставить нас задуматься о том, для чего используются технологии и согласуются ли они со стимулами и целями. Изучение рычагов экономического давления помогает также выявить области, в которых стимулы поднимают проблему целого класса технологий. Например, текущие экономические стимулы часто препятствуют разработке социально выгодных технологий, таких как роботизированное протезирование, которые не обещают быстрого возврата инвестиций или не имеют больших рынков. Обратив внимание на эти области, мы сможем сфокусироваться на вопросе о том, чего мы действительно хотим от технологий, и формировать поведение, способствующее получению желаемых результатов.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ

Почти каждый аспект проектирования продукта, от формы до функциональности, связан с ценностями. Проектировщикам приходится учитывать целый ряд соображений, включая ответственность за продукцию, культурные предубеждения и эмоции, к которым должен апеллировать продукт. В качестве примера открытого поощрения проектировщиков к принятию ценностей во внимание можно привести пять принципов робототехники, сформированные Советом по исследованиям в области инженерии и физических наук (Engineering and Physical Sciences Research Council). Три из этих принципов явно говорят о том, что роботы являются продуктами, при проектировании которых должны учитываться интересы человека³⁵. Руководители, изобретатели, проектировщики и общественность играют свои роли в цикле разработки продукта, и поднятие вопроса о соответствии технологий и результатов их применения общественным ценностям — хорошая возможность для задания общего курса.

ТЕХНИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА

Крупномасштабные технические комплексы, такие как Интернет, военная и транспортная инфраструктуры, позволяющие развертывать другие технологии, сами несут в себе ценности посредством того, как и где они строятся или применяются. Например, технические решения, связанные с архитектурой систем, определяют течение потоков данных, влияют на доступ к Интернету, поднимают вопросы о правах граждан и вносят свой вклад в такие феномены, как цифровая дискриминация³⁶. Решения о том, как техническая архитектура влияет на общество, принимаемые на этапе проектирования и конструирования крупных систем, — еще один способ, которым законодатели и промышленные лидеры могут ориентировать развитие на ценности и сохранять социальные приоритеты.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ОБЩЕСТВА

Ценности встраиваются в технологии в процессе переговоров. Новые технологии создаются небольшими группами людей, имеющими определенные интересы и сознательно или неосознанно

встраивающими в свои технологии определенные ценности. Когда атрибуты технологий сталкиваются с общественными приоритетами, возникает сопротивление, и разработчикам приходится делать шаг назад. Если технологии вызывают большое возмущение общественности или определенных заинтересованных лиц, изучение спорных вопросов помогает выявить конфликты между ценностями общества и ценностями, включенными в технологии в процессе разработки.

Многие из этих поворотных точек используются недостаточно активно, почти без обсуждения этических и ценностных соображений, имеющих отношение к инвесторам и их потенциалу для формирования ценностно-ориентированных подходов к разработке технологий. Хотя инвесторы могут вступать в игру на самых ранних этапах, к сожалению, именно сопротивление общества часто становится последней поворотной точкой, в которой регулирующим органам приходится обращать внимание на ценности. Само возникновение общественного сопротивления говорит о том, что другие возможности для рассмотрения ценностей и широких последствий разработки технологий были упущены. Не ретроспективное, а предварительное рассмотрение ценностей в каждой поворотной точке позволяет руководителям, законодателям и другим заинтересованным сторонам влиять на технологии, выходя за пределы своих экономических ролей и отстаивая свою гражданскую позицию.

ЭТИЧЕСКИЙ КОДЕКС МОЛОДОГО УЧЕНОГО

Создать кредо, позволяющее определять четкие ценности и приоритеты, можно разными способами. Такое кредо может быть узконаправленным или иметь самый широкий охват. В качестве примера рассмотрим универсальный этический кодекс, принятый сообществом молодых ученых Всемирного экономического форума.

Предлагаемый этический кодекс имеет общий характер и может применяться к любым дисциплинам. Он продолжает меняться и дополняться, обеспечивая высокие стандарты поведения и предоставляя исследователям свободу для самоконтроля.

- 1. Стремитесь к поиску истины.** Продолжайте исследования, к чему бы они ни вели, оставайтесь непредубежденными в процессе работы и во время подведения итогов, ищите объективного подтверждения.

2. **Поддерживайте разнообразие.** Стремитесь создать окружение, в котором идеи различных групп выслушиваются и оцениваются на основе эмпирических доказательств.
 3. **Поддерживайте контакт с общественностью.** Установите открытые двусторонние каналы связи, по которым можно вести диалог о науке, последствиях и необходимости исследований для общества.
 4. **Поддерживайте контакт с теми, кто принимает решения.** Своевременно консультируйте и информируйте ответственных руководителей, помогая принимать решения, основанные на фактах, и способствуя положительным общественным изменениям.
 5. **Будьте наставниками.** Делитесь опытом и давайте коллегам возможность расти и в полной мере реализовать свой потенциал.
 6. **Минимизируйте ущерб.** Принимайте все разумные меры предосторожности, чтобы минимизировать известные риски и опасности, связанные с экспериментами и их результатами.
 7. **Несите ответственность.** Отвечайте за свои действия во время исследований.
-

ПРОДВИЖЕНИЕ ВПЕРЕД С ОРИЕНТАЦИЕЙ НА ЦЕННОСТИ

Новейшие технологии изменяют не только то, как мы создаем, обмениваем и распространяем ценности, но и то, какой мы в этом видим смысл — смысл, помогающий нам представлять возможное будущее, ради которого стоит жить. Продвижение вперед требует от нас осознания политической природы технологий и рассмотрения последствий нашего выбора в каждой поворотной точке. Для успеха Четвертой промышленной революции лидеры из всех слоев общества должны культивировать ответственное отношение к технологиям и учитывать интересы людей, которых затронут принимаемые решения. Чтобы суметь включить в инновационные экосистемы, производящие технологии, интересы всех групп населения, лидеры должны иметь устойчивые ценности и намерение формировать лучшее будущее.

Создание новых систем, предоставляющих значимые возможности для растущего числа людей и сохраняющих ценность отдельных личностей как членов общества, потребует глубоких размышлений о том, как технологии постепенно выбивают почву у нас из-под ног. Кроме того, принятие ценностно-ориентированного подхода к раз-

работке технологий может стать одним из способов для установления доверия между общественностью, правительством и бизнесом. Глядя вперед, в потенциальное будущее, создаваемое с помощью новых технологий, мы должны сохранить за собой возможность формировать эти технологии. Чтобы увидеть культурное возрождение, мы должны озвучить важность общественных ценностей и изменить баланс между обществом, технологиями и экономикой. Мы должны сделать это вместе, и это необходимо делать сейчас. Принять во внимание точки зрения всех вовлеченных групп и оценить их вклад — первый шаг к созданию процветающего будущего для всех нас.

Через два или три поколения, когда современные развивающиеся технологии достигнут зрелости, наши потомки, оглядываясь назад, либо поблагодарят нас за правильный выбор траекторий развития этих технологий в пользу равенства, человеческого достоинства и общего блага, либо будут сожалеть, что мы подвели их, упустив открывающиеся перед нами возможности.

ИТОГИ ГЛАВЫ

Распространены две точки зрения на технологии, ни одна из которых не помогает в определении организационной стратегии или в выборе направления для Четвертой промышленной революции:

1. Технологии определяют наше будущее, нам они неподконтрольны.
2. Технологии — обычные инструменты, нейтральные по отношению к ценностям.

Ни одна из этих точек зрения не отражает тот факт, что технологии и общество непрерывно формируют друг друга посредством политических принципов и ценностей, которые они включают в себя.

Мы должны принять более конструктивную точку зрения на технологии, ориентируясь на человеческие интересы. Необходимо признать следующее:

- Все технологии имеют политическую природу. Они являются воплощением общественных тенденций и компромиссов, выраженных посредством развития и реализации этих технологий.
- Технологии и общество взаимно формируют друг друга. Мы являемся продуктом наших технологий в той же степени, в какой они являются создаваемым нами продуктом.

Такой взгляд на технологии напоминает нам, что технологии — это решения и продукты, разрабатываемые через общественные процессы, которые отражают укоренившиеся приоритеты и ценности.

Из такого понимания технологий вытекают три обязанности:

1. Идентификация ценностей, связанных с определенными технологиями.
2. Понимание того, как технологии влияют на принимаемые людьми решения.
3. Определение наилучших путей влияния на технологическое развитие с учетом интересов всех вовлеченных сторон.

В этой главе мы определили девять поворотных точек, предоставляющих возможности для изучения, анализа и влияния на ценности, внедряемые в технологии:

1. Образовательные программы.
2. Финансирование и инвестиции.
3. Организационная культура.
4. Принятие решений и расстановка приоритетов.
5. Операционные методологии.
6. Экономические поощрения.
7. Проектирование продуктов.
8. Техническая архитектура.
9. Сопротивление общества.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ВСТАВКА

СТАНДАРТЫ В ОБЛАСТИ ПРАВ ЧЕЛОВЕКА*

Технологии Четвертой промышленной революции преобразуют общество и меняют наше будущее.

В результате возникает необходимость более четкого формулирования этических рамок, нормативных стандартов и моделей ценностно-ориентированного управления, помогающих организациям выбирать направления развития и использования в обществе этих

* При участии Хилари Сатклифф (Hilary Sutcliffe), директора SocietyInside, Великобритания, и Анны-Мари Олгроув (Anne-Marie Allgrove), партнера Baker & McKenzie, Австралия.



ЖИЗНЬ
ВО ВРЕМЕНА СЕРЬЕЗНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ИЗМЕНЕНИЙ ОБЯЗЫВАЕТ
ДЕЙСТВОВАТЬ: ВЫРАБАТЫВАТЬ
НОРМЫ, ПРАВИЛА И БИЗНЕС-
ПРАКТИКИ РАДИ ИНТЕРЕСОВ
ВСЕГО ЧЕЛОВЕЧЕСТВА
В БУДУЩЕМ.



мощных инструментов с учетом общечеловеческих интересов, выходящих за пределы географических и политических границ.

Права человека — это жесткая граница ценностей, и международные стандарты и обязательства в области прав человека предоставляют существенную основу для решения этих вопросов.

Всеобщая декларация прав человека (ВДПЧ), принятая в 1948 году и подписанная 192 странами, предлагает универсальный ряд принципов, применимых к любым культурам. Организация Объединенных Наций приняла эту декларацию в то время, когда мир отходил от ужасов холокоста и испытывал всеобщее желание создать новое, более обнадеживающее будущее для человечества. Как отмечал чилиец Эрнан Санта Крус, член редакционного подкомитета, в первую очередь декларация служила выражением глобальных ценностей:

«Я четко осознавал, что участвую в действительно значимом историческом событии, когда достигнут консенсус относительно высшей ценности человеческой личности, ценности, которая возникает не по чьему-то решению, а по самому факту существования».

ВДПЧ устанавливает универсальные стандарты в поддержку усилий государств и организаций по разработке законов и норм относительно широкого ряда вопросов, от криминальной юстиции до защиты окружающей среды, от глобального развития до торговли, от безопасности до миграции. ВДПЧ и ряд юридически обязывающих договоров, разработанных на основе положений ВДПЧ, предоставляют существенную основу, позволяющую частным и международным организациям и государствам отстаивать равенство и справедливость в вопросах, связанных с технологическими инновациями, затрагивающими интересы людей и планеты.

Хотя эти глобальные правовые нормы были приняты государствами для регулирования поведения официальных лиц, они все чаще применяются к частному сектору. Например, международные компании, которые решают вопросы трудового права в глобальных цепочках поставки, или информационные и коммуникационные компании, отстаивающие право на конфиденциальность и свободу слова, пытаются урегулировать эти проблемы с помощью правозащитных механизмов. Аналогично этому стандарты в области прав человека могут помочь нам в решении вопросов, возникающих по мере того, как мы пытаемся найти баланс между уменьшением человеческих страданий и опасностями применения новых научных инструментов.

Четвертая промышленная революция должна основываться на обсуждении широкого ряда вопросов, касающихся общества, в ко-

тором мы хотим жить. Сегодня технологии предлагают нам огромный простор для расширения человеческих возможностей, но мы не должны забывать о возможных последствиях применения этих технологий для людей, их повседневной жизни и их прав.

Это больше не прерогатива государств и международных организаций — частный сектор должен занять ведущую позицию. Для начала частным организациям и их акционерам следует пересмотреть свои ценности с учетом ВДПЧ и других стандартов в области прав человека, а затем разработать механизмы, позволяющие оценивать соответствие выбранному курсу.

ГЛАВА 4

ОХВАТ ВСЕХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН

ЧТОБЫ В ПОЛНОЙ МЕРЕ РЕАЛИЗОВАТЬ ВСЕ ПОТЕНЦИАЛ ЧЕТВЕРТОЙ промышленной революции, необходимо обеспечить справедливое распределение ее выгод между всеми заинтересованными сторонами. В этой главе мы подчеркнем важность многостороннего подхода и рассмотрим три группы, которые зачастую упускаются из виду или игнорируются и которые необходимо поддерживать. Первая группа — развивающиеся страны, которые до сих пор не могут воспользоваться плодами предыдущих промышленных революций. Вторая — окружающая среда, пострадавшая от всех прошлых промышленных революций, которые отразились на существовании биологических видов и на будущих поколениях. Третья группа — это подавляющее большинство людей по всему миру, которые не имеют сверхвысоких доходов и не обладают политической властью.

Мир сталкивается одновременно с несколькими трансформирующими тенденциями: урбанизация, глобализация, демографические сдвиги, изменения климата и активное появление новых технологий, нарушающих привычное положение вещей. В развивающихся регионах, испытывающих резкий рост молодого населения, нужно будет быстро создавать соответствующее количество рабочих мест. Экологические изменения требуют более решительных мер для смягчения их негативных последствий и адаптации к ним, прежде всего в развитых регионах, где последствия изменения климата особенно велики. Воздействие новых технологий на распределение материальных благ и на сплоченность общества показывает, что наши

политические системы и экономические модели не способны должным образом создавать возможности для всех граждан.

Эти тенденции ведут к тому, что мы вынуждены выходить за традиционные рамки и работать над созданием устойчивых и всеобъемлющих партнерских отношений. История показывает, что желать всеобщего охвата недостаточно — его нужно добиваться. Как показано в главе 3, одни лишь технологические системы не смогут предоставить полноценные возможности широким массам. Это произойдет только, если привлечь к решению проблем все заинтересованные круги. Поэтому на самом раннем этапе нужно решить, о каких общественных ценностях и о каких всеобщих решениях пойдет речь. Решения, которые будут формировать наше общее будущее, нельзя принимать кулуарно: «Лица, принимающие решения, должны быть способны — и готовы — вовлекать все заинтересованные круги. Только так можно претендовать на более тесную сопричастность и широкий охват»³⁷. Итак, чтобы промышленная революция стала всеобъемлющей и объединяющей, мы должны продумать наши действия и быть целеустремленными.

Вовлекая в обсуждение влияния новых технологий на развивающиеся страны все заинтересованные стороны, мы иллюстрируем главный принцип подхода, ориентированного на множество заинтересованных групп. Этот принцип утверждает, что жизнеспособные решения сложных общемировых проблем можно получить только при совместном участии лидеров бизнеса, государства, гражданского общества и научных кругов, а также молодых поколений.

Социальные выгоды от внедрения новых технологий могут быть поистине революционными. Моделирование воздействия самоуправляемых автомобилей в городской среде, проведенное «Бостонской консалтинговой группой» (Boston Consulting Group) в сотрудничестве со Всемирным экономическим форумом, показывает, что применение автоматизированных транспортных систем в некоторых ситуациях способствует снижению загрязнения воздуха, уменьшению заторов, сокращению времени поездок и снижению количества травм и смертей в результате дорожно-транспортных происшествий³⁸. Внедрение новых методик точной медицины для диагностики и лечения инфекционных заболеваний вполне может привести к увеличению продолжительности жизни в мировом масштабе на один-два года, и это если не учитывать предпринимаемые в настоящее время попытки непосредственного применения методик геномной модификации для снижения темпов старения. В области геномной инженерии имеются и другие революционные возможности,

например возможность навсегда покончить с такими болезнями, как малярия, благодаря достижениям в области генетической модификации малярийного комара. Технология блокчейн может быть применена для публичной регистрации земельных участков, что позволит миллионам людей по всему миру стать официальными собственниками своей земли. Это, в свою очередь, даст им возможность использовать принадлежащие им земельные участки, как залоговое обеспечение, и тем самым получать доступ к финансовым рынкам. Использование виртуальной и дополненной реальности способно радикально повысить эффективность образования, поскольку позволит приобретать и совершенствовать практические навыки в безопасных иммерсивных средах*.

Зачастую косвенное воздействие новых технологий еще более важно, чем их непосредственное влияние на производительность труда. Широкая доступность электричества в быту, ставшая результатом Второй промышленной революции, способствовала появлению стиральных и посудомоечных машин, пылесосов и другой бытовой техники, которая существенно сократила затраты времени на уборку и приготовление пищи. Итогом стало не только то, что у женщин, на которых до сих пор лежало непропорционально большое бремя по выполнению домашних обязанностей, появилось больше свободного времени. Наличие таких приборов и машин также привело к сокращению индустрии бытового обслуживания, вызвало изменение структуры семей и высвободило время для более продуктивной деятельности вне дома.

Но как соотносятся эти преимущества с теми людьми, которые не могут выбраться из нищеты, принадлежат к маргинализированным сообществам или проживают в тех регионах, которые остались неохваченными предшествующими промышленными революциями? Примерно 600 млн людей живут на небольших фермах, не имея каких-либо средств механизации, и их уклад жизни во многом остался незатронутым даже Первой промышленной революцией. Около одной трети населения планеты (2,4 млрд) испытывают нехватку чистой воды и живут в антисанитарных условиях, а около одной шестой части населения (1,2 млрд) не имеют электричества — достижения Второй промышленной революции. И хотя новые технологии вкупе с сопротивлением общества и институциональными реформами, возможно, привели к освобождению женщин в развитых регионах, каждая пятая женщина на Среднем Востоке и в Латинской Америке, а также

* Среда с полным погружением в реальность. — *Прим. перев.*

в странах Карибского бассейна, по-прежнему является домашней прислугой. Более половины населения земного шара — около 3,9 млрд людей — все еще не имеют доступа к Интернету, одной из наиболее важных технологий Третьей промышленной революции³⁹. В развивающихся странах доля населения, не имеющего выход во Всемирную сеть, составляет 85%, тогда как в развитых странах этот показатель составляет 22%⁴⁰.

Если такие глобальные различия сохранятся, это будет сдерживать подлинный трансформирующий потенциал Четвертой промышленной революции. Сейчас мы стоим перед выбором: либо разрабатывать технологии и системы, которые будут служить распространению экономических и общественных ценностей, таких как материальный достаток, перспектива и свобода, для всех заинтересованных кругов, либо оставить значительные массы людей за пределами этого процесса. Мыслить инклюзивно — это не просто задумываться о бедности или о маргинализированных сообществах как об отклонениях, с которыми вполне можно справиться. Необходимо осознать, что «мы с нашим привилегированным положением и они с их лишениями живем в одном и том же мире»⁴¹. Речь идет не только о материальном достатке и правах, хотя и это важно. Вовлечение всех заинтересованных кругов и распределение выгод позволяют расширить свободы для всех.

Экономист и философ Амартия Сен (Amartya Sen) утверждает, что свободы — свобода от голода, возможность ходить на работу, возможность участвовать в демократических процессах, возможность вступать в любовные отношения и т. д. — являются «как главной конечной целью, так и главным средством достижения». Свободы расширяют возможности людей и позволяют им достойно жить как в процветающем, так и в развивающемся обществе. Материальные блага и выгоды необязательно должны поровну делиться среди заинтересованных лиц, но их уровень должен быть достаточным для того, чтобы люди жили той жизнью, которую они ценят. Подход, ориентированный на множество заинтересованных групп, — это возможность организовать диалог, нацеленный на совершенствование мира. Такой подход работает для всех, а не только для избранных.

Гарантия справедливого распределения материальных благ и позитивные внешние последствия Четвертой промышленной революции — это больше, чем чисто этическая проблема. Опыт политических революций прошлого учит, что неравенство не остается без последствий. Преобладающие экономические модели делают демократические системы неспособными справиться с материальным

неравенством или с неравенством возможностей, и это ведет к укоренению социального и экономического дисбаланса, вызывающего разрыв и дестабилизацию. Как отмечается в докладе Всемирного экономического форума о глобальных рисках за 2017 год (Global Risks Report 2017), сегодня сочетание экономического неравенства и политической поляризации грозит усилить многие глобальные риски и ставит под угрозу общественную солидарность, на которой основывается легитимность экономической и политической систем⁴².

Такие стойкие структурные разделения нашли отражения в сформулированных ООН и введенных в действие в январе 2016 года целях устойчивого развития (Sustainable Development Goals, SDGs). Эти цели ставят во главу угла снижение бедности, демократическое правление и укрепление мира, меры по сохранению климата, уменьшение неравенства и экономический рост. Важно, что Четвертая промышленная революция способствует укреплению общих усилий, направленных на распространение возможностей, благоприятных для развития человека, а не препятствует им.

РАЗВИВАЮЩИЕСЯ ЭКОНОМИКИ

Экономист Рикардо Хаусманн (Ricardo Hausmann) и профессор медийных искусств и наук Сесар Идальго (Cesar Hidalgo) утверждают, что именно коллективная способность позволяет продуктивно использовать новые технологии, которые двигают прогресс человечества. К сожалению, эта способность крайне неравномерно распределена между странами:

Общественное накопление производственного знания не является универсальным явлением. Оно присутствует в некоторых частях мира, но отсутствует в других. Там, где оно есть, имеет место невероятный рост стандартов жизни. Там, где его нет, стандарты жизни остаются на уровне прошлого. Громадный экономический разрыв между богатыми и бедными странами является выражением обширных различий в производственном знании, накопленном разными народами⁴³.

В странах с успешной экономикой высокие стандарты жизни поддерживаются благодаря сочетанию технологий, знаний и ресурсов, которые применяются для разработки этих технологий, а также благодаря наличию рынков и организаций, которые способствуют тому,

чтобы знания, принадлежащие немногим, доходили до всех. Хотя не каждая страна способна выйти на острие технического прогресса во всех сферах, в экономике глобальных знаний каждая страна должна иметь возможность осваивать технологии и адаптировать их для своего национального, социального и экономического развития.

Некоторые считают, что технологии Четвертой промышленной революции, связанные с институциональными реформами, позволяют экономикам «перескочить» через прежние подходы, ориентированные исключительно на технологии, и дают возможность странам с развивающейся экономикой достигать успеха быстрее, чем это было возможно при традиционных индустриальных путях развития. Типичный пример: привлечение масштабных инвестиций в цифровые технологии в ходе Третьей промышленной революции привело к широкому распространению и массовой доступности мобильных телефонов. В результате развивающиеся страны, перед которыми стояла задача обеспечить населению доступ к высококачественным телекоммуникационным сетям, смогли отказаться от необходимости инвестировать большие объемы средств в инфраструктуру стационарной телефонной связи⁴⁴. Другими наглядными примерами воздействия технологий является применение гражданских беспилотных летательных аппаратов (дронов) для доставки жизненно важных медикаментов и вакцин, повышение эффективности в сельском хозяйстве за счет применения генетически модифицированных семян и передовых удобрений, а также предоставление услуг недорогого высокоскоростного Интернета благодаря появлению новых сетей вещания с низкоорбитальных спутников. Однако обещанный скачок в Четвертой промышленной революции остается всего лишь обещанием.

Одна из проблем состоит в том, что ориентация на цифровую инфраструктуру, призванную ускорить темпы и расширить сферу действия Четвертой промышленной революции, очень быстро развивает цифровое неравенство — как внутри стран, так и между ними. Если наличие высокоскоростных цифровых сетей и соответствующих навыков и знаний является необходимой предпосылкой для Четвертой промышленной революции, власть может перейти к тем, чье географическое положение, уровень образования и дохода позволит им оказаться на нужной стороне растущей цифровой пропасти. В то же время миллиарды других людей могут еще больше отдалиться от базовых стандартов заработной платы, доступности инфраструктуры, востребованности языка или актуальности информационного наполнения.

Вторая проблема связана с революцией в области мобильных технологий и с тем, что эта новая инфраструктура не смогла стимулировать инновации или разработки. В Африке сервисы, предлагаемые революцией в сфере мобильной связи, направлены главным образом на потребителей, а не на производителей технических средств. По большей части не получилось создать официальные рабочие места, выработать базовую инфраструктуру для экономического развития или привлечь и внедрить смежные технологии⁴⁵. Чтобы революция в области мобильных технологий стала катализатором промышленного развития и диверсификации экономики, она должна идти рука об руку с «Четвертой промышленной политикой» — дополнительными изменениями нормативно-правовой базы в сфере инноваций, предпринимательства, инфраструктуры и индустриализации.

Третья проблема заключается в том, что Четвертая промышленная революция грозит перевернуть традиционные пути развития промышленности, в соответствии с которыми страны изначально полагались для привлечения производства (а впоследствии также инвестиций и технологий) на обширные ресурсы дешевой рабочей силы. Наиболее характерные примеры автоматизации, заменяющей труд людей: высокоточные производства, оснащенные разумными роботами, или возвращение производства в развитые страны благодаря повсеместному применению технологии 3D-печати — хорошо характеризуют снижение роли дешевой, неквалифицированной рабочей силы. Так каким же образом страны, в которых доминирует аграрное хозяйство и экономика с низким уровнем индустриализации, смогут трансформироваться в экономики, основанные на знаниях, чтобы в ходе Четвертой промышленной революции иметь возможность осваивать, применять и разрабатывать новые технологии?

Если учитывать возрастающую роль квалифицированных кадров, можно сказать, что стимулирование возможностей стран для плодотворного применения технологий станет критической необходимостью и потребует инвестиций в образование, обучение и национальную программу научных исследований и разработок (НИОКР). Четвертая промышленная революция сделает еще более важной задачу уменьшения неравенства в сфере образования и науки, имеющегося между экономически развитыми и развивающимися странами. Хотя новые технологии обещают ускорить процесс развития навыков, большинству развивающихся стран на это потребуются десятилетия, а также значительные ресурсы. Лишь после этого они смогут воспользоваться всеми преимуществами высококачественных систем образования и науки.

В 2014 году 263 млн детей и молодых людей в мире не ходили в школу. Наибольшая доля таких детей приходится на регионы, для которых потребность в экономическом и социальном развитии является наивысшей и в которых дети и молодежь составляют большинство населения⁴⁶. Помимо географических различий, еще больше усугубляет ситуацию отсутствие равных возможностей образования для представителей разных полов. Молодые женщины чаще не посещают учебные заведения, чем молодые мужчины, особенно в слаборазвитых регионах⁴⁷. Для населения регионов, где очень высока доля детей, не посещающих школу, этот неблагоприятный фактор снижает их потенциальные возможности и сдерживает усилия стран по индустриализации.

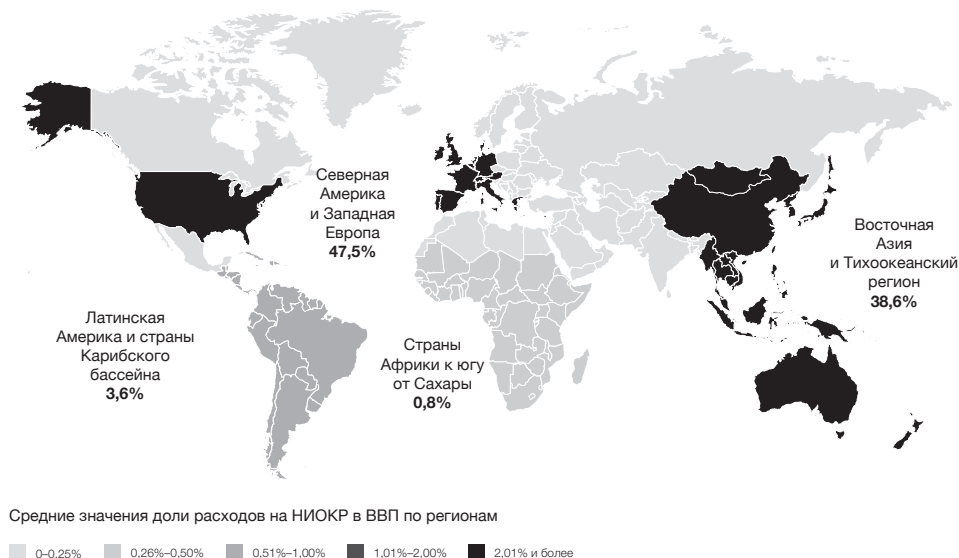
Привлечение детей в школы — только первый шаг. Рост диверсификации и повышение сложности экономики требуют наличия стабильных сертифицированных образовательных учреждений и достаточного финансирования науки. Сегодня более половины научно-технических журналов мира издаются в Соединенных Штатах и Великобритании. Это неудивительно, поскольку именно в этих двух странах находятся ведущие университеты мира⁴⁸. И хотя место публикации мало говорит о происхождении или намерении автора, то обстоятельство, что большинство новых знаний публикуется и создается на Западе, может стать ограничивающим фактором для распространения и получения этих знаний в других местах. Это обстоятельство еще раз указывает на то, что западные страны должны взаимодействовать с другими регионами с целью выявления и использования местных знаний. Хотя Северная Америка и Западная Европа пока еще доминируют по объемам инвестиций в научные исследования (а также имеют наибольшие расходы на НИОКР в процентах от ВВП, как показано на рис. 8), здесь имеет место значительный сдвиг в направлении стран Азиатско-Тихоокеанского региона⁴⁹. Однако на остальной мир приходится весьма незначительная доля. В результате по мере разворачивания Четвертой промышленной революции развивающиеся страны серьезно отстают в производстве знаний и в технических разработках.

Однако одно только увеличение инвестиций в образование и науку в странах с развивающейся экономикой не сможет сделать людей состоятельными. Общемировая наука будет становиться все более разносторонней по мере того, как свой вклад в знания будет вносить все более широкая группа культур и будут появляться новые источники специальных знаний. На решение этой проблемы направле-

ны такие проекты, как канадский проект «Мета», который в январе 2017 года был приобретен организацией Chan Zuckerberg Initiative. Проект посвящен использованию «искусственного интеллекта при работе с научными экосистемами» и предполагает создание инструментов, пригодных для большинства научных исследований, ежедневно проводимых по всему миру. Это не просто возможность читать или находить статьи в научных журналах, многие из которых являются платными и доступны не всем. В проекте «Мета» находят применение технологии Четвертой промышленной революции, позволяющие в реальном времени получать необходимую информацию, находить образцы для подражания и черпать идеи в самых разных научных дисциплинах.

Но и одних только инвестиций в НИОКР недостаточно. Для того чтобы повлиять на жизни людей и улучшить их, требуется эффективная коммерциализация знаний, обеспечивающая защиту, распространение и внедрение идей и технологий по отраслям и обществу в целом. Что касается коммерциализации знаний через систему патентов, то Запад здесь также исторически доминировал. И хотя Азия быстро прогрессирует в этом направлении, Латинская Америка и Африка продолжают отставать от остального мира.

Рисунок 8. Средние значения доли расходов на НИОКР от ВВП по регионам



Источник: данные ЮНЕСКО за 2017 г.

В тех регионах мира, в которых регистрируется значительно меньшее количество патентов, создается меньше материальных ценностей, что усугубляет глобальное неравенство. Развивающимся странам приходится приобретать дорогостоящие патентованные технологии, а это приводит к сдерживанию индустриализации.

Низкий уровень образования, низкий уровень НИОКР и отсутствие коммерциализации новых технологий в совокупности мешают развивающимся регионам следовать выбранным направлениям развития. Некоторые развивающиеся страны по большому счету исключены из процесса формирования воздействия новых технологий и знаний на их общества и не испытывают влияния глобально разворачивающейся Четвертой промышленной революции. Поскольку страны с развитой экономикой являются первопроходцами в разработке, планировании и использовании технологий, баланс между технологией, обществом и экономикой может оказаться смещенным из-за преобладания западных ценностей и доминирующей в западной экономике системы стимулов и поощрений. Если не предпринимать никаких действий, то будущее будет формироваться хаотично, а не целенаправленно, а технологии будут ограничивать, а не расширять возможности.

Мы прошли долгий путь, обрели политическую волю и создали соответствующие институты, чтобы справиться со всеми этими проблемами. Для того чтобы быстрее и эффективнее, чем раньше, распространять технологии, стимулировать процессы получения образования и повышения квалификации, потребуются широко-масштабные усилия. Но благодаря этим усилиям мы сможем на пороге Четвертой промышленной революции взять на себя ответственность и использовать новые технологические системы для максимальной полноты охвата, расширения свобод и глобального распределения выгод среди всех заинтересованных кругов.

Чтобы справляться с рисками и с успехом использовать технологии Четвертой промышленной революции для экономического и социального развития в развивающихся странах, требуется все-сторонний и продуманный подход. Нужно создать процесс, нацеленный на множество заинтересованных кругов, в котором участвуют эксперты по вопросам развития, создатели технологий, транснациональные компании, правительства, гражданское общество, международные организации и заинтересованные слои населения. Формирование будущего большинства населения мира не может быть доверено какой-либо одной группе, поскольку при

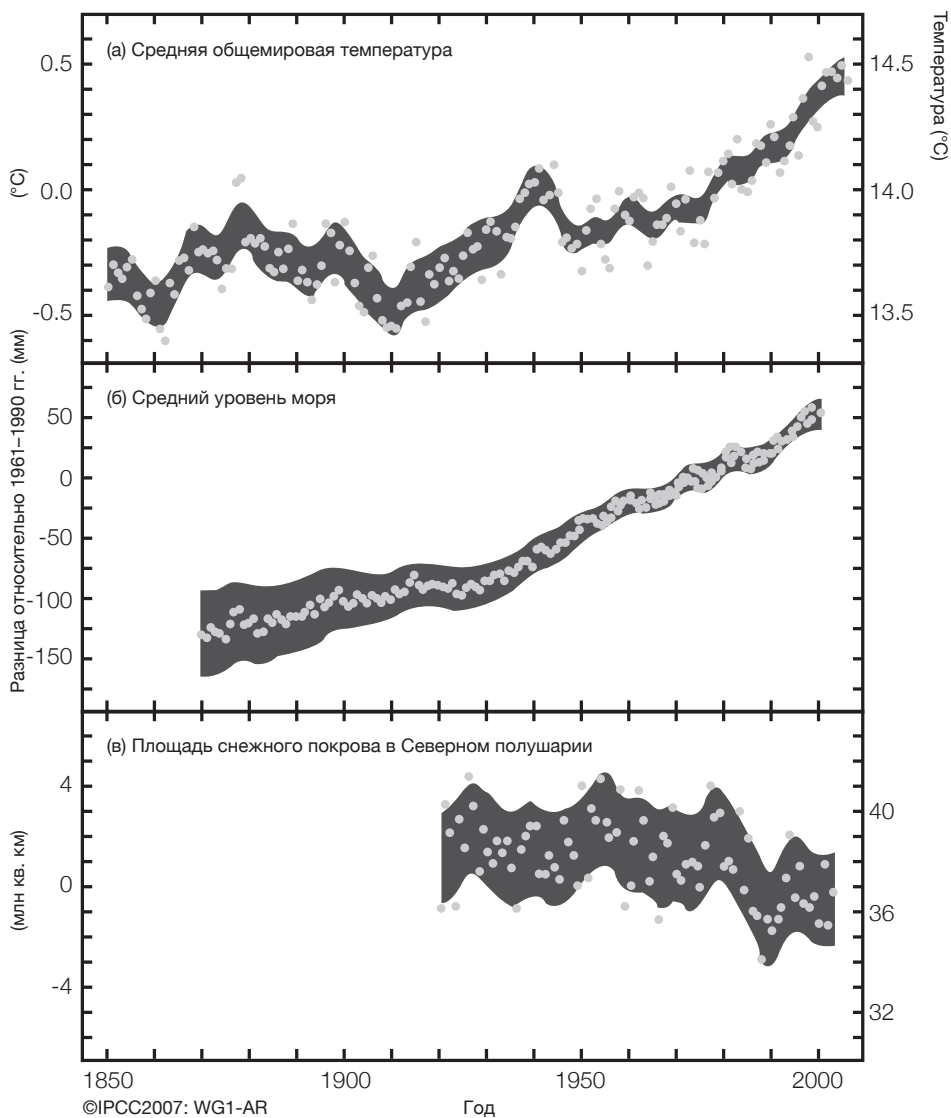
этом существует риск смещения в сторону предпочтений этой группы. Это может привести либо к сдерживанию темпов роста, либо к ситуации, когда выгоды от новых технологий будут ориентированы исключительно на узкий круг лиц. Всеобщая глобальная приверженность целям успешного развития — один из шагов на этом пути. Реального успеха можно добиться только при условии ответственного и гибкого руководства со стороны местных и международных групп заинтересованных кругов.

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Беспрецедентные материальные блага, сформировавшиеся за три века индустриализации, неравномерно распределялись между людьми, но и создавались со значительным ущербом для природных систем Земли. Климат, водные ресурсы, воздух, леса и океаны подвергаются небывалому, жесткому и постоянно возрастающему давлению. Численность биологических видов сократилась почти в сто раз от своего естественного уровня⁵⁰. В 1800 году только 3% населения мира, составлявшего тогда 1 млрд, проживало в городах. Сегодня на жителей городов приходится 50% населения планеты, общая численность которого составляет 7,4 млрд⁵¹. Из них 92% живут в условиях, когда уровень загрязнения воздуха превышает пределы, признанные безопасными Всемирной организацией здравоохранения⁵². К 2050 году масса всех имеющихся в мире изделий из пластика превысит общую массу всей рыбы в океанах⁵³. Общемировой объем выбросов углекислого газа с 1850 года вырос в 150 раз⁵⁴. При нынешнем количестве загрязнений вполне реальным является риск, что к 2100 году температура на планете вырастет на величину от 4 до 6 °C⁵⁵, что вызовет необратимые изменения в климатической системе, остававшейся стабильной на протяжении последних 10 тыс. лет⁵⁶.

Климатические изменения, по сути, уже подрывают национальные экономики и влияют на условия жизни. Они наносят ущерб людям, сообществам и системам, вызывая неопределенность и нестабильность. В условиях, когда многие регионы все еще идут по пути индустриализации, а население мира за последние 15 лет увеличилось на 1 млрд, нарушения, связанные с изменениями климата, будут усугубляться. К таким нарушениям можно отнести геополитическую нестабильность, массовую миграцию, перебои с производством продовольствия и возрастающие угрозы безопасности⁵⁷.

Рисунок 9. Тенденции изменения климата



Источник: Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC), данные на 2014 г.

В ходе Четвертой промышленной революции необходимо будет решать целый ряд проблем. Некоторые из них связаны с воздействием на окружающую среду самих цифровых технологий. В том числе это постоянно растущие объемы отходов электроники, которые со-

держат токсичные химические вещества, действующие на экологию. Также растут объемы выбросов углекислого газа, обусловленные появлением большего количества центров обработки данных. Такие центры, необходимые для эффективного функционирования разветвленной цифровой инфраструктуры, потребляют значительные объемы электроэнергии. Другие проблемы связаны с принципами, регулирующими развитие и внедрение технологий. Те меры, которые мы сумеем принять в ближайшие годы и десятилетия, чтобы преодолеть эти проблемы, будут определять не только условия жизни будущих поколений, но и экосистему планеты на грядущие тысячелетия.

Технологии Четвертой промышленной революции предоставляют нам возможность справляться с издержками, характерными для предыдущих промышленных революций, избрав путь более экологически рационального развития, обеспечивающий защиту нашего всеобщего достояния. К 2030 году в большинстве семей мира будет, по меньшей мере, один сотовый телефон стандарта 3G. Использование распределенных реестров, таких как блокчейн, для мобильной торговли квотами на выбросы углекислого газа даст возможность каждому человеку получить равную квоту в границах нашей планеты. Технология блокчейна также может найти применение в управлении распределением водных ресурсов и в задачах контроля вырубки лесов. Правительство Гондураса фактически уже использует потенциал распределенных реестров при выделении прав на землю.

Достижения в области спутниковой съемки помогают приостановить процесс уменьшения площади лесов, вклад которого в парниковый эффект составляет порядка 15%⁵⁸. Беспилотные летательные аппараты применяются для мониторинга лесных пожаров, урожая сельскохозяйственных культур и водных ресурсов и даже для помощи посевным работам. В то время как фермер способен посадить в день около 3 тыс. семян, тесты, в ходе которых семена сбрасываются на землю с дронов, показали, что таким образом можно посадить более 30 тыс. семян в день⁵⁹. Спутники также применяются для наблюдения за океанами и для защиты океанских ресурсов. Применение датчиков, имеющих связь со спутниками, и инструментов для обработки данных повышает качество и степень наглядности контроля над морскими судами. Сети наноспутников скоро смогут ежедневно делать снимки всей поверхности Земли с высоким разрешением. Флоты беспилотных судов помогут

отслеживать состояние наших океанов и вести мониторинг добычи океанских ресурсов⁶⁰.

Наличие и доступность технологий привели к тому, что для ведения экологического мониторинга теперь необязательно быть высококвалифицированным специалистом. Этот процесс становится более горизонтальным, принять участие в мониторинге можно при помощи своего смартфона. Нынешние системы экологического мониторинга хороши, но их возможностей недостаточно, чтобы соответствовать темпам и масштабам тех прорывных изменений, которые обещает Четвертая промышленная революция. Для того чтобы эффективно справляться с грядущими потрясениями, нынешняя экономическая модель должна быть перестроена так, чтобы стимулировать производителей и потребителей снижать объем потребления ресурсов и поощрять экологически рациональные продукты и услуги. Это потребует введения новых моделей бизнеса, в которых скрытые на сегодня издержки, связанные с воздействием на экологию, будут включаться в стоимость. Такой подход будет способствовать повышению экологической рациональности производства и потребления. Подобная перестройка также требует фундаментального сдвига от краткосрочного мышления к долгосрочному планированию, а также отказа от линейной экономической модели по принципу «взять сырье, изготовить продукт, избавиться от отходов» в пользу многооборотной экономики, когда промышленная система по своему замыслу и строению является восстанавливаемой или регенеративной. Подобная перестройка потребует краткосрочных вложений, но, если ничего не делать, это обойдется дороже.

Хотя Четвертая промышленная революция только начинает разворачиваться, положительные результаты уже есть: в технологии возобновляемых источников энергии инвестируется в два раза больше средств, чем в добычу ископаемых видов топлива⁶¹. Однако мир стоит перед выбором. Можно либо продолжать действовать в духе первых трех промышленных революций, не придавая большого значения проблемам окружающей среды, либо решать экологические проблемы путем осознанного выбора и сотрудничества между заинтересованными кругами. Этот подход также включает различные варианты внешнего финансирования решений, которые не только обещают коммерческую выгоду, но и несут пользу для общества. Следует избегать тенденции, свойственной прошлым промышленным революциям, когда мир природы воспринимался исключительно как «сточная канава» для отходов новых технологий. Это будет нелегко, но у лидеров нет другого выхода, кроме как управлять внеш-

ними воздействиями Четвертой промышленной революции так, чтобы непредвиденные последствия были заботой всего общества, а не концентрированно воздействовали на наиболее уязвимые группы населения или наносили экологический ущерб, сказываясь на будущих поколениях. Если принять во внимание, какой хрупкой стала биосфера планеты после трех предыдущих промышленных революций, цена ошибки слишком высока.

ОБЩЕСТВО И ГРАЖДАНЕ

Помимо геополитического и экологического воздействия технологические революции могут оказывать влияние на социальный ландшафт, изменяя требования к навыкам, необходимым для достижения успеха. К примеру, Третья промышленная революция улучшила жизнь работников интеллектуального труда по сравнению с фабричными работниками, стандарты жизни которых, в свою очередь, повысились в результате Второй промышленной революции. На известном «графике слона», построенном экономистом Бранко Милановичем (Branko Milanovic) (рис. 10), показано, как менялось распределение глобального дохода с 1988 по 2008 год: в проигрыше оказались не только беднейшие слои населения, но и те, чей доход составлял порядка 80% от общемирового, т. е. средний класс в развитых странах. Так, многие промышленные рабочие, столкнувшись с волнами нестабильности и стагнации, перешли в ряды «прекариата» (класс работников с частичной или неполной занятостью). Теперь повышение степени автоматизации снова может вызвать изменения в структуре выгодоприобретателей.

Новые формы автоматизации, в том числе роботы и алгоритмы, в которых нашли применение последние достижения в области искусственного интеллекта, заменяют не только рабочих на производстве, но и бухгалтеров, юристов и других специалистов. В 2000 году в Нью-Йоркском офисе финансовой группы «Голдман Сакс» насчитывалось 600 биржевых маклеров. В 2017 году осталось только два маклера, а основную работу выполняют программы автоматического ведения биржевых торгов⁶². Такую тенденцию можно наблюдать в десятках биржевых фирм Уолл-стрит⁶³. Подобное изменение скорее всего приведет к дальнейшей концентрации богатств в руках владельцев капитала и интеллектуальной собственности. Как показали последние выборы в Великобритании и в США, если оставить без внимания эти

сдвиги и их влияние на отдельных людей, они могут стать причиной недовольства, страха и политических демаршей в обществе.

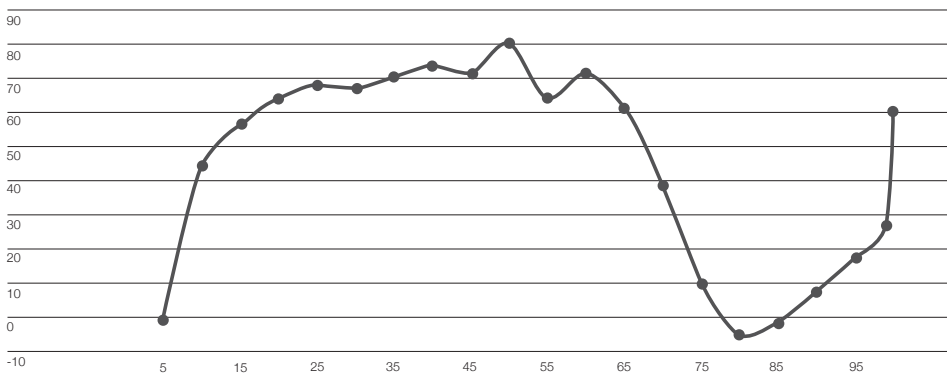
Помимо насущных экономических проблем существуют также проблемы, связанные с осмыслением роли труда для отдельных людей, семей и сообществ. За прошедшие 250 лет такие понятия, как коллектив, личность, цель и учреждение, тесно увязались с нашими ролями работников и полезных членов общества. Текущие прорывные изменения вынуждают политических лидеров переосмыслить парадигму, которая формирует отношения между отдельными людьми, обществом и экономической деятельностью. Это заставляет задуматься о реформах, направленных на пересмотр социального контракта между личностью и обществом.

Одним из примеров таких реформ является обсуждение концепции безусловного базового (основного) дохода (БОД). Эта достаточно радикальная идея была протестирована по всему миру, от Финляндии до Кении и от Калифорнии до Индии. Помимо доводов о рациональности и эффективности распределения, главным аргументом в пользу БОД является социальная справедливость. Поскольку доход все больше связан с землей, природными ресурсами и интеллектуальной собственностью — всеми составляющими коллективного богатства общества, — каждый должен иметь скромную долю этого коллективного богатства в форме безусловного основного дохода. БОД в данном случае не рассматривается как панацея, но его радикальная сущность вызвала важный спор, который должен широко рассматриваться в контексте экономических и социальных реформ и который заставляет переосмыслить, как сама экономическая система может работать для всех заинтересованных кругов в ходе Четвертой промышленной революции.

Лидерам также необходимо обратить внимание на то, что Четвертая промышленная революция по-разному будет воздействовать на различные гендерные группы. Во время Первой и Второй промышленных революций женщины вынуждены были сидеть дома и их влияние на политику и экономику было минимальным. Когда в XIX веке женщины пошли работать на заводы, жизнь большинства из них стала более тяжелой, и это привело к большей организованности и возникновению движений за права женщин, а позднее и кампаний в защиту всеобщего избирательного права и политического представительства. В итоге расширилось участие женщин в экономической и политической жизни и ускорился прогресс. Тем не менее гендерное неравенство существует до сих пор. Во всем мире мужчины наделены более обширными экономическими и политическими полномочиями, чем женщины. Почти в половине из 142 стран, отмеченных в докладе

Всемирного экономического форума о разнице в положении мужчин и женщин за 2016 год (Global Gender Gap Report 2016), гендерное неравенство увеличилось⁶⁴. К сожалению, вполне возможно, что сдвиг в области требований к квалификации, имеющий место в ходе Четвертой промышленной революции, будет благоприятен лишь небольшой части работников и владельцев высокотехнологичных компаний и приведет к дальнейшему усугублению гендерного неравенства.

Рисунок 10. Изменение реальных доходов с 1988 по 2008 г. в зависимости от процентных долей от глобального дохода (подсчитанного в 2005 г. в международных долларах)



Источник: Миланович (Milanovic) (2016 г.)

Женщины составляют менее 30% от числа занятых в сфере научных исследований. Еще меньше их доля в сфере инженерно-технических и математических дисциплин⁶⁵. Менее 25% должностей ИТ-специалистов занимают женщины, а среди предпринимателей их число еще меньше⁶⁶. Женщины на 50% меньше мужчин пользуются Интернетом, а в некоторых развивающихся странах этот разрыв еще больше⁶⁷. Практически по всем этим показателям наибольший разрыв между мужчинами и женщинами наблюдается в развивающихся странах, т. е. женщины там находятся в худшем положении. Подобный разрыв не позволяет женщинам в полной мере принимать участие в Четвертой промышленной революции и формировать ее. В частности, из-за этого миллионы хороших идей и предложений остаются за бортом, сдерживая столь необходимый процесс получения знаний. Вот почему необходимо решать проблемы гендерного неравенства и уделять им приоритетное внимание в политической, экономической и социальной сферах. Раскрыть потенциал женщин

в ходе Четвертой промышленной революции — значит раскрыть потенциал общества.

Помимо перспективы решить проблему гендерного неравенства, Четвертая промышленная революция предоставляет возможность включить в процесс людей, которые исторически находились в бедственном положении или подвергались преследованиям по гендерным, расовым, возрастным признакам, из-за сексуальной ориентации или физической неполноценности, либо из-за отказа отождествлять свой пол с полом, полученным при рождении. Новые технологии способны трансформировать наше восприятие пола, возраста и самого человеческого организма. Люди с ограничениями по здоровью получают выгоду от технологий, которые позволяют расширить возможности человека. В итоге само понятие физической неполноценности постепенно исчезнет.

По мере того как роботы и другие передовые технологии становятся все более обычным явлением в обществе, они помогают разрушать стереотипы. Однако этот процесс не является неизбежным: он зависит от тех ценностей, на которые мы ориентируемся при создании и внедрении технологий, о чем говорилось в главе 3. Имеющиеся у людей предрассудки, такие как сексизм и расизм, проявляются уже при программировании машин и при взаимодействии с ними⁶⁸. Так, хотя в теории роботы-гуманоиды могут создаваться без таких атрибутов, как раса или пол, чаще всего роботы для обслуживания клиентов имеют женские признаки, в то время как промышленные роботы, как правило, создаются с мужскими признаками. Это сдерживает применение новых технологий для разрушения вековых стереотипов и мешает мыслить не традиционными категориями, а более широко. Будут ли новые технологии сохранять существующие стереотипы или позволят повысить благосостояние всех людей и общества в целом, зависит от осознанного выбора, который делается при разработке этих технологий.

ОТВЕТСТВЕННОЕ И ГИБКОЕ РУКОВОДСТВО ДЛЯ ВОВЛЕЧЕНИЯ ВСЕХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ГРУПП

Развитие Четвертой промышленной революции будет зависеть от того, сможем ли мы принимать осознанные решения или будем действовать без оглядки на растущие экономические, экологические и социальные проблемы. Если мы на самом деле хотим почувствовать себя частью чего-то гораздо большего, чем мы есть — истинно глобальной

цивилизацией с осознанием общей судьбы, — нужно вовлечь в движение по намеченному нами курсу все заинтересованные круги. Мы несем ответственность за предоставление равных возможностей растущему населению развивающихся стран, особенно молодежи, которая все еще пытается воспользоваться плодами предыдущих промышленных революций. Мы должны сохранить для будущих поколений здоровую планету. И мы должны стремиться к тому, чтобы выгоды этой технологической эры справедливо распределялись между всеми гражданами независимо от возраста, уровня дохода, расы или убеждений.

Решение наших общих проблем требует радикального мышления. Технологии, вытесняющие ручной труд, серьезные климатические изменения, растущая озабоченность в отношении неравенства и грядущей экономической неопределенности подрывают те модели и парадигмы, на которых основываются наше общество и экономика. Лидеры всех секторов промышленности во всех странах должны взять на себя ответственность за ведение диалога о необходимых социальных и экономических системных изменениях. Нужно также определиться, какими будут эти изменения — кардинальными или постепенными.

ИТОГИ ГЛАВЫ

Если мы хотим, чтобы Четвертая промышленная революция привела нас в экологически рациональное и открытое для всех будущее, крайне важно придерживаться подхода, нацеленного на множество заинтересованных сторон.

Принцип множества заинтересованных сторон предполагает, что жизнеспособные решения сложных мировых проблем могут быть достигнуты только при совместном участии руководителей бизнеса, государства, гражданского общества и научных кругов, а также с привлечением молодого поколения.

Для включения развивающихся стран в Четвертую промышленную революцию необходимо:

- на местном и региональном уровне обсуждать, как будет выглядеть будущее и как местное население сможет воспользоваться преимуществами новых технологий;
- на местном, региональном и общемировом уровне проводить в отношении инноваций, инфраструктур и индустриализации политику, которая позволит всем гражданам воспользоваться потенциалом и выгодами новых технологий.

Защита окружающей среды в ходе Четвертой промышленной революции подразумевает:

- не только создание и внедрение новых технологий для недопущения ущерба, но и упреждающий, ориентированный на перспективу подход к сохранению и улучшению мира природы;
- перестройку экономических моделей в отношении использования технологий и их воздействия, чтобы стимулировать производителей и потребителей к снижению потребления ресурсов и поощрять экологически рациональные продукты и услуги.

Чтобы Четвертая промышленная революция обеспечила процветание, открытость и равенство для общества и граждан, требуется осознанный выбор технологических систем, которые неизбежно будут влиять на экономику, окружающую среду и социальные системы. Это означает, что нужно иметь волю для противодействия существующим экономическим и политическим парадигмам и их перестройки с целью включения всех заинтересованных участников — независимо от этнической, возрастной, половой или национальной принадлежности.

Часть 2



ТЕХНОЛОГИИ,
ВОЗМОЖНОСТИ
И ПЕРЕМЕНЫ

КРАТКИЙ ОБЗОР

В ЧАСТИ 1 МЫ РАССКАЗАЛИ О ДИНАМИКЕ РАЗВИТИЯ И ПРОБЛЕМАХ Четвертой промышленной революции, а также обсудили необходимость использования подхода, который бы ориентировался на человека, базировался на ценностях и учитывал интересы всех групп, участвующих в процессе. В части 2 мы более подробно обсудим уникальные технологии и условия, создающие предпосылки для этих технологий, а также узнаем, как, работая в связке, оба этих компонента становятся движущей силой новой эры. Размах, масштаб и скорость изменений этих технологий таковы, что они окажут влияние не только на промышленность, — эти технологии способны изменить ход истории и повлияют на все стороны нашей жизни.

Написанные в рамках сотрудничества с сетью советов по глобальному будущему (Global Future Councils) и сетью экспертов Всемирного экономического форума, следующие 12 глав расскажут о технологиях, которые служат движущими силами Четвертой промышленной революции по мере того, как она набирает обороты и охватывает весь мир. Четыре раздела — «Расширение цифровых технологий», «Преобразование физического мира», «Изменение человека» и «Интеграция окружающей среды» — направляют обсуждение этих технологий в сторону ключевых тем, подчеркивающих то, как технологии влияют на мир и знаменуют начало новой эры. Эти главы призваны дать общую картину — в соответствии с примененной во второй главе стратегией «масштабирования» — и представить широкую панораму возможностей технологий, а также примеры практического их применения.

Помимо изменения цепочек ценности и организационных структур, каждый из описанных в этих главах 12 наборов технологий порождает новые категории, инновационные процессы и потрясающие товары и услуги. К примеру, цифровые технологии занимают все больше места в материальном мире за счет использования облачных технологий, создающих сети роботов, генетических секвенаторов, носимых устройств, дронов

и устройств виртуальной и дополненной реальности. Платформы искусственного интеллекта позволяют повысить мощь приложений, используемых в самых разных отраслях промышленности, и усовершенствовать возможности принятия решений в компаниях. Вдобавок передовые материалы продолжают «обновлять» наш физический мир, позволяя создавать невиданные ранее продукты.

Влияние этих инновационных технических средств, научных применений и инфраструктурных изменений распространяется на всех участников. Они влияют на возможности промышленности, социальные отношения и политические стратегии. В частном бизнесе и государственных структурах присутствует ясное понимание того, что контроль этих факторов критически важен для существования человечества на протяжении ближайших десятков лет. Видение общей картины — ключ к правильному управлению этими возможностями, и каждая глава второй части призвана помочь читателю лучше понять их и научиться «отвлекать от частностей». С другой стороны, каждая глава помогает увидеть детали, предоставляя примеры того, где и как используются эти технологии, а также раскрывая их уникальные возможности. Главы содержат также замечания экспертов, которые вынесены в специальные дополнения.

Выбор 12 категорий взаимосвязанных технологий не претендует на полноту, потому что есть масса отдельных, не относимых ни к каким категориям технологий — сложно охватить одним взглядом все это разнообразие. Многие технологии еще ожидают своего первооткрывателя. Для части 2 отобраны технологии, наиболее заметные на нынешнем раннем этапе. Уже сейчас ясно, что они связаны с биологией, интеллектом и опытом человека, а также с окружающей нас средой, а их влияние будет обширным и тяжело поддающимся прогнозированию. Они повлияют на нашу личную жизнь и работу, а также на то, как мы воспитываем и готовим к жизни наших детей. Технологии окажут влияние на более широкие аспекты нашей жизни, в числе которых права человека и взаимодействие человека с обществом, а также отношения между народами. Изменится понимание того, что возможно, допустимо и необходимо в нашей жизни. По этим и другим причинам исключительно важно в процессе развития технологий не забывать о человеке.

Раздел 1. РАСШИРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Цифровая революция, которую мы еще называем Третьей промышленной революцией, принесла с собой универсальные вычисления, разработку ПО, персональные компьютеры и связанный мир вычислений за счет появления повсеместной цифровой инфраструктуры и Интернета. Но большинство привычных нам сегодня вычислительных технологий развивались в рамках одной классической парадигмы процесса вычислений, созданной еще в 1940-х годах. Сейчас исследователи и предприниматели работают над другими возможностями вычислений, которые смогут обогатить наши способности и расширить ожидания в отношении хранения, обработки и передачи информации. В главах этого раздела обсуждаются новые технологии вычислений, блокчейн и системы распределенного реестра и растущий Интернет вещей, а также представляются примеры того, как инновационные цифровые, квантовые и встроенные вычисления могли бы изменить будущее.

Глава 5. Новые вычислительные технологии

Глава 6. Блокчейн и технологии распределенного реестра

Глава 7. Интернет вещей

Специальная вставка. Этические нормы работы с данными

Специальная вставка. Киберриски

Раздел 2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО МИРА

Развивающиеся в рамках Четвертой промышленной революции технологии задействуют увеличенную пропускную способность, расширенную доступность облачных сервисов и повышение скорости и мощности графических вычислений, чтобы выйти за рамки экранов компьютеров и проникнуть в промышленное производство, городскую транспортную инфраструктуру и интерактивные устройства. Точно так же, как электрические сети и механизированные инструменты создали во время Второй промышленной революции предпосылки для разработки цифровых технологий, цифровая инфраструктура создает базу для преобразования технологий,

создающих материальную основу нашей среды обитания, а также материальные ценности, с которыми мы взаимодействуем в промышленной и социальной средах. В трех главах этого раздела обсуждаются искусственный интеллект и робототехника, передовые материалы, дроны, аддитивное производство и многомерная печать. Мы стоим на пороге будущего, в котором цифровые агенты и действующие лица уничтожают границу между программным обеспечением и артефактом, принуждают к созданию новых функциональных возможностей и даже способны независимо перемещаться среди нас.

Глава 8. Искусственный интеллект и роботы

Глава 9. Передовые материалы

Глава 10. Аддитивное производство и многомерная печать

Специальная вставка. Преимущества и недостатки дронов

Раздел 3. ИЗМЕНЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Границы между технологиями и человеческими существами размываются, и не только благодаря возможности создавать роботов, похожих на живые существа или синтетические организмы, — речь идет о способности новых технологий буквально стать частью нас. Технологии уже оказывают влияние на то, как мы воспринимаем себя, что думаем друг о друге и как определяем свою реальность. Описываемые в этом подразделе технологии облегчают доступ к органам нашего тела, позволили интегрировать цифровые технологии в организм человека. Похоже, метафора «киборга» перестала вызывать шок, но в будущем могут появиться удивительные сочетания цифровых и аналоговых форм жизни, которые изменят саму нашу природу. Главы этого раздела посвящены биотехнологиям, нейротехнологиям, исследованиям мозга, устройствам виртуальной и дополненной реальности. Наверное, именно эти технологии больше, чем какие-либо другие технологии Четвертой промышленной революции, поставят перед нами сложные этические проблемы. Они внедрятся в нашу биологию и изменят наши механизмы взаимодействия с миром. Они способны переходить границу между телом и сознанием, улучшать наши физические возможности и даже оказывать долговременное влияние на саму жизнь. Это не просто инструменты, и они требуют особого внимания из-за их способности расширить возможности или вмешаться в человека, его поведение и права.

Глава 11. Биотехнологии

Глава 12. Нейротехнологии

Глава 13. Виртуальная и дополненная реальность

Специальная вставка. Перспективы искусства, культуры и Четвертой промышленной революции

Раздел 4. ИНТЕГРАЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Успех Четвертой промышленной революции будет зависеть от технологий, обеспечивающих развитие инфраструктуры, поддерживающих работу глобальных систем и открывающих новые пути в будущее. Технологии, обсуждаемые в этих главах, расширяют возможности решения именно этих задач. Средства получения, хранения и передачи энергии, особенно использующие экологичные материалы и процессы, уменьшат зависимость от ископаемого топлива и дадут людям недорогую распределенную энергию. Геоинжиниринг, все еще очень рискованная технология, заставляет задумываться об управлении климатом и о том, что надо предпринять для решения глобальной проблемы повышения температуры атмосферы. Космические технологии окружают нас, позволяют наблюдать за планетой и ее экосистемами, а также являются средоточием передовой науки, исследований и технических инноваций. Все это связывает нас с планетой и Вселенной и требует осознания, что все мы вместе отвечаем за окружающую среду — Землю, воздух и космос. Такие огромные способности этих технологий оказывать влияние на нашу жизнь требуют совместных усилий и принятия важных решений в отношении нашего общего будущего.

Глава 14. Получение, накопление и передача энергии

Глава 15. Геоинженерия

Глава 16. Космические технологии

Раздел 1. РАСШИРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ГЛАВА 5

НОВЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЦИФРОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ СТАЛИ ТЕХНОЛОГИЕЙ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ, которая служила движущей силой Третьей промышленной революции благодаря экспоненциальному снижению размера и стоимости транзисторов с момента их изобретения в 1947 году. Новые компьютерные технологии сохраняют свою важность, поскольку повсеместно распространенные, надежные, эффективные и дешевые цифровые средства — это основа технологий и систем Четвертой промышленной революции, а также ввиду перспектив появления принципиально новых подходов, создающих новые возможности и новые проблемы.

Развитие вычислений базируется на инновациях в области материалов, сборки и конструирования, которые используются для обработки, хранения и взаимодействия с информацией. Вычисления распадаются на несколько областей, таких как централизованные облачные вычисления, квантовые вычисления, обработка данных в нейронных сетях, хранение биологических данных, оптические вычисления и вычисления в сетях. Эти средства требуют разрабатывать новое ПО и новые формы криптографии. Они позволяют ставить и решать задачи в области кибербезопасности, предоставляя поддержку обработке естественного языка и обещая в перспективе огромное повышение эффективности в таких областях, как применение в медицине и моделировании физических и химических процессов. Новые вычислительные технологии, возможно, помогут решить часть самых сложных проблем, которые стоят перед нами. Но без бдительного управления, гаранти-

рующего равный доступ к достижениям и контроль за безопасностью новых технологий, последние могут создавать значительные риски.

ПРОДЛЕНИЕ ДЕМОКРАТИЗИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ЗАКОНА МУРА*

Закон Мура носит имя сооснователя компании Intel Гордона Мура (Gordon Moore) и основан на том наблюдении, что с середины 1960-х годов плотность транзисторов на интегральной схеме удваивается с периодом 1,5–2 года. Это означает, что размер компьютеров уменьшается, а быстродействие повышается с экспоненциальной скоростью, при этом стоимость ежегодно снижается примерно на 30%. Если бы не закон Мура, мы были бы лишены потребительских мобильных вычислений, в которых используются очень маленькие процессоры и средства хранения данных. Также мы бы не знали мобильной телефонии. Как показывают результаты исследований центра Pew Research Center, именно благодаря влиянию мобильной телефонии 43% людей в мире обладает смартфоном того или иного типа^{69,70}. Кроме того, исследователям, предпринимателям в области технологий и корпорациям была бы недоступна невиданная скорость современных быстрых компьютеров.

Замечательная тенденция снижения цены и роста производительности должна продолжиться, даже когда закон Мура перестанет действовать. Более чем у четырех миллиардов людей нет доступа к Интернету, но использование технологий обработки цифровой информации, — мощная движущая сила экономического развития⁷¹. На протяжении нескольких лет производители микросхем и материаловеды обеспокоены тем, что мы практически достигли физического предела, за которым невозможно дальнейшее уменьшение размеров транзисторов. Повышение скорости и снижение энергопотребления транзисторов (описываемые законом Деннарда) завершили практически десятилетие тому назад. Современные транзисторы меньше вирусов — сейчас самый малый промышленный стандарт составляет 14 нанометров. Производство

* Написано в сотрудничестве с Советом по будущему вычислений (Future of Computing), входящим в состав Советов по глобальному будущему (Global Future Councils) Всемирного экономического форума.

кристаллов с более мелким шагом (10 нм) начнется* в 2017 году, а в течение следующих пяти лет компания Intel планирует производить кристаллы с шагом 7 нм. Для сравнения: толщина человеческого волоса составляет 50 тыс. нм.

Пять нанометров, скорее всего, является физическим пределом размера транзистора на кристалле кремния из-за того, что при таком масштабе начинают проявляться эффекты квантового туннелирования электронов, то есть прямого перехода электронов сквозь тонкие материалы, а также другие формы утечки тока, которые могут повреждать кристалл или сильно снижать его эффективность**. Как говорится в Международном плане по развитию полупроводниковой технологии (International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS): «Полупроводниковая промышленность приближается к пределу горизонтального развития»⁷². Одно из решений — вертикальная упаковка транзисторов, но в этом подходе есть свои проблемы, например отвод снижающего производительность тепла, которое образуется в многоуровневом кристалле. Возможно, использование новых материалов позволит устранить это ограничение на размер и сделать транзисторы еще меньше.

Исследователи из университета в Беркли создали на основе углеродных трубок и дисульфида молибдена работающий транзистор с затвором размером всего в один нанометр⁷³. Рано или поздно удвоение числа транзисторов на единицу площади станет физически невозможным. Но даже задолго до достижения этого предела изготовление уменьшенных транзисторов в промышленности станет невозможным. Закон Рока, дополнение к закону Мура, говорит, что стоимость заводов, выпускающих кристаллы с новыми, уменьшенными транзисторами, удваивается каждые четыре года, потому что требуется оборудование, отличающееся более высокой точностью и более низким уровнем ошибок. Как заметили Питер Деннинг (Peter Denning) и Тед Льюис (Ted Lewis), из закона Рока следует, что размер рынка для каждого нового поколения кристаллов должен быть как минимум в два раза больше существующего рынка — только так можно экономически оправдать расходы на новые производственные мощности⁷⁴. Из-за необходимости больших инвестиций и резко-

* Так в оригинале, хотя книга датирована 2018 г., когда производство по технологии 10 нм уже началось. — *Прим. ред.*

** По состоянию на март 2018 г. исследовательским центром ИМЕК и компанией Cadence Design Systems создана технология и выпущены первые пробные образцы микропроцессоров по технологии 3 нм. — *Прим. ред.*



САМАЯ ВАЖНАЯ
СТРАТЕГИЯ ДЛЯ
БИЗНЕС-ЛИДЕРОВ —
ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАТЬ.



го усложнения производства кристаллов период удвоения плотности увеличился с 2 до 2,5 лет⁷⁵.

Чтобы продолжить экспоненциальный рост вычислительных мощностей, потребуется другой подход к совершенствованию систем, отличный от простого уменьшения размера транзисторов. В 2016 году в Институте инженеров электротехники и электроники признали необходимость нового подхода: многие годы IEEE направлял инвестиции в разработку кристаллов, публикуя отчеты о сокращении размера транзисторов, но в будущем в IEEE переориентируются на разработку «Международного плана по развитию устройств и систем» (International Roadmap for Devices and Systems), который призван «сформулировать новый «закон Мура» для производительности компьютеров и ускорить появление на рынке новых, инновационных технологий вычислений»⁷⁶. Новые пути повышения производительности и эффективности предполагается искать в создании новейших материалов, новых архитектур и системного подхода к вычислениям. Это означает, что повсеместные и недорогие вычисления станут доступными все большему числу людей и организаций.

Один из возможных способов сохранения такого же ускорения роста производительности — переход к более специализированным процессорам, как это делалось на заре вычислительной техники, когда кристаллы создавались специально для выполнения определенных задач. С 1970-х годов в цифровых вычислениях доминировали стандартизованные, массово производимые микропроцессоры общего назначения, которые можно было программировать для выполнения любых задач⁷⁷. Но для выполнения задач обработки больших объемов данных, когда одна и та же операция выполняется множество раз, эффективность стандартного центрального процессора сравнительно невысока. Сегодня второе место по распространенности после центрального процессора занимает графический процессор — специализированное устройство, обеспечивающее отображение информации на экране и выполняющее ресурсоемкую задачу создания и обновления трехмерных изображений.

Повышение важности и расширение применения машинного обучения создали спрос на новые виды нестандартных вычислительных архитектур. Компания Google, один из крупнейших покупателей процессоров, разработала большое количество тензорных процессоров — специализированных интегральных схем, предназначенных для алгоритмов глубинного обучения. В компании заявляют, что тензорные процессоры применялись в программе AlphaGo, кото-

рая в 2016 году в серии из пяти игр обыграла Ли Седола (Lee Sedol), чемпиона мира по игре в го. Новые структуры памяти и обработки вызывают к жизни новый класс микропроцессоров, которые называют «ускорителями искусственного интеллекта». Архитектура этих устройств оптимизирована для операций, которые выполняются в искусственных нейронных сетях многих систем машинного обучения. Такие процессоры обеспечивают скорость, экономичность и энергоэффективность, которые нужны для широкомасштабного применения алгоритмов искусственного интеллекта⁷⁸.

Увеличение предложения и повышение производительности — всего лишь часть возможного решения стоящих перед нами проблем. Нам нужно не только больше вычислительной мощности и скорости или больше транзисторов — нам надо уметь справляться с новыми потребностями, возникающими в связи с распространением устройств и данных. Мы должны уметь использовать вычислительные возможности в ситуациях и контекстах, которые имеют смысл в реальной жизни. Например, в масштабах планеты облачные вычисления выполняются за считанные секунды, но, чтобы искусственный интеллект мог работать с людьми и выполнять основные функции, такие как обеспечение общественной безопасности или управление дорожной сетью, требуется уметь обрабатывать экзабайты данных за милли- или даже микросекунды. Главные составляющие проблем, которые мы пытаемся решить, связаны не с объемом, а со скоростью, временем ожидания и энергией.

Но в самом крайнем случае успехи физики и материаловедения позволяют создавать не просто более эффективные специализированные процессоры, устанавливаемые на цифровые компьютеры, а новые виды вычислений, и наиболее многообещающий и новаторский из них — квантовые вычисления.

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ: РЕВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ И СЛОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Если нам удастся построить стабильный и мощный квантовый компьютер, то у этой технологии появится шанс стать самой новаторской среди технологий Четвертой промышленной революции. Но это случится не сразу. Квантовые компьютеры меняют сам принцип вычислений, используя причудливые законы квантовой механики. Вместо применения транзисторов, в основе которых лежат

бинарные значения, представляющие нули и единицы (биты) и используемые классическими компьютерами для хранения информации и выполнения различных операций, в квантовых компьютерах применяются квантовые биты, или кубиты. В отличие от обычных битов, которые способны принимать только значения «1» или «0», значение кубита представляет собой суперпозицию возможных состояний и заранее может быть известна только вероятность, с которой можно получить то или иное значение при его измерении. Это позволяет кубитам в каждый момент времени представлять несколько состояний.

Еще одно удивительное свойство материи на квантовом уровне — квантовая сцепленность, которая подразумевает, что несколько кубитов, находящихся в этом состоянии, могут быть связаны и измерение квантового состояния одного из них позволяет получить информацию о состоянии остальных кубитов. Таким образом, в квантовых компьютерах могут применяться квантовые алгоритмы, создающие вероятностные обходные пути, что позволяет получать приемлемые решения сложных математических задач. Для решения этих же задач на классических цифровых компьютерах потребовалось бы слишком много времени. Пример такой задачи — разложение больших чисел на простые множители. Работа многих современных приемов шифрования основана на том, что для выполнения этой задачи классическим компьютерам требуется очень много времени. К другим примерам можно отнести решение задач оптимизации со многими переменными — обычно это задачи по повышению коэффициента использования производственных мощностей, оптимизации складского хозяйства или поиску в огромных неструктурированных базах данных⁷⁹.

Квантовые компьютеры могут также моделировать другие квантовые системы, например отражать поведение атомов и частиц, и делать это точнее, а также с учетом необычных условий, например тех, что существуют внутри Большого адронного коллайдера. К примеру, квантовое моделирование на квантовых компьютерах позволит легко рассчитать взаимодействие молекул — для классических компьютеров это очень сложная задача. Эти расчеты — ключ к созданию еще более совершенных материалов, экологически чистых устройств и новых медикаментов. Поэтому реализация квантовых вычислений станет движущей силой многих фундаментальных технологий и систем Четвертой промышленной революции.

Но есть одна существенная оговорка. В теории квантовые компьютеры существуют уже более 30 лет — с того времени, когда Ри-

чард Фейнман (Richard Feynman) предложил их в 1982 году, но их революционный потенциал все так же остается в теории, потому что построение универсального квантового компьютера — исключительно сложная инженерная задача. Для создания и поддержки кубитов необходимы стабильные системы в экстремальных условиях, в частности, компоненты должны находиться при температурах, очень близких к абсолютному нулю⁸⁰. В лучших современных квантовых компьютерах очень немного кубитов (у квантового компьютера корпорации IBM всего пять кубитов) или практических применений (квантовые компьютеры компании D-Wave Systems, в которых применяется принцип квантового отжига), большинство из которых ограничены мощностью и типом решаемых задач. Тем не менее налицо достаточно быстрый прогресс, и уже можно говорить о практическом потенциале квантовых компьютеров. Развивается и теоретическая база, предлагаются новые идеи в области квантовых алгоритмов и на совершенно новом направлении — в области квантового машинного обучения.

После устранения физических и инженерных сложностей с реализацией квантовых вычислений возникнут новые проблемы, наиболее важными из которых станут доверие и безопасность. Чтобы взломать 2048-разрядный сертификат протокола TLS (Transport Layer Security), который используется в веб-браузерах для подключения к банковским личным кабинетам и электронной почте в Интернете, современным классическим компьютерам потребуется 13 млрд лет. А вот компьютер с квантовым затвором, вооруженный разработанным в 1994 году математиком Питером Шором (Peter Shor) алгоритмом, справится с этой задачей со скоростью, которая сведет на нет все преимущества современных криптографических механизмов⁸¹. Нам придется переосмыслить стандарты, которые сейчас применяются в онлайн-транзакциях и в других средствах безопасного хранения информации. Это потребует от нас продолжения работы над совершенствованием существующих приемов, чтобы сделать их устойчивыми ко взлому с помощью квантовых компьютеров, а также чтобы задействовать квантовые эффекты для создания новых форм квантовой криптографии.

Вряд ли квантовые вычисления когда-либо полностью вытеснят классические компьютеры. У использования квантовых эффектов меньше важных практических преимуществ, когда речь идет об удовлетворении львиной доли современных потребностей в вычислениях, — они полезнее в узких областях, а именно в математике и химии. Более того, современные представления о физике не да-

ют оснований предполагать, что квантовые компьютеры когда-либо станут дешевле и меньше классических компьютеров. Несмотря на возможность фундаментальных перемен, использование сложных квантовых эффектов скорее всего останется уделом специализированных и очень дорогих вычислений — по крайней мере до начала Пятой промышленной революции.

БОЛЬШОЕ ВЛИЯНИЕ ВСЕ БОЛЕЕ КОМПАКТНЫХ И БЫСТРЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

В 1991 году Марк Уэйзер (Mark Weiser) написал: «Самые фундаментальные технологии — те, что исчезают. Они вплетаются в материю повседневной жизни, становясь неотличимой от нее»⁸². В результате победного демократизирующего марша закона Мура цифровые компьютеры утратили свое значение дискретных объектов: компьютеры сегодня — это больше, чем просто важная составляющая часть новых автомобилей, потребительской электроники и большинства устройств бытовой техники. Они интегрированы в материю и одежду, а также встраиваются в окружающую нас инфраструктуру — в дороги, светофоры, мосты и здания⁸³. Мы живем в мире, построенном компьютерами.

Благодаря новым сенсорам и алгоритмам машинного обучения мы можем получать доступ к компьютерам по новым каналам. Голосовые команды и естественная речь освобождают нас от необходимости взаимодействовать с экраном и клавиатурой. Сенсоры, считывающие «язык тела», а также жесты руками и движения глаз, позволяют компьютерам понимать как сознательные, так и подсознательные намерения человека при управлении компьютерами и другими устройствами, такими как инвалидная коляска и протезы. В апреле 2017 года компания Facebook объявила, что команда из 60 исследователей, в состав которой входят специалисты по машинному обучению и нейронным протезам, работает над тем, чтобы пользователи могли передавать компьютеру команды и сообщения, используя только силу мысли⁸⁴. Такие пошаговые методы получения доступа к компьютерам откроют новые возможности выполнять одновременно несколько задач или обрабатывать информацию, поступающую из окружающего нас мира.

Компьютеры также физически становятся частью нас самих. Внешние носимые устройства, такие как смарт-часы, интеллектуаль-

ные наушники и очки дополненной реальности, открывают путь для активных вживляемых микрочипов, которые пересекают естественную границу нашего тела — кожу, создавая интересные новые возможности, простирающиеся от интеграции в тело лечебных систем до расширения способностей человека.

Биологические вычисления вскоре позволят нам заменять специализированные микросхемы специально сконструированными биосистемами, которые представляют собой ключевой компонент «биохакинга» — новой культурной формы выражения и потребления. Исследователи из Массачусетского технологического института показали, что сенсоры, переключатели и микросхемы памяти можно закодировать в обычной бактерии, обитающей в кишечнике человека, а это означает, что наши биомы* можно, к примеру, целенаправленно спроектировать так, чтобы они обнаруживали и лечили воспалительные заболевания кишечника или рак толстой кишки⁸⁵.

Но эти возможности сопряжены с вызовами и рисками. Расширение возможностей двустороннего потока информации между нами и окружающей средой требует постоянного расширения пропускной способности канала обмена, а также совершенствования технологий сжатия. Громадные объемы данных, создаваемых в цифровом мире, требуют новых подходов, которые позволили бы создать плотное и долгосрочное хранилище. Одно из решений заключается в использовании ДНК для хранения информации. В 2012 году ученый Джордж Черч (George Church) из Гарвардского университета продемонстрировал возможность хранения данных в ДНК с плотностью, в 100 тыс. раз превышающей возможности лучшей флеш-памяти. Данные оставались стабильными в широком диапазоне температур. Черч утверждает: «Вы можете оставить носитель где угодно — в пустыне или у себя на заднем дворе, и данные останутся в целости и сохранности и через 400 тыс. лет»⁸⁶.

В определенном смысле глобальные вычисления способны сделать мир более хрупким, особенно в экстремальных условиях. Если полагаться на системы, которые всегда нуждаются в вычислениях, то отключение электроснабжения может приводить к катастрофическим последствиям. Ситуация может усугубляться слабыми навыками использования более простых запасных систем с ручным управлением — это может усугублять негативные последствия аварий. У пространства глобальных вычислений также совершенно опреде-

* Биом: совокупность всех живых обитателей, их средств обитания и связей между ними одной природно-климатической зоны. — *Прим. ред.*

ленно будут социальные последствия. Более быстрые и меньшие по размеру компьютеры уже изменили поведение человека: к примеру, простое присутствие мобильного телефона на столе означает, что человек скорее всего будет меньше уделять внимания собеседнику или вряд ли запомнит все детали разговора⁸⁷. Использование социальных сетей также связывают со снижением способности к сопереживанию среди молодых людей.

Негативные последствия для окружающей среды будут усугубляться по мере распространения вычислительных технологий. В развитых странах центры обработки данных уже потребляют около 2% всей вырабатываемой электроэнергии. В Соединенных Штатах это 70 млрд киловатт-часов, что больше годового потребления электроэнергии такой страны, как Австрия. Если мы хотим быть ответственными хозяевами своей планеты, то при продвижении разработанных исследователями и компаниями новых материалов, предназначенных для следующей волны инноваций в области вычислений, мы должны применять такие механизмы продвижения на рынке, которые повысят возобновляемость и энергоэффективность вычислительных методов и оборудования. При разработке новых типов процессоров главная задача должна заключаться в обеспечении возобновляемости ресурсов.

Не забывая о возобновляемости, важно понимать ограничения систем, которые мы сейчас создаем. Хотя «облака» доступны широким кругам потребителей менее десяти лет, тенденции к созданию более крупных и эффективных централизованных центров обработки данных и беспокойство по поводу безопасности и конфиденциальности личной информации заставляют проявлять больше изобретательности в отношении того, как и где хранятся данные, а также сколько за это приходится платить. Если данные используются для получения информации и принятия решений в реальном времени, более оперативным решением может оказаться использование вычислений в сетях — вычисления с участием многих устройств в Сети. В центрах обработки данных могут храниться архивы, а сетевые вычисления предоставят необходимую аналитику и возможность быстрого принятия решений на месте, без дополнительных затрат на масштабирование центров обработки данных, повышая тем самым их эффективность.

Также важен аспект равных возможностей. Передний край разработки и внедрения новых вычислительных технологий обычно находится в развитых странах, где есть крупные и богатые потребительские рынки, обширный человеческий капитал и возможности

привлечения инвестиций в разработку технологий. Чтобы преимуществами Четвертой промышленной революции могли воспользоваться более широкие массы людей, требуется разрабатывать доступные вычислительные технологии, а также технологии, способные работать в самых разных средах, включая места с непостоянным энергоснабжением, значительными перепадами температур и даже с возможностью облучения радиацией⁸⁸. Один из примеров — Raspberry Pi, недорогой, но высокопроизводительный компьютер, призванный сделать вычисления более предметными и доступными людям во всем мире. С момента начала его выпуска в 2012 году продано более 12 млн экземпляров Raspberry Pi⁸⁹.

Создание компьютеров, способных работать в самых разных условиях, — всего лишь небольшая часть более сложной задачи организации распределения преимуществ, предоставляемых вычислительными технологиями. От инновационных технологий обычно больше всего выигрывают те, кто начал использовать их первыми. Нужны дополнительные усилия, чтобы обеспечить более уязвимым в экономическом, социальном и физическом отношении людям доступ к новым инструментам. Это нужно для того, чтобы они могли воспользоваться экономическими преимуществами новых технологий общего назначения. Это вопрос не только справедливого налогообложения, но и конкурентной политики и прав потребителей: находясь на гребне волны прогресса вычислительных технологий, «суперплатформы» в состоянии получить непропорционально огромную власть над происходящими в цепочках создания ценности процессами. Например, возможность использовать специализированные процессоры и получать доступ к огромным объемам данных позволяет создавать ценовую дискриминацию среди потребителей и, в итоге, выдавливать конкурентов с рынка⁹⁰.

Наконец, как говорилось в предисловии, наблюдается кризис доверия к институтам и технологиям. По мере того как компьютеры становятся неотъемлемой частью повседневной жизни все большего числа людей в мире, безопасность и защита личной информации становятся жизненно важными для восстановления доверия между гражданами, государством и корпорациями.

ПЯТЬ ГЛАВНЫХ МЫСЛЕЙ

1. Действие закона Мура (постоянное снижение размера и стоимости транзисторов) подходит к концу из-за физических ограничений на атомном уровне, а закон Деннарда (увеличение скорости и снижение энергопотребления транзисторов) уже перестал действовать. Специалисты по материаловедению пытаются найти решение проблемы, но линейная обработка достигла физического предела. Нужны новые формы вычислений.
2. Основные проблемы удовлетворения потребностей в вычислениях связаны не только с вычислительными ресурсами (числом транзисторов), но и с требованиями к скорости, задержкам и энергопотреблению, которые заставляют искать новые пути вычислений, — именно поэтому проявляется такой интерес к альтернативам, таким как квантовые вычисления, фотоэлектроника и вычисления в сетях.
3. Распространение небольших и быстрых компьютеров означает, что устройства заполняют собой наше городское пространство, потребительские товары, дома и даже наше тело. При подключении к Интернету эти устройства становятся частью глобальной Сети (см. главу 7).
4. Центры обработки данных становятся централизованными пространствами для наших данных и сейчас предоставляют доступ к архивным данным и вычислительным мощностям. В будущем для удовлетворения наших запросов на адаптивные вычисления потребуется локально более доступные вычислительные ресурсы для наших устройств, чтобы обеспечить необходимую скорость и своевременность реакции. Это может означать значительные перемены в том, где и как используются вычислительные мощности.
5. Расширение проблематики новых вычислительных технологий увеличивает возможности их влияния на общество — в целом и в его частях. Доступности, всеохватности и вопросам безопасности, сохранения личной информации и полномочий надо уделять столько же внимания, сколько и самим технологиям.

ГЛАВА 6

БЛОКЧЕЙН И ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА*

ИМЯ САТОШИ НАКАМОТО (Satoshi Nakamoto), под которым в октябре 2008 года был опубликован документ, описывающий основы технологии распределенного реестра, когда-нибудь может стать известным не только в кругах технических специалистов. Персона или группа людей, стоявшая за этой анонимной публикацией, предложила технологию платежей на основе блокчейна, несущую в себе огромный потенциал для преобразований. Эта новаторская комбинация математики, криптографии, компьютерных технологий и теории игр положила начало развитию цифровых валют и созданию совершенно новой системы хранения и обмена ценностей как в цифровом, так и в реальном секторе экономики⁹¹.

К 2030-м годам разные версии технологий распределенных реестров – или блокчейн – могут значительно изменить все, от онлайн-новых финансовых транзакций до способов голосования и решения вопросов о производстве товаров. Представьте, что будет, если около 10% мирового ВВП будет храниться и обращаться в валютах, не связанных с какими-либо государствами, или если налоги во всех секторах экономики будут собираться автоматически, прозрачно и без задержек. Широкое распространение блокчейн-технологий может стать поворотной точкой в истории, но пока и сами эти технологии, и возможности для их применения находятся на начальной стадии развития. Реализации преимуществ блокчейна препятствуют разногласия во мнениях о структуре блокчейн-сетей, возможное несоответствие транзакций национальным законам о передаче данных

* Глава написана совместно с Джесси Макуотерсом (Jesse McWaters), экспертом Всемирного экономического форума, и Советом Всемирного экономического форума по вопросам развития блокчейна.

и многие другие проблемы. Коллективное управление, привлечение заинтересованных сторон и решение ряда «офлайновых» задач координации – наиболее приоритетные вопросы, которые необходимо решить для раскрытия потенциала этой революционной технологии и переосмысления концепций доверия и транзакций.

АРХИТЕКТУРА ДОВЕРИЯ

Как подразумевает термин «технология распределенного реестра», в основе блокчейн-технологии лежит возможность создавать уникальные цифровые записи и обмениваться ими без централизованной доверенной стороны. С помощью хитрой комбинации криптографии и одноранговых сетей эта технология гарантирует точность и прозрачность хранящейся и передающейся в системе информации, предоставляя некоторые дополнительные преимущества, такие как возможность видеть все предыдущие состояния записи и создавать программируемые записи, так называемые «смарт-контракты».

Эта технология революционна по четырем причинам. Во-первых, блокчейн помогает контролировать одновременно полезную и опасную особенность цифровой экономики – возможность точно копировать цифровые объекты и передавать их почти без предельных издержек многим людям одновременно. Это полезно для обмена информацией, но проблематично, когда необходимо передать что-то уникальное или требующее надежного подтверждения источника происхождения, будь то единица цифровой валюты, документ с важной информацией или предмет искусства, для которого важно, кто владеет оригиналом. Блокчейн позволяет создавать и передавать достоверно уникальные цифровые объекты без риска создания фальшивых копий и дублирования отправки, порождая так называемый «Интернет ценностей»⁹².

Второй революционный аспект заключается в том, что технологии распределенных реестров обеспечивают прозрачность, верифицируемость и неизменность данных, не требуя от участников доверия к единой централизованной третьей стороне. Это важно, потому что во многих случаях очень сложно выбрать или создать доверенную третью сторону, которая будет вести записи о транзакциях либо сможет подтвердить личность владельца или источник происхождения ценного объекта.

Третий важный атрибут: предоставляемая распределенными реестрами возможность создания программируемых действий, то есть транзакций, которые могут выполняться (а затем отслеживаться и подтверждаться) без вмешательства человека. Потенциал этой возможности простирается далеко за пределы алгоритмического трейдинга или автоматических онлайн-переводов. Смарт-контракты в блокчейне могут передавать любые данные или объекты при выполнении любых указанных условий; это может быть страховой контракт, исполняющийся, когда количество осадков превышает определенный уровень, или автоматическая выплата гонораров участникам проекта за разную долю участия в нем. Важно, что сам код, от которого зависит исполнение смарт-контракта, хранится в блокчейне, и проверить его может кто угодно, когда угодно и без задержек.

Четвертый аспект — инклюзивность цифровых реестров. Транзакции в блокчейн по своей природе одновременно прозрачны, безопасны и отслеживаемы. При желании они могут также быть анонимными. Минимум, необходимый пользователю для совершения транзакции, включает лишь базовое ПО, место для хранения и подключение к Сети. Это значит, что отдельные люди и мелкие вкладчики, обычно неспособные выйти на рынок, становятся его полноправными участниками в качестве производителей, акционеров, бенефициаров или потребителей любых ресурсов, пригодных для отслеживания и продажи в цифровом виде⁹³.

Благодаря этим характеристикам блокчейн предлагает миру беспрецедентные возможности для распределения вознаграждений за экономическую активность с гораздо меньшим риском их перехвата и без скрытых расходов, связанных с централизованными, монополистскими или рентоориентированными посредниками. Возможно, использование распределенных реестров позволит отдельным людям вернуть некоторую стоимость своих персональных данных или хотя бы обеспечить больше прозрачности и безопасности в мире, где данные о людях представляют собой важный актив и потенциальную угрозу.

Дикий Запад блокчейн

Примавера де Филиппи (Primavera De Filippi), профессор Беркмановского центра по изучению Интернета и общества (США), сравнивает блокчейн в его нынешнем состоянии с Интернетом в начале 1990-х, когда ни технологи, ни бизнесмены не имели никакого пред-

ставления о потенциале, ценности или множестве вариантов его применения. Де Филиппи считает наиболее важной преобразующей ролью блокчейн борьбу с эксплуатацией и возможность способствовать формированию нового общественного договора, адаптированного для социумов и экономических систем, все больше пронизанных технологиями и зависимых от них.

Но несмотря на все преимущества и шумиху вокруг ценности криптовалют, блокчейн не является панацеей и не позволяет избежать определенных сложностей. Некоторые из этих сложностей можно продемонстрировать на примере биткоина — первой, наиболее известной и самой крупной криптовалюты на основе блокчейна. С распространением и ростом популярности биткоина растут и требования к Сети, что ведет к появлению разногласий между участниками относительно изменений ключевых аспектов распределенного реестра биткоина (таких как размер «блока») для повышения эффективности транзакций. Ввиду отсутствия какого-либо централизованного управления в цепочке блоков биткоина может возникнуть «вилка», если разные группы участников решат выбрать разные пути, соответствующие их интересам.

Создание распределенного реестра требует решения важных вопросов координации. Как отметил Белендорф, работающему распределенному реестру все равно нужна минимальная группа участников, считающих, что их интересам лучше всего служит именно блокчейн, а не любая альтернатива, включая полное отсутствие транзакций⁹⁴. Это значит, что необходимо достичь соглашения по широкому ряду технических вопросов и выделить ресурсы для перехода на новую технологию и новый способ работы.

КОГДА ПОЛЕЗЕН БЛОКЧЕЙН?

По словам Брайана Белендорфа (Brian Behlendorf), исполнительного директора Hyperledger Project, распределенные реестры могут быть особенно полезны в следующих случаях:

- Существует спрос или нереализованный потенциал для выполнения транзакции между двумя и более участниками.
- Выполнение этих транзакций невозможно или неэффективно, например, по следующим причинам:
 - Большое число участников разного типа не может прийти к соглашению насчет доверенной третьей стороны, которая будет действовать эффективным централизованным посредником для обмена.

- В результате монополизации, рентоориентированности, коррупции, отсутствия прозрачности или институциональной неэффективности высоки расходы на выполнение транзакции и/или система не может гарантировать определенности результата.
- Отдельные люди или группы не могут воспользоваться существующей платформой из-за высокой стоимости участия.
- Предмет транзакции можно легко подделать или дублировать, из-за чего участники не доверяют друг другу.

Создать на основе блокчейна работоспособную систему для конкретного применения не так просто. Прежде чем организации или отдельные люди смогут выполнять транзакции, записывающиеся в распределенный реестр, потенциальные участники должны прийти к соглашению по ряду вопросов, включая следующие (но не ограничиваясь ими):

- Параметры ценности: какой будет единица измерения ценности, представленная в реестре?
- Техническая архитектура: будет ли это частный блокчейн на основе общедоступного? Какими способами реестр будет надежно подтверждать транзакции? Каким образом и как часто будут генерироваться новые маркеры ценности?
- Как участники будут проверять «исходные состояния» цепочки блоков?
- Если цифровые транзакции связаны с материальными объектами, как эти материальные объекты надежно идентифицировать, пометить и связать с цифровыми маркерами?

Проблема координации осложнится, когда распределенные реестры будут широко распространены. Для блокчейна была бы желательна возможность использования в разнородных сетях, чтобы можно было связывать криптовалюту со схемами углеродного кредитования или реестрами лесохозяйственных подрядчиков. Но для этого требуются стандарты, регламентирующие различные сферы применения, а таких стандартов пока нет.

Использование распределенных реестров может оказывать влияние и на окружающую среду. Наиболее распространенный способ обеспечения подлинности распределенного реестра — модель «подтверждение выполнения работы» (proof-of-work), в которой участники конкурируют, затрачивая значительные вычислительные мощности, а значит, и электроэнергию, чтобы надежно подтвердить

выполнение транзакции в обмен на возможную награду. В соответствии с этой моделью, используемой для таких криптовалют, как биткойн и Ethereum*, увеличение числа транзакций ведет к увеличению расхода электроэнергии, необходимой для подтверждения этих транзакций, и усилению влияния на окружающую среду. Это еще один пример не таких уж и скрытых издержек технологий Четвертой промышленной революции⁹⁵.

Следует также принимать во внимание тот факт, что безопасные анонимные программируемые сети могут облегчить криминальную деятельность. Те же протоколы, которые позволяют смарт-контрактам защищать интересы людей посредством шифрования, могут помогать и в незаконных делах, включая торговлю наркотиками и людьми, мошенничество и многое другое⁹⁶. Еще одна проблема — доступность самой технологии. Хотя биткойн-«кошельки» становятся все проще в использовании, широкие массы людей и организаций не видят достаточных стимулов, чтобы согласиться нести расходы, необходимые для перехода к использованию платформ на основе блокчейна. Другое препятствие — отсутствие развитых платформ и интуитивно понятных приложений, хотя до их появления осталось недолго.

ТЕХНОЛОГИЯ ДОВЕРИЯ

Карстен Стекер (Carsten Stöcker), руководитель группы по вопросам блокчейна компании Innogy, Германия, и Бурхард Блехшмидт (Burkhard Blechschmidt), руководитель консалтингового отдела компании Cognizant, Германия

Обычно доверие к продуктам или транзакциям возникает в процессе их прохождения по производственным цепочкам поставок. Физические или электронные записи позволяют проследить происхождение, назначение, количество и историю каждого объекта. Процессы производства, отслеживания и проверки всей этой информации создают весомый «налог на доверие», требуя затрат времени и усилий сотрудников банков, бухгалтеров, юристов, аудиторов и инспекторов качества. Важная информация может теряться, становиться недоступной или даже намеренно скрываться.

По мере того как Четвертая промышленная революция все больше стирает границу между материальным и цифровым мирами, тех-

* Так в оригинале. На самом деле Ethereum — это название платформы, а соответствующая криптовалюта называется Ether (ETH). — *Прим. ред.*

нология блокчейн позволяет создавать «цифровую память», сопровождающую материальные объекты по всей цепочке поставок. Если добавить криптографически безопасную функцию маркировки, блокчейн позволяет создавать по-настоящему уникальные идентификаторы и неизменяемые записи, облегчая и удешевляя выполнение верифицируемых транзакций между поставщиками и потребителями.

Обеспечиваемое технологией блокчейн «распределенное доверие» позволяет создавать совершенно новые бизнес-модели производства:

- безопасные рыночные площадки для проектировщиков, позволяющие публиковать результаты работы в виде защищенных файлов проектов и получать оплату за них;
- рыночные площадки для сохранения «цифровой памяти продукта», позволяющие производителям снизить расходы на контроль качества, выполнение требований законодательства, страховку и отзыв продукции;
- информационные службы, использующие блокчейн для продажи результатов анализа данных в таких областях, как проектирование продукции, маркетинг, управление цепочками поставок или производство;
- не имеющие активов предприятия, пользующиеся услугами сторонних производителей и использующие для их проверки прозрачные и достоверные данные о цепочках поставок, полученные из блокчейн.

Этот новый мир будет выгоден для следующих участников:

- производители продуктов и услуг в странах с неэффективным законодательством и слабой защитой интеллектуальной собственности, поскольку блокчейн облегчает защиту данных и финансовых транзакций даже при отсутствии надежных правительственных институтов;
- мелкие проектировщики продукции, поставщики сырья и поставщики услуг, для которых слишком высоки затраты по установке доверия, необходимого для работы с более крупными, географически распределенными потребителями;
- агрегаторы и продавцы данных, защищенных блокчейном, о производственных технологиях или операциях, позволяющих повысить ценность продуктов, произведенных в цепочках создания ценности на основе блокчейна;
- поставщики услуг для децентрализованных автономных производственных организаций, работающих на основе блокчейна; к таким

услугам может относиться роботизированное производство, поставка и финансирование;

- микропроизводители, специализирующиеся на продуктах высокой ценности, изготавливаемых на заказ.

Убытки могут понести следующие стороны:

- любые участники цепочек поставок, имеющие высокие скрытые издержки, работающие неэффективно или создающие низкокачественный продукт, использующие традиционные громоздкие и непрозрачные механизмы доверия, которые можно заменить технологией блокчейн;
- посредники, предоставляющие услуги по поиску и продвижению продуктов на рынке, например электронные торговые площадки-агрегаторы;
- низкоквалифицированные работники на производствах и в офисах, поскольку блокчейн и новые технологии, такие как 3D-печать и роботы, позволяют автоматизировать рутинные задачи по сборке и сопровождению продуктов и контрактов;
- высококвалифицированные работники, такие как менеджеры производства, бухгалтеры, специалисты по гарантийному обслуживанию и юристы, поскольку технология блокчейн позволяет автоматизировать сложные процессы переговоров, сопровождения и проверки продукции;
- финансовые, контролирующие и другие организации, поскольку операции по проведению платежей, управлению рисками и контролю качества переходят в блокчейн.

Таким образом, технологии Четвертой промышленной революции в сочетании с распределенными механизмами доверия на основе блокчейна позволяют радикально преобразовать все экосистемы.

Первые пользователи технологии блокчейн, все еще находящейся на начальном этапе развития, столкнулись со сложностями в интеграции систем, экономическом обосновании, соответствии стандартам и нормам. Многие начали работать над установлением межиндустриальных партнерских отношений и созданием новых экосистем, проявляя «практические лидерские качества» и способствуя внедрению экономически эффективных инноваций с низким риском.

Перманентность и прозрачность записей блокчейна позволяют использовать их для хранения надежных цифровых идентификаторов, что может произвести революцию во многих областях, вклю-

чая ведение медицинских записей, голосование и оказание государственных услуг. Но, как отмечает Кэтрин Маллиган (Catherine Mulligan), содиректор Центра исследований и разработки криптовалют Имперского колледжа Лондона, мы должны приостановиться и обдумать риски, прежде чем стремительно двигаться в этом направлении: информация из обязательного реестра может предоставить широкий простор для злоупотреблений недобросовестным правительственным органам, имеющим доступ к закрытым ключам пользователей⁹⁷.

Наверно, самое сложное, с концептуальной точки зрения, — потеря централизованной власти. Это не просто институциональная сложность. Это глубоко психологический вопрос привязанности к привычному порядку. Децентрализация доверия, обеспечиваемая сложным набором алгоритмов, — радикальный сдвиг, который можно сравнить с переходом от применения метода дедукции в качестве главного источника знаний к использованию современного научного инструментария. Обществу потребовались столетия, чтобы адаптироваться к изменениям, хотя экономические стимулы могли способствовать сохранению прежнего положения. Технология блокчейн возлагает доверие на математику и инфраструктуру, а не на политиков и отдельные узнаваемые организации. Это создает экзистенциальные сложности в дополнение к политическим и технологическим.

ТЕХНОЛОГИЯ, ПОСТРОЕННАЯ НЕ ТОЛЬКО ДЛЯ БИЗНЕСА

В мае 2000 года африканские алмазодобывающие государства собрались в южноафриканском городе Кимберли, чтобы остановить торговлю «конфликтными» алмазами. Им удалось добиться успеха путем достижения широких соглашений и применения строгих правил и сертификационных стандартов, требующих от государств создания законов и организаций для поддержки этого процесса. Тем не менее в 2015 году в Лондоне был учрежден стартап Everledger, направленный на поддержку Кимберлийского процесса и борьбу с мошенничеством в цепочке поставок алмазов с помощью блокчейн и машинного зрения.

Некоторые из наиболее революционных и ценных способов применения блокчейна связаны с материальным миром. Возможности для решения проблем с отслеживанием цепочек поставок в любых областях, от высокого искусства до сохранения исчезающих видов рыб,

делает использование распределенных реестров очень привлекательным. Например, блокчейн может разрушить рынок контрафактной продукции, на долю которого по некоторым оценкам приходится до 2,5% мирового товарооборота⁹⁸. Связь материальных объектов с цифровыми реестрами позволяет решить проблему «последней мили» в вопросе надежной маркировки. Инновационные комбинации машинного зрения, биометрии, 3D-печати и нанотехнологий предоставят широкие возможности для маркировки и отслеживания объектов, обеспечив надежность и прозрачность цепочек поставок, что особенно важно, когда речь идет о предметах высокой ценности.

Хотя в материальном мире блокчейн продвигается скромными шагами, он делает большие успехи в своей «родной» цифровой среде. Став основой для биткойна и других криптовалют, блокчейн привлек миллиарды долларов в валюте и других активах, хотя не без некоторых корректировок стоимости. К июню 2017 года через распределенный реестр биткойна прошло более 700 млрд долларов. Блокчейн имеет большой потенциал для применения в финансовой индустрии и много перспектив для извлечения выгоды, в том числе возможность расширения доступности финансовых услуг и рынков путем предоставления доступа к ним без необходимости обращения в банк. Здесь проблемы «последней мили», возникающие в мире материальных товаров, ограничены удобством использования и доступностью приложений и клиентов, а также стабильностью самих платформ.

Основное влияние блокчейн окажет в сочетании с другими технологиями Четвертой промышленной революции. Приведенный выше пример с цепочками поставок позволяет понять, что объединение блокчейна с Интернетом вещей дает удивительные возможности. Уже проектируются торговые площадки, на которых с помощью блокчейна будет обеспечиваться надежность всех операций, будь то подтверждение производственных возможностей, заключение договорных соглашений, передача файлов или финансирование торговли. Это происходит при участии всех игроков и консорциумов. С учетом того, что физические компоненты, такие как камеры, принтеры и датчики, постоянно снижаются в цене, мы можем увидеть открытие таких торговых площадок уже в ближайшем будущем.

Хотя значительная часть деятельности в экосистеме распределенных реестров все еще связана с криптовалютами, фондами, биржами и управлением активами, технология блокчейн используется также для управления идентификацией, в правительственной и юридической сферах, в энергетике, логистике и даже для вознаграждения за просмотр рекламы⁹⁹.



В СТРАНАХ С УСПЕШНОЙ
ЭКОНОМИКОЙ ВЫСОКИЕ
СТАНДАРТЫ ЖИЗНИ
ПОДДЕРЖИВАЮТСЯ
БЛАГОДАРЯ СОЧЕТАНИЮ
ТЕХНОЛОГИЙ, ЗНАНИЙ
И РЕСУРСОВ, КОТОРЫЕ
ПРИМЕНЯЮТСЯ ДЛЯ
РАЗРАБОТКИ ЭТИХ
ТЕХНОЛОГИЙ.



Для большинства коммерческих предприятий блокчейн предлагает желаемые возможности: доступ к новым рынкам, безопасные и программируемые транзакции, облегчение контроля и аудита. Для общества не все так однозначно. Как сказал Питер Смит (Peter Smith), директор компании Blockchain, США: «Блокчейн может принести людям пользу, предоставив более безопасные совместные способы производства и передачи ценностей. Но его распространение во многих сферах может привести к потере работы миллионами людей, потому что промежуточные звенья, через которые проходят транзакции, станут ненужными»¹⁰⁰. Конечно, в динамичной экономике чистая выгода может быть положительной: блокчейн откроет мир микротранзакций и предоставит возможности для создания ценности, с лихвой компенсирующие потерю посредников. К тому же в будущем, когда алгоритмы и роботы будут выполнять все больше работы, распределенные реестры могут стать основой для совершенно новых систем социальной защиты.

Учитывая потенциальное влияние технологии блокчейн, вопросы поиска компромиссных решений и определения регулятивных мер должны быть предметом многостороннего диалога. Поскольку это еще молодая технология, а рынок относительно невелик, строгое или необдуманное регулирование может помешать раскрытию ее потенциала. Тем не менее некоторые риски и сложности следует иметь в виду уже сейчас. Скорее всего, в ближайшие годы самыми важными будут следующие вопросы:

- Юридический статус транзакций на основе блокчейна во многом не определен. В частности, неясны ответственность платформы и механизмы защиты в случае возникновения конфликтов и неожиданных проблем, таких как сбой в работе, или совершения непреднамеренных действий, таких как ошибки в торговле из-за случайного нажатия не тех кнопок¹⁰¹.
- Для развертывания новой инфраструктуры на основе блокчейна потребуются эффективные управляющие структуры. В разных сферах, таких как финансовая деятельность, реальный сектор экономики или общественная работа, возникают разные беспокойства насчет способов внедрения этой технологии. При замене инфраструктуры данных регулирующим органам придется размышлять о том, как использование блокчейна повлияет на существующие риски и к каким непредвиденным последствиям для системы приведет регулирование этой инфраструктуры.

- Пока не существует стандартов для обеспечения технической совместимости и перекрестной передачи данных между разными технологиями или реализациями блокчейна. Если в этом направлении не будет продвижений, есть риск того, что блокчейн не сможет реализовать свой потенциал и заменить существующие структуры данных, повысив операционную эффективность.
- Для применения в физическом мире необходимо решить текущие проблемы «последней мили» и найти способы верификации товаров и услуг. Отсутствие стандартов способствует коррупции и незаконной торговле, что противоречит идее использования блокчейна для проверки цепочек поставок. Промышленные лидеры при поддержке местных властей и регулирующих организаций могут помочь в поиске решений этих уникальных задач, во многом зависящих от складывающихся условий.
- Передача данных, являющихся частью процессов блокчейна, может нарушать государственные законы об информации. Это могут быть данные о платежах или другие сведения, такие как информация, связанная с бизнесом, или персональная информация, например медицинские данные. Определить проблемные области и найти адекватные решения будет сложно, учитывая уникальную децентрализованную природу блокчейна.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Технология блокчейн основана на использовании распределенного цифрового реестра, позволяющего безопасно обмениваться цифровыми записями и гарантировать, что не существует нескольких копий этих уникальных записей, сохраняя таким образом ценность цифрового объекта или информации.
2. Технология блокчейн — децентрализующая сила, поскольку не существует централизованного органа, отвечающего за работу системы. Вместо него предлагаются стимулы к совместной работе, требующие от участников добросовестных действий и делающие взлом системы математически невероятным.
3. Технологию блокчейн можно использовать для создания криптовалют и цифровых идентификаторов, отслеживания материальных объектов с помощью шифрования и цифровых идентификаторов, а также применять в других областях, где требуется надежное подтверждение происхождения виртуальных или материальных

объектов. Возможность верификации этих объектов дает нам совершенно новый подход к данным, которые мы создаем как пользователи цифровых устройств, служб и приложений.

4. Технология блокчейн способна помочь тем, кто обычно не может участвовать в получении экономических благ, например отдельным людям и небольшим группам, для которых стоимость включения в крупные бизнес-процессы слишком велика.
5. Среди проблем, которые необходимо решить, первоочередную важность имеют следующие: юридическая неопределенность, построение инфраструктуры для блокчейна, отсутствие стандартов, связанные с материальными товарами проблемы «последней мили», возможные противоречия с государственными и межгосударственными законами об информации. Криптовалюты до сих пор находятся на раннем этапе развития, поэтому пока не решены проблемы ущерба окружающей среде, использования технологии блокчейн преступными организациями и другие вопросы общего характера.

ГЛАВА 7

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ*

ВСЛЕДУЮЩИЕ ДЕСЯТЬ ЛЕТ БОЛЕЕ 80 МЛРД ПОДКЛЮЧЕННЫХ УСТРОЙСТВ по всему миру будут постоянно обмениваться данными с людьми и друг с другом. Эта огромная сеть взаимодействующих, анализирующих и выводящих данные устройств коренным образом изменит способы производства объектов, будет предвосхищать наши нужды и обеспечит новые точки зрения на мир. В то же время распределенные системы поставят под сомнение привычные нам способы создания, оценки и распределения данных и ценностей. Повсеместное распространение различных датчиков изменит мир и в других отношениях. Например, из супермаркетов исчезнет контрольное оборудование, а в ресторанах быстрого питания число персонала сократится больше чем наполовину. Когда бизнес-модели станут все чаще использовать преимущества Интернета вещей (Internet of Things, IoT) для оптимизации работы и создания «вытягивающей экономики» (pull economy)**, мир вокруг нас будет все активнее предугадывать наши потребности, анализируя шаблоны нашего поведения. В этом будущем мы будем лучше понимать ценность данных и больше беспокоиться о цифровой безопасности. Потоки данных достигнут колоссальных объемов, а угрозы кибербезопасности станут предметом повседневных обсуждений.

Однако велик и потенциал для достижения благих целей. *IoT* уже помогает следить за уровнем воды в развивающихся странах и может способствовать проникновению медицинских технологий в удален-

* Глава написана совместно с Дерекем О'Хэллореном (Derek O'Halloran), экспертом Всемирного экономического форума.

** Экономика, основанная на создании кастомизированных продуктов и услуг, распространение которых в большой степени зависит от репутации производителя (в отличие от традиционной pull-экономики, основанной на создании стандартизованных продуктов и услуг и их сбыте по стандартным каналам). — *Прим. ред.*

ные регионы благодаря спутниковой связи. Уровень преступности скорее всего снизится в результате распространения датчиков, камер, ИИ и программ для распознавания лиц. Доверие к технологическим системам может повыситься по мере того, как *IoT* будет способствовать децентрализации и демократизации экономического производства, предоставляя людям по всему миру новые возможности. Тем не менее, чтобы общество и промышленность получили ожидаемую пользу, необходимо восполнить пробелы в протоколах безопасности, расширить пределы пропускной способности, преодолеть культурные барьеры и достичь соглашений о том, как определять ценность данных и использовать возможности совместной работы. До всего этого еще далеко. Для решения этих вопросов потребуются коллективные усилия, координированное управление и значительные инвестиции.

«ЗАХВАТ» МИРА

Интернет вещей — базовый инфраструктурный элемент Четвертой промышленной революции. *IoT* состоит из множества интеллектуальных датчиков, которые собирают, обрабатывают и при необходимости преобразуют данные, а затем передают их другим устройствам или людям, чтобы выполнить задачи, поставленные системой или пользователем. По прогнозам лондонской компании IHS, занимающейся анализом рынков, число *IoT*-устройств вырастет с 15,4 млрд в 2015 году до 75,4 млрд в 2025 году¹⁰². Это в пять раз повысит использование технологий во всех аспектах нашей жизни, свяжет элементы глобальной экономики неизвестными ранее способами и, вероятно, положит начало экономике, в которой будут участвовать только машины.

Последствия будут настолько значительными, что приведут сферу услуг и производства к таким же сдвигам, какие происходили в медиаиндустрии в 1995–2015 годах. Необходимо установить принципы юрисдикции и законы передачи данных, помогающие получать огромные объемы ценностей, в первую очередь на заводах и в производственном секторе, где есть понятная и достижимая цель — операционная эффективность и высок потенциал для более эффективного использования ресурсов и более продуктивной работы. По некоторым оценкам, эти сдвиги могут задействовать до 11% мировой экономики¹⁰³. Анализ, проведенный Всемирным экономическим форумом совместно с компанией Accenture, показал, что большая часть этой ценности будет создаваться в индустриальной сфере, тог-

да как влияние потребителя на бизнес и социально-экономические вопросы уменьшится. Глобальная экономика может увеличиться на 14 трлн долларов к 2030 году, способствуя воплощению двенадцати целей ООН в области устойчивого развития (рис. 11)¹⁰⁴.

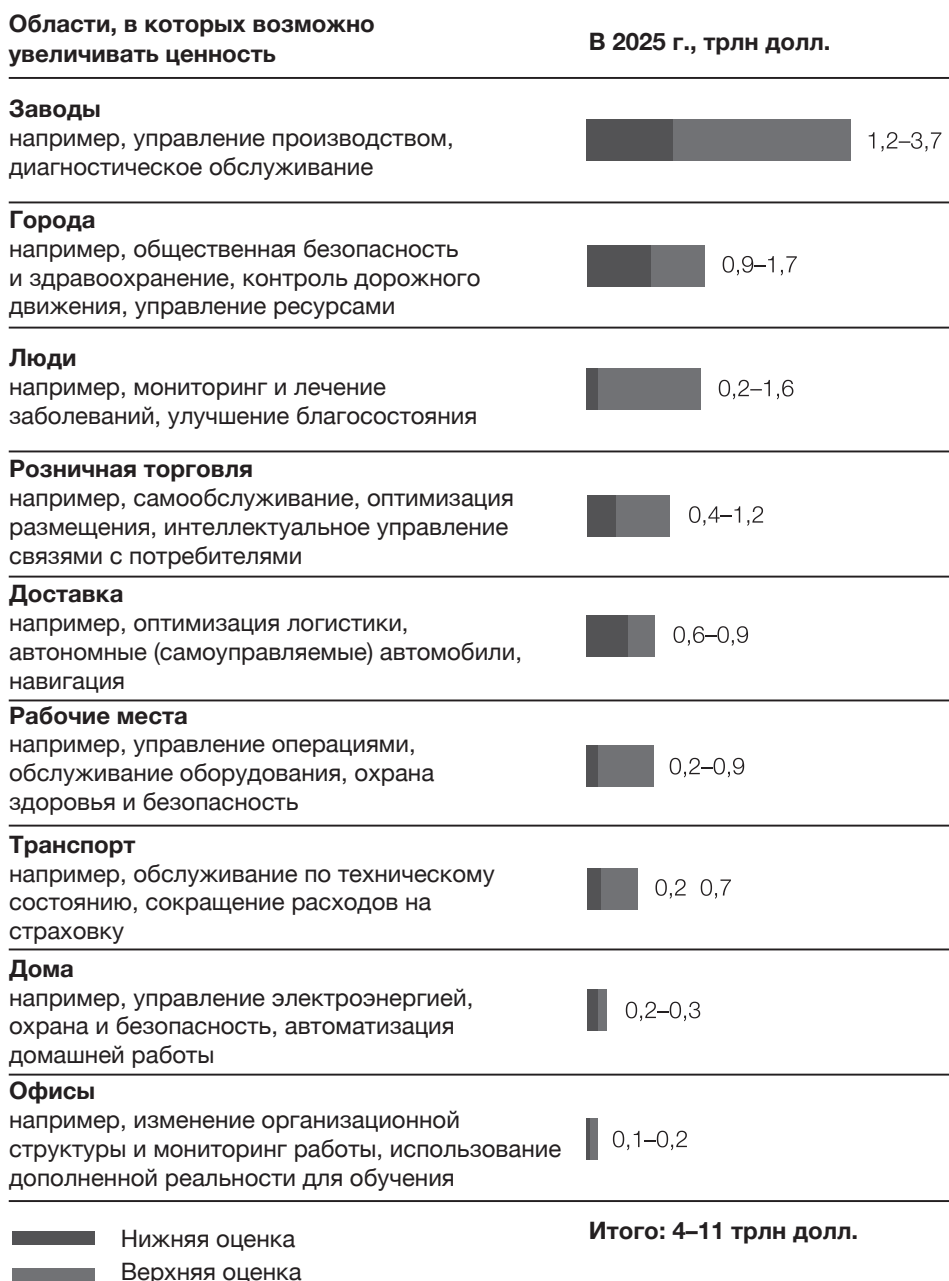
Достижение таких результатов возможно благодаря трем базовым возможностям Интернета вещей. Во-первых, он позволяет получать большие объемы данных и применять к ним интеллектуальные средства анализа, что дает новые источники контекстуальных данных, отражающих больше событий, происходящих в окружающей среде. Также IoT позволяет получать данные о производительности устройств, помогая оценивать их работу и создавая дополнительные возможности для увеличения ценности. Расширяются и доступные данные о пользователях, показывающие, как, когда и почему люди предпринимают какие-либо действия. Это позволяет изменить наше представление о том, как мы принимаем решения и расставляем приоритеты.

Вторую базовую возможность дает взаимодействие и координация этих устройств для повышения эффективности и продуктивности. Автоматизация всех процессов и новые способы взаимодействия человека с машинами позволят упростить выполнение рутинных задач и дадут человеку больше возможностей для творчества и применения своих навыков для решения более важных задач. Люди смогут изменить образ мышления, перестав фокусироваться на административной и оперативной деятельности, все больше полагаясь на машинные данные в вопросах создания продуктов, услуг и идей.

Третья возможность — создание интеллектуальных интерактивных объектов, способных создать новые каналы для предоставления благ людям. Кроме сетей датчиков и устройств, синергетический подход можно использовать для создания других распределенных технологий, таких как облачный ИИ, блокчейн, аддитивное производство, дроны, новые способы производства энергии и многое другое. По мере сближения и объединения этих технологий механизмы создания и обмена ценностями будут становиться такими же децентрализованными, как и инфраструктура, лежащая в их основе, и результаты такого изменения экономики, скорее всего, нас удивят. По этой причине IoT в итоге заставит пересмотреть существующие организационные структуры и концептуальные основы, с точки зрения которых мы привыкли смотреть на продукты, услуги и данные и их ценность для бизнеса.

Таким образом, эти три возможности станут толчком к изменению бизнес-моделей и структурным сдвигам в самых разных сферах, включая промышленное производство, нефтегазовую промышленность, сельское хозяйство, горное дело, транспорт и здравоохране-

Рисунок 11. Интернет вещей может принести экономике от 4 до 11 трлн долл. в 2025 г.



Источник: Глобальный институт Маккинси (McKinsey Global Institute, 2015)

ние. Как говорится в докладе «Промышленный Интернет вещей: раскрытие потенциала подключенных продуктов и услуг» (*Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services*), представленном на Всемирном экономическом форуме, путь IoT начинается с повышения операционной эффективности и продолжается созданием новых продуктов и услуг. Это ведет к формированию «экономики результатов», влекущей за собой «автономную вытягивающую экономику» (рис. 12)¹⁰⁵. Этот процесс применим также к датчикам в окружающей среде, которые помогут принимать упреждающие меры по управлению ресурсами. Например, вопросы системного масштаба, такие как использование и производство энергии, можно оптимизировать с помощью стимулирования граждан к оптимальному потреблению энергии и оптимизации дорожного движения.

Распространение IoT требует разработки и развертывания четырех разных слоев: во-первых, устройств для считывания информации, взаимодействия и (в некоторых случаях) выполнения действий, таких как перемещение объекта или открытие двери; во-вторых, инфраструктуры связи, позволяющей объединять эти устройства в сеть; в-третьих, системы безопасного управления информацией, собирающей и распространяющей данные, сгенерированные устройствами для использования на четвертом уровне, которым являются приложения, обрабатывающие данные и обеспечивающие работу служб, необходимых людям и организациям.

Рисунок 12. Траектория распространения и влияния промышленного Интернета вещей



Источник: Всемирный экономический форум (2015)

Уровни управления и применения данных часто недооценивают. Однако они критически важны, потому что ценность создается, когда данные позволяют принимать обоснованные решения или выполнять какие-либо полезные действия, а не когда объекты подключаются к Сети. Проведенный консалтинговой компанией McKinsey анализ показывает, что нефтяная вышка в среднем имеет 30 тыс. датчиков, но анализируется и используется лишь 1% данных¹⁰⁶. От избытка данных и недостатка механизмов для их использования страдают и другие сферы. Многие компании, не имеющие опыта обращения с такими объемами данных, с трудом понимают, что им следует искать и какие вопросы задавать, кроме линейного расширения предыдущих метрик.

Новые сетевые устройства, сущности, товары и услуги, предлагаемые Четвертой промышленной революцией, могут привести к тому, что компаниям и потребителям придется искать новые способы вознаграждения друг друга за пользование данными и учиться выделять ценностный компонент из транзакций и взаимодействий. В этих новых условиях потребители могут стать партнерами, даже если переговоры будут трудными. Наверняка возникнут юридические сложности, и общественным деятелям придется защищать права потребителей и отстаивать их конфиденциальность в этом тесно связанном мире будущего. Если средство коммуникации является сообщением, то IoT, как и Всемирная паутина, является предвестником потрясений, выходящих далеко за пределы мира бизнеса.

РЕВОЛЮЦИЯ, НЕ ЭВОЛЮЦИЯ: ОЖИДАНИЯ, ВОЗМОЖНОСТИ И ТРУДНОСТИ IoT

Ричард Соули (Richard Soley), председатель и главный исполнительный директор Object Management Group, США

Я пишу о новых технологиях и вызываемых ими переворотах уже больше 40 лет и не могу сосчитать, сколько раз говорил: «Эволюция, не революция». Экспертные системы, распределенные вычисления, объектные технологии, графическое моделирование, семантическое моделирование — все эти технологии создавали сложности, но и, что более важно, возможности. Однако «старые» модели вычислений не менялись — архитектуры оставались, по сути, теми же, программы улучшались постепенно, а итоговый результат оправдывал инвестиции и измерялся в десятках процентов. Эволюция, не революция.

В этот раз все иначе. Хотя компоненты, из которых строится IoT, могут быть не так новы, они дают совершенно новые результаты

как с количественной, так и с качественной точки зрения. По сути, IoT — это сеть из тысяч и миллионов датчиков и устройств, собирающих и анализирующих данные в реальном времени и предоставляющих людям информацию, необходимую для принятия решений, или непосредственно контролирующую исполнительные механизмы в реальном мире. Повсеместно распространенные каналы связи (глобальный Интернет) в сочетании с недорогими вычислительными ресурсами и хранилищами (снова Интернет и облачные технологии), а также достижениями в области анализа огромных объемов данных в режиме реального времени (так называемые «большие данные») делают невозможное возможным — и начинается революция.

К сожалению, почти все обсуждения революции IoT ограничиваются холодильниками и лампочками — потребительскими технологиями. Хотя эти технологии появятся (и как никогда четко покажут недостаток доверия, конфиденциальности и безопасности в Интернете), есть и более важная возможность — «интернетизация» производства, революция, равная по значимости электрификации производства, произошедшей сто лет назад. Как и в случае с электрификацией, влияние IoT на промышленность не ограничится обработкой и производством продукции (хотя в этих сферах новые технологии внедряются в первую очередь). Легко понять, что IoT повлияет на все основные сферы: здравоохранение, финансовые системы, транспорт, производство и распределение энергии, сельское хозяйство, предоставление коммунальных услуг и многое, многое другое. Вместо того чтобы прогнозировать, сколько устройств будет подключено к Интернету, как это любят делать многие эксперты, гораздо полезнее понять, что эти подключенные устройства будут выполнять.

В частности, появятся совершенно новые бизнес-модели:

- Самую очевидную из них часто называют «экономикой результата». Это переход к приобретению результатов по часам, метрам или литрам вместо приобретения оборудования для производства того же результата. Авиакомпании десятилетиями отказывались от владения самолетами в пользу их аренды, теперь компании начинают арендовать реактивные двигатели, оставляя задачу по обслуживанию этих огромных, но деликатных механизмов тем, кто разбирается в этом лучше всего, — производителям. Авиакомпании достигают более высокой эффективности и получают более высокий коэффициент технической готовности двигателей, у производителей двигателей появляется новый источник дохода. Поддерживая связь с оборудованием (и огромным потоком данных о его производительности, который можно сравнить

с данными о таком же оборудовании по всему миру), производители могут повышать качество и эффективность обслуживания, одновременно с этим предлагая более низкие цены. Лучше, быстрее, дешевле — все сразу.

- Когда связываются ранее несвязанные потоки данных, в самых неожиданных местах появляются совершенно новые возможности. В одной из провинциальных служб «Скорой помощи» выявление характерных повторяющихся ситуаций позволило оптимизировать маршруты, минимизировать время реагирования и возвращения в больницу, а водители при этом получили больше времени на отдых между вызовами, не говоря о том, что стало возможно спасти больше жизней. Но никто не видел этой возможности, пока данные о расположении карет «Скорой помощи» не связали с данными об экстренных вызовах и географическими данными кофеен. Неожиданные решения могут возникать где угодно.

Преимущества в этом мире получают:

- Те, кто на ранних этапах организует сбор, анализ и управление данными. Во всех реальных и тестовых IoT-проектах, за которыми мы наблюдали, появлялись неожиданные положительные результаты, которых никто не прогнозировал.
- Те, кто свяжет в режиме реального времени потоки данных, на первый взгляд не имеющие никакого отношения друг к другу, чтобы найти неожиданные корреляции и возможности. Благодаря повсеместно доступным и недорогим вычислительным ресурсам затраты на установление таких связей достаточно низки, так что поиск возможностей оправдывает расходы.
- И самая важная категория — тот, кто поймет, что его сфера переживает потрясения, и захочет принять участие в совершении этих потрясений, а не ждать, пока все изменится, возможно, катастрофически. Мы уже наблюдаем серьезные преобразования в области транспортировки и производства, способные привести к изменениям в обществе.

Проиграет в этом новом революционном мире тот, кто будет просто ждать, пока потрясения доберутся до него, не сможет разглядеть зарождение новых бизнес-моделей и проигнорирует прогресс. В этот раз большие изменения происходят не в информационных и коммуникационных технологиях, а в индустриях, зависящих от этих технологий. А сегодня это каждая индустрия.

Сложности, риски и опасности

Чтобы IoT смог раскрыть свой потенциал, необходимо решить ряд задач. Чаще всего к препятствиям для развития промышленного Интернета вещей относят отсутствие стандартов, то есть отсутствие (или потенциальное отсутствие) совместимости, и проблемы безопасности (рис. 13). Без аналога Консорциума Всемирной Паутины (World Wide Web Consortium), определяющего стандарты и протоколы, будущее IoT в опасности. Есть и менее очевидные, но не менее сложные препятствия, в том числе отсутствие механизмов управления новыми бизнес-моделями, созданными на основе анализа данных и служб, контролирующими подключенные ресурсы.

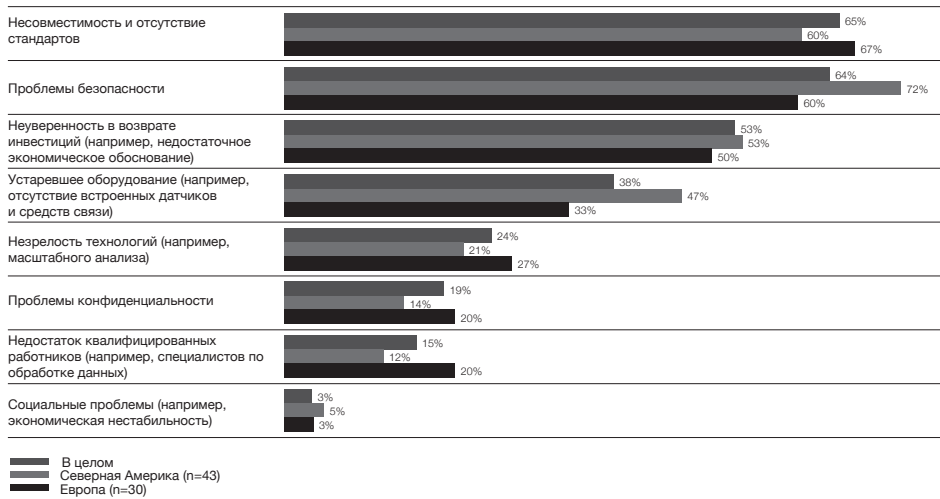
Некоторые риски, связанные с IoT-системами, влияют не только на компании, использующие эти системы, но и на пользователей и общество. Например, существует риск того, что люди и организации будут полагаться на IoT-системы настолько, что потеряют важные навыки и умения, а перебои со связью и электропитанием будут представлять слишком большую угрозу. Дополнительные трудности создает то, что системы со сложными взаимосвязями более подвержены «обычным авариям»¹⁰⁷.

Особый риск представляет кибербезопасность. Угроза взлома создает риски и для компаний, и для всех участников, имеющих отношение к данным, передающимся между устройствами и сетями. В докладе о промышленном Интернете (Industrial Internet Survey), представленном на Всемирном экономическом форуме, говорится, что 76% респондентов считают вероятность атак, направленных на их IoT-системы, очень высокой или чрезвычайно высокой¹⁰⁸. Еще большее беспокойство вызывает то, что Интернет вещей может быть не только целью кибератак, но и средством их проведения. В некоторых из крупнейших кибератак 2016 года были задействованы взломанные IoT-устройства, такие как камеры безопасности и другие средства наблюдения, направляющие трафик на серверы злоумышленников¹⁰⁹.

Обеспечение кибербезопасности в IoT требует управления многими рисками. Необходимо защищаться от использования небезопасных устройств для атаки третьих сторон, предотвращать перехват людьми или интеллектуальными системами контроля над IoT-устройствами и системами с целью шантажа, требования выкупа, кражи или причинения ущерба и обеспечивать стабильность работы важнейших частных и общественных служб. С проблемами безопасности связаны также вопросы конфиденциальности данных и передачи данных между

государствами. Для их решения законодатели из разных юрисдикций должны найти баланс между защитой потребителей и поддержкой бизнеса. Адекватные процедуры и протоколы для обмена и хранения данных — важное условие для раскрытия полного потенциала IoT и извлечения пользы из глобальных потоков данных.

Рисунок 13. Основные препятствия распространению промышленного Интернета



Источник: Всемирный экономический форум (2015)

Как и развитие безопасных распределенных реестров, таких как блокчейн, инновации в архитектуре IoT способствуют поиску новых способов достижения этого баланса. Например, Sensity Systems (дочерняя компания Verizon) совместно с Genetec разрабатывает интеллектуальные городские системы безопасности, позволяющие обеспечивать и защиту, и конфиденциальность. Для этого IoT-устройства выполняют обработку данных на границах Сети. Это значит, что найден компромисс. Важные видеоданные остаются на устройстве до тех пор, пока алгоритмы, работающие на этом устройстве, не обнаруживают угрозу в видеопотоке, и тогда видео отправляется агентам безопасности. Такой компромисс снижает требования к пропускной способности и позволяет избежать уязвимостей, связанных с централизованным хранением разнородных данных.

Как и в случае с другими новейшими технологиями, такими как ИИ, роботы и блокчейн, возникает остросоциальный вопрос о трудоустройстве и необходимых навыках. Потрясения, вызванные рас-

пространением IoT, приведут к преобразованию организаций и индустрий. В сочетании с ИИ и роботами IoT снизит спрос на рутинную ручную работу и повысит требования к квалификации персонала (рис. 14). Однако при этом увеличится спрос на творческую работу и умение решать проблемы в области программирования, проектирования и обслуживания. В обсуждении социальных и этических аспектов IoT следует обращать внимание в первую очередь на расширение возможностей и интеграцию человеческой рабочей силы с цифровыми системами и искать способы увеличения ценности, основанные на дополнении, а не замещении людей. Любопытно то, что каждая из этих технологий в отдельности сокращает требуемое число рабочих мест, но вместе они могут предоставить совершенно новые благоприятные возможности для людей. Сможем ли мы воспользоваться этими возможностями — покажет будущее.

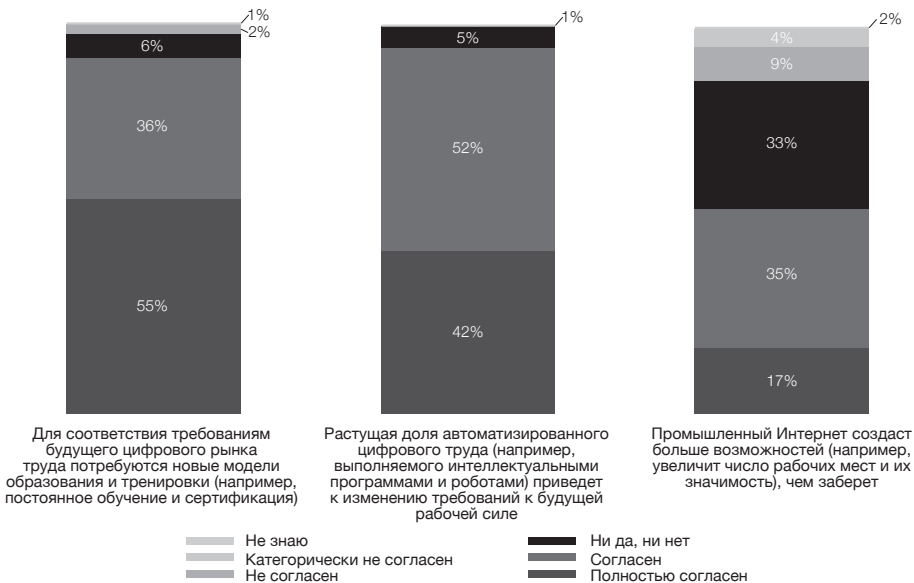
Интернет вещей усилит наш симбиоз с цифровыми инфраструктурами, продуктами и каналами связи, необходимыми нам в повседневной жизни. IoT охватит всю окружающую среду, проникнет во все социальные сферы и изменит отношения между категориями участников. Он станет незаменимым, но, как и сегодняшние мобильные технологии, предъявит к каждой категории участников свои требования. Рассмотрим некоторые из них:

- Во многих бизнес-сценариях, использующих IoT, данные можно использовать многократно, а значит, выгоду могут получать разные участники в разных контекстах. Вопросы о том, кто владеет данными, кто получает выгоду от их использования и как ее правильно оценить, потребуют каких-то ответов, зависящих от используемых бизнес-моделей.
- В некоторых случаях результаты использования данных, полученных в IoT, могут быть полезны для окружающей среды и общества, например, если позволят сократить количество отходов или потребление энергии. Однако оптимальные результаты для общества не всегда сочетаются с максимальной выгодой для бизнеса. Законодатели и общественные деятели должны задуматься о том, как мы используем инфраструктуру и машинное взаимодействие в тех областях, где рост производства — не самый важный результат.
- Чтобы сгладить возникающие по факту конфликты, бизнесу потребуются новые подходы к организации совместной работы (например, использование данных, полученных с помощью мобильных приложений, для определения размера страховых взносов) и более четкое экономическое обоснование проектов. Ценность, создаваемую в распределенных системах по-

средством обмена данными, необходимо будет разделять на составляющие и распределять между соответствующими участниками. Необходимо определить рамки и правила разделения, учитывающие интересы общества.

- Технологии, особенно Интернет, оказывают огромное влияние на социальную жизнь, оплату труда, доступность знаний, способы коммуникации и многое другое. В эпоху социальных сетей технологии значительно ускорили темп жизни. Есть некоторые беспокойства по поводу того, что с усилением технологического давления требования к стилю жизни продолжают расти. Скорее всего, люди столкнутся с вопросами, похожими на те, что возникали с развитием Интернета: будет ли это общественным благом, кто будет иметь доступ, как создать справедливые практики, исключая эксплуатацию людей.
- Вероятно, IoT увеличит нестабильность во многих сферах мировой экономики, как в свое время Интернет нарушил сложившееся положение в индустриях СМИ, развлечений и путешествий. Представителям власти и бизнеса необходимо будет выработать стратегии управления последствиями. Чтобы учиться на первом опыте преобразований, бизнесу и правительству необходимо работать сообща.

Рисунок 14. Влияние промышленного Интернета на рабочую силу



Источник: Всемирный экономический форум (2015)

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. IoT состоит из подключенных к Сети интеллектуальных датчиков, собирающих данные и передающих их по Интернету другим устройствам или людям для дальнейшего использования. IoT повысит степень взаимодействия людей с машинами, а экономические отношения между машинами будут развиваться быстрее, чем экономические отношения между людьми. В следующие десять лет в IoT добавятся десятки миллиардов устройств, а их промышленное применение может принести мировой экономике до 14 трлн долларов к 2030 году.
2. Распространение датчиков и устройств приведет к сложностям в вопросах межгосударственной передачи данных, включая проблемы конфиденциальности, прав собственности, доступности и т. д. Одной из важнейших задач Четвертой промышленной революции будет определение регулятивных мер для глобальных потоков данных в Интернете вещей.
3. IoT — это гораздо больше, чем интеллектуальные устройства, подключенные к Интернету, и сервисы на их основе. Настоящая ценность IoT заключается в том, что он позволяет собирать данные, анализировать их и управлять ими, находить неожиданные корреляции и возможности и действовать, предвосхищая разрушительные изменения.
4. Использование датчиков для обработки данных в режиме, близком к реальному времени, может помочь создать вытягивающую экономику с положительными результатами благодаря оптимизации и стимулированию поведения потребителей и граждан. Это значит, что IoT может служить инструментом для решения системных проблем, таких как эффективное использование энергии, управление дорожным движением и загрязнение окружающей среды.
5. Серьезное беспокойство вызывает влияние Интернета вещей на уровень трудоустройства и необходимые для работы навыки, объединение IoT с ИИ и роботами, уменьшение спроса на рутинную и ручную работу. Однако основными рисками IoT-систем чаще всего считают угрозы кибербезопасности, связанные со слабой защищенностью устройств, отсутствием стандартов и вопросами межгосударственной передачи данных.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ВСТАВКА

ЭТИЧЕСКИЕ НОРМЫ РАБОТЫ С ДАННЫМИ*

Данные, алгоритмы, методы их анализа, технологии и способы применения дают огромные возможности для улучшения частной и общественной жизни и окружающей среды. К сожалению, эти возможности связаны с серьезными этическими сложностями. Особое значение имеют три аспекта: широкое использование больших данных, усиление зависимости от алгоритмов, помогающих выполнять задачи и принимать решения, и постепенное сокращение доли человеческого участия или даже контроля во многих автоматизированных процессах. Все это поднимает серьезные вопросы справедливости, ответственности, равенства и уважения прав человека. Эти этические проблемы можно успешно решать. Мы можем и должны использовать открывающиеся перед нами возможности по формированию направления развития и способов применения цифровых решений, отстаивая права человека и поддерживая интересы открытого, плюралистического и толерантного информационного общества.

Поиск устойчивого и справедливого баланса — непростая задача. Но альтернатива — отсутствие этических норм использования научных достижений и технологий в информационной среде — будет иметь печальные последствия. С одной стороны, игнорирование этических вопросов может вызвать неприятие обществом, как было, например, с программой использования медицинских данных Национальной службы здравоохранения Англии. С другой стороны, чрезмерные усилия по защите прав личности и этических ценностей в неверном контексте могут привести к применению слишком жестких регулятивных мер. Это в свою очередь может уменьшить шансы на извлечение из цифровых решений пользы для общества и человечества. Поправки к Общему регламенту Евросоюза по защите данных (GDPR), предложенные Комитетом Европейского парламента по гражданским свободам, правосудию и внутренним делам (LIBE), показывают конкретный пример. Чтобы избежать обеих крайно-

* При участии Лучано Флориди (Luciano Floridi), профессора философии и этики информации из Оксфордского университета, директора Цифровой лаборатории этики Оксфордского института Интернета, Великобритании, и Мариярозарии Таддео (Mariagrazia Taddeo), исследователя из Оксфордского университета, Великобритании.

стей, при рассмотрении любого цифрового проекта, имеющего хотя бы отдаленное влияние на жизнь людей и планеты, рекомендуется руководствоваться четырьмя обязательными принципами: технической осуществимостью, экологической устойчивостью, социальной приемлемостью и предпочтительностью для человека. Это позволит минимизировать риски и не упустить открывающиеся возможности.

Как найти подобный баланс? За последние несколько десятилетий мы пришли к пониманию того, что не конкретная технология (компьютеры, планшеты, мобильные телефоны, протоколы Интернета, веб-приложения, онлайн-платформы, облачные вычисления и т. д.) представляет правильное направление наших этических стратегий. Это делают данные, которыми манипулирует любая цифровая технология. Именно поэтому такие понятия, как «этика Интернета», «робоэтика» и «машинная этика», теряют смысл, возвращая нас в те времена, когда казалось, что «компьютерная этика» дает правильное понимание проблемы. Прежде чем беспокоиться о конкретных цифровых технологиях и связанных с ними этических проблемах, таких как конфиденциальность, анонимность, прозрачность, доверие и ответственность, следует изучить жизненный цикл данных, от сбора и сохранения до управления и использования. Для того нам и нужны этические нормы работы с данными, чтобы маневрировать между риском общественного неприятия и слишком строгой регуляцией, чтобы находить решения, позволяющие извлечь максимум этической пользы из данных и алгоритмов на благо общества, всех нас и окружающей среды.

Этика работы с данными — ветвь этики, изучающая и оценивающая моральные проблемы, связанные с данными, алгоритмами и соответствующими практиками. Ее цель — формулировать и поддерживать правильные с моральной точки зрения решения (например, корректное поведение или правильные ценности) посредством разработки трех направлений исследований: этика данных, этика алгоритмов и этика практик.

Этика данных узко определяет взгляды на создание, запись, сопровождение, обработку, распространение, обмен и использование данных. Она занимается моральными проблемами, возникающими при сборе, анализе и применении больших наборов данных. Затрагиваемые вопросы варьируются от применения больших данных в биомедицинских исследованиях и общественных науках для профилирования, рекламы и филантропии до использования открытых данных в правительственных проектах. Одна из наиболее острых проблем — возможность повторной идентификации личности с по-

мощью поиска, сопоставления и слияния данных, а также повторного использования крупных наборов данных. Риск подвергается и так называемая «групповая конфиденциальность», когда идентификация категорий людей, независимо от деидентификации каждого из них, может привести к возникновению серьезных этических проблем, от групповой дискриминации (например, по возрастному, этническому или половому признаку) до насилия, направленного на определенные группы людей.

Ввиду признанной неосведомленности общественности о преимуществах, рисках и сложностях, связанных с технологиями обработки данных, доверие и прозрачность — тоже очень важные вопросы этики данных.

Этика алгоритмов сосредоточена на программах, ИИ, искусственных агентах, машинном обучении и роботах. Она решает вопросы, возникающие в связи с тем, что сложность и автономность алгоритмов в их широком понимании продолжают расти. Алгоритмы создают этические трудности в обращении с искусственным интеллектом и интеллектуальными агентами, такими как сетевые боты. Особенно остро этот вопрос встает в случаях, где применяется машинное обучение. Одна из важнейших проблем — моральная и юридическая ответственность пользователей, проектировщиков и исследователей в отношении непредвиденных и нежелательных последствий и упущенных возможностей. В свете этого неудивительно, что изучение этических проблем, требований к алгоритмам и возможных нежелательных последствий (таких как дискриминация и продвижение антиобщественного контента) привлекает все больше исследователей.

Наконец, этика практик интересуется ответственными инновациями, программированием, хакингом, профессиональными кодексами и деонтологией. Она решает насущные вопросы, связанные с ответственностью и обязательствами людей и организаций, в том числе исследователей, контролирующих процессы, стратегии и политики использования данных. Ее цель — определить этические рамки для формирования профессиональных кодексов, предписывающих ответственное отношение к инновациям, их разработке и использованию, что может способствовать прогрессу в развитии науки о данных и соответствующих технологий и помочь в защите прав отдельных людей и групп. В этом направлении анализа центральное место занимают три вопроса: согласие пользователей, их конфиденциальность и вторичное использование данных.



ВЛИЯНИЕ
НА РЕЗУЛЬТАТ
ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА
МОЖЕТ ОКАЗЫВАТЬ
КАЖДЫЙ.



Все три направления исследований — этика данных, алгоритмов и практик — тесно связаны. Они формируют концептуальные оси координат, определяющие трехмерное пространство, в котором этические проблемы можно идентифицировать и моделировать. Например, анализ аспектов, затрагивающих конфиденциальность данных, поднимает также вопросы согласия пользователей, аудита алгоритмов и профессиональной ответственности. Аналогично этому этический аудит алгоритмов часто включает анализ ответственности их создателей, разработчиков, пользователей и распространителей.

Этика данных должна распространяться на все концептуальное пространство, а значит, на все три направления исследований (ведь большинство проблем относится более чем к одному направлению), хотя приоритеты могут меняться в зависимости от проблемы. По этой причине этика данных должна с самого начала разрабатываться как макроэтика, то есть как общая «геометрия» этического пространства, избегающая узких, специализированных подходов и определяющая последовательные, целостные, инклюзивные и многосторонние стандарты и рамки для решения этических проблем, возникающих в ходе информационной революции.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ВСТАВКА КИБЕРРИСКИ*

Десять лет назад сложно было найти компанию, совет директоров которой активно обсуждал бы киберриски, если только эта компания сама не стала жертвой успешной атаки, получившей широкую огласку. В 2008 году исследовательский институт CyLab Университета Карнеги—Меллона провел опрос, показавший, что 77% членов советов директоров организаций США редко или никогда не получали от старшего менеджмента отчетов о рисках безопасности и конфиденциальности. Что касается ресурсов, ролей или регулятивных мер высшего уровня, необходимых для обеспечения кибербезопасности, более 80% членов советов директоров редко или никогда их не обсуждали¹¹⁰.

* Написано совместно с Жан-Люком Везом (Jean-Luc Vez) и Ушанг Дамачи (Ushang Damachi), экспертами Всемирного экономического форума.

Однако в 2015 году опрос 200 директоров, проведенный Нью-Йоркской фондовой биржей, показал, что после ряда громких инцидентов вопросы кибербезопасности стали рассматриваться на повестке дня гораздо чаще. 80% респондентов сообщили, что киберриски обсуждаются на большинстве или на всех собраниях совета директоров, чаще всего встают вопросы об ущербе репутации бренда, о корпоративном шпионаже и о расходах на урегулирование инцидентов¹¹¹.

Правительственные организации тоже подвергаются большому риску, связанному с преступными или вредоносными атаками на цифровые системы. После того как восемь стран ОЭСР в 2009–2011 годах разработали правительственные требования к управлению киберрисками, кибербезопасность стала «приоритетом национальной политики, поддерживаемым более сильным руководством», о чем было сообщено в докладе ОЭСР в 2012 году¹¹². С тех пор осведомленность правительственных органов о киберрисках увеличилась, что привело к усилению беспокойства о безопасности национальных инфраструктур и защите от иностранного влияния на демократические процессы. А в условиях ужесточения законов, ограничивающих гражданское общество, и поляризации политических сил общественные организации уделяют все больше внимания уязвимости перед кибератаками.

Впрочем, исследования Всемирного экономического форума показывают, что, хотя осведомленность о киберрисках возросла, многие организации далеки от адекватной оснащенности инструментами для управления киберрисками, а передовая практика в этой области «еще не стала частью стандартного набора компетенций членов совета директоров»¹¹³.

Ликвидировать разрыв между осведомленностью и способностью реагировать — критически важная задача как для отдельных людей, так и для коммерческих, правительственных и общественных организаций.

Киберриски быстро становятся все более серьезными по мере того, как три взаимосвязанные тенденции расширяют сферу влияния цифровых технологий. Во-первых, число пользователей Интернета по всему миру с 2000 года выросло почти на 1000%¹¹⁴. С 2018 по 2020 год прогнозируется добавление еще 300 млн пользователей¹¹⁵. Наверно, еще более важная тенденция — увеличение числа устройств, подключенных к Интернету. По некоторым оценкам, в 2017 году к глобальным цифровым сетям было подключено 20 млрд телефонов, компьютеров, датчиков и других устройств, а к 2020 году, по

прогнозам IHS Markit, их станет еще на 10 млрд больше. В-третьих, с ростом числа пользователей и увеличением интенсивности использования цифровых систем объемы создаваемых, обрабатываемых и передаваемых цифровых данных растут экспоненциально. Компания IDC, занимающаяся анализом рынков, прогнозирует десятикратное увеличение «глобальной датасферы» с 2017 по 2025 год — ежегодный прирост составит 30%¹¹⁶.

Увеличение числа пользователей, объектов и данных приведет к усилению зависимости от цифровых систем. Как отметили аналитики из IDC, цифровые данные и операции быстро перестают быть фоном и становятся «критически важными для жизни общества и отдельных людей». Поэтому все более важной и все более сложной задачей становится обеспечение работы этих систем в соответствии с изначально заложенным предназначением.

Чтобы эффективно реагировать на киберриски, мы предлагаем четыре стратегии, позволяющие изменить подход к восприятию угроз и требующие соответствующих вложений.

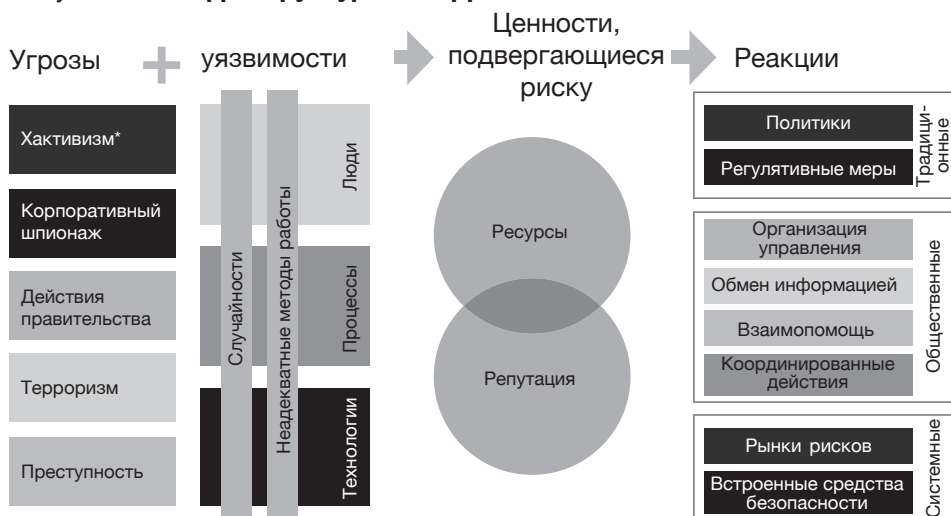
1. ПЕРЕОПРЕДЕЛИТЕ ЦЕЛЬ: от кибербезопасности к киберустойчивости.

Самое главное, чтобы люди и организации думали не только об обеспечении безопасности периметра ИТ-систем, на котором обычно сконцентрирована концепция кибербезопасности. Мы должны изменить образ мышления и учитывать также взаимозависимость и устойчивость, чтобы подготовиться к разным вариантам развития событий, при которых киберриски могут возникать и влиять на работу систем. В этом контексте киберустойчивость можно считать способностью систем и организаций противостоять киберсобытиям, которая измеряется временем работы на отказ, сложным временем на восстановление¹¹⁷.

Как показано на рис. 15, киберриски распространяются и на ресурсы, и на ценности и возникают на пересечении угроз с уязвимостями. Поэтому киберустойчивость — стратегически важный вопрос, который необходимо учитывать в комплексных бизнес-моделях и при выполнении всех операций.

Киберустойчивость также расширяет временные рамки для подготовки к неизбежным кибератакам. Чтобы отойти от подхода, основанного на защите периметра, необходимо тщательно и заранее продумать действия, которые должны выполняться до, во время и после кибератаки, в частности определить, кого следует информировать внутри и вне организации.

Рисунок 15. Инфраструктура киберрисков



Источник: Всемирный экономический форум

Если рассматривать системы, связанные с данными, а не с цифровыми операциями, то организации и отдельные люди должны обладать устойчивостью как минимум к следующим трем киберрискам: конфиденциальность данных, их целостность и постоянная доступность, необходимая для непрерывной поддержки бизнес-операций. Хотя утечка информации в результате кражи данных — наиболее обсуждаемый киберриск, все чаще встречаются атаки, направленные на нарушение доступности систем или данных, сопровождающиеся удалением информации или требованием выкупа, как в случае с шифровальщиком WannaCry, поразившим инфраструктуру службы здравоохранения Великобритании в мае 2017 года. Не меньшее беспокойство вызывает и возможность компрометации или изменения данных и крупных систем.

Ситуация еще больше усложняется, если учитывать интеграцию данных с цифровыми операциями и подключенными цифровыми системами, управляющими инфраструктурой или выполняющими действия в материальном мире. В таких случаях необходимо предусматривать риск потери управления важнейшими функциями системы, от

* Использование компьютеров и вычислительных сетей для продвижения политических идей, защиты свободы слова, свободы информации и прав человека. — *Прим. ред.*

которых могут зависеть жизни людей. Например, в 2015 году хакеры показали возможность удаленного перехвата управления трансмиссией и тормозами автомобиля Jeep Cherokee¹¹⁸. Еще одна сложность заключается в том, что подключенные системы могут создавать новые каналы для вторжения в другие аспекты функционирования этих систем или бизнеса. Один из примеров — взлом в 2013 году платежных систем компании Target, имеющей в США сеть магазинов розничной торговли, который начался с кражи учетных данных, предоставленных субподрядчикам, обслуживающим системы отопления и кондиционирования воздуха, используемые компанией¹¹⁹.

2. ПЕРЕОПРЕДЕЛИТЕ ПРОТИВНИКА: от хакеров к криминальным организациям.

В массовой культуре, а потому и в представлении большинства людей укоренился образ хакера-одиночки, пытающегося проникнуть в защищенную систему в поисках славы или мести. Однако такая картина не соответствует тому, что в действительности происходит сегодня в сфере киберугроз.

Хотя одаренные хакеры-одиночки, несомненно, существуют, более распространены и опасны талантливые люди, входящие в организованные преступные организации, у которых расходы на подбор кадров, исследования и проведение операций значительно превосходят ресурсы, выделенные их жертвами на защиту. Кроме того, эти организации сосредоточивают усилия на получении финансовой выгоды посредством проведения атак: это может быть требование у компаний выкупа, продажа данных или способов проникновения в систему или использование взломанных систем для выполнения других действий, выгодных атакующим или их клиентам.

Поэтому важно изменить распространенное представление об источниках киберугроз в соответствии с действительным положением дел: это хорошо финансируемые и мотивированные злоумышленники, применяющие новейшие методы и оборудование, действующие системно и постоянно.

3. ПЕРЕОПРЕДЕЛИТЕ ВЕКТОРЫ АТАК: от эксплуатации технических особенностей к человеческому поведению.

Неотъемлемая черта образа хакера-одиночки — его умение использовать технические средства для удаленного обхода систем безопасности. Такая картина создает впечатление, что основной линией обороны от кибератак должны быть ИТ-отдел и установленные

им технические барьеры, такие как межсетевые экраны и надежные пароли.

Однако самый простой способ получить доступ к безопасной системе — просто попросить. Около 97% вредоносных атак основаны на обмане пользователей, чтобы те сами предоставили доступ к своим системам, и лишь 3% нацелены на эксплуатацию технических недостатков. Более 84% хакеров используют социальную инженерию в качестве основной стратегии проникновения в системы¹²⁰. Эта статистика отчасти объясняет тот факт, что многие взломы остаются незамеченными в течение длительного времени. Крис Пог (Chris Poe), директор по информационной безопасности компании Nuix, утверждает, что для обнаружения утечки данных требуется в среднем 250–300 дней¹²¹.

Если учесть, что угрозы и уязвимости существуют как внутри, так и вне организации, управление киберрисками становится делом всех сотрудников. В свою очередь, меняются и стратегии реагирования. Теперь необходимо обучать персонал тому, как избегать фишинга и других атак с применением методов социальной инженерии, использовать средства защиты конечных точек для ограничения доступа и развертывать системы обнаружения аномального поведения пользователей и подозрительной сетевой активности.

4. КИБЕРУСТОЙЧИВОСТЬ КАК ОБЩАЯ ЗАДАЧА: от индивидуальных рисков к коллективным, распространяющимся на разные индустрии и организации.

На устойчивость влияют как особенности отдельных людей и организаций, так и эффекты системного уровня. По мере того как мир становится все более взаимосвязанным, киберриски становятся по-настоящему системными. Системные риски возникают не просто из-за возможности передачи вирусов между компаниями и государствами, а в результате повсеместной зависимости от данных и глобальных служб, на которые опирается мировая торговля, безопасность, финансовая и транспортная системы.

И наоборот, существует важная возможность для выработки более многостороннего и межобщинного подхода к усилению устойчивости к киберрискам. Более регулярный обмен важной информацией о киберактивности и атаках между индустриями и секторами экономики, а также между правительствами, бизнесом и гражданским обществом позволит быстрее реагировать на атаки и снизить риск их распространения. Учитывая нехватку специалистов, обладающих стратегическими и практическими навыками, необходимыми

для обеспечения киберустойчивости, повсеместные инвестиции в развитие этих навыков благоприятно отразятся на ситуации во всех секторах экономики.

Мы постоянно прилагаем усилия для поддержания международного многостороннего диалога о киберустойчивости. Так, под эгидой Всемирного экономического форума в Женеве создается Международный киберцентр (Global Cyber Centre) — государственно-частная платформа для усиления киберустойчивости по всему миру. Другие примеры: Международный центр Интерпола по инновациям, начавший в Сингапуре работу по созданию платформы для обмена информацией, объединенная целевая группа Европола по противодействию киберпреступлениям и национальные инициативы, такие как партнерство по обмену информацией в области кибербезопасности (CiSP), созданное в Великобритании для повышения осведомленности британских организаций о киберугрозах. Однако для организации взаимодействия между разными индустриями и странами необходимо преодолеть недоверие между государственным и частным сектором, а также между государствами, не желающими делиться информацией о своих киберинструментах для атаки и защиты.

Это барьеры, которые необходимо преодолеть. Масштаб киберугроз в мире, зависящем от «жизненно важных» цифровых систем, требует инвестиций и действий на всех уровнях, от индивидуального образования и выработки нового поведения до организационных инвестиций, от принятия советами директоров новой ответственности до внутригосударственного и международного сотрудничества и выработки более гибких моделей управления.

Раздел 2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО МИРА

ГЛАВА 8

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТЫ*

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ УЖЕ ПЕРЕСТРАИВАЕТ ЦИФРОВУЮ экономику и вскоре изменит экономику материального мира. В начале XXI века ИИ помогает автономным механизмам ориентироваться в материальном мире и взаимодействовать с людьми. В будущем системы с искусственным интеллектом смогут решать комплексные системные задачи, такие как глобальные выбросы CO₂ и управление международными потоками воздушного транспорта, в масштабе, превосходящем человеческие способности. Эксперты считают, что реальностью могут стать даже сценарии сегодняшних фантастических фильмов: интеллектуальные операционные системы и соперечающие цифровые помощники. Возможно, однажды роботы смогут выполнять и базовые полицейские функции. ИИ уже обеспечивает мониторинг видеопотоков и данных, собранных множеством датчиков, и может предупреждать службы безопасности о подозрительной активности. Тем временем полиция использует роботов для проведения поисково-спасательных операций и даже для уничтожения вооруженных преступников¹²².

ИИ глубоко изменит мир, и в процессе этих изменений не избежать рисков. Например, роботы под управлением ИИ изменят уровень безработицы и навыки, необходимые для трудоустройства, создав напряженность в обществе, и это влияние сложно поддается прогнозированию. Кроме того, большинству людей остаются непонятными принципы ра-

* При участии Совета по вопросам искусственного интеллекта и робототехники Всемирного экономического форума.

боты алгоритмов машинного обучения, которые к тому же могут давать результаты, отражающие распространенные предубеждения, с которыми необходимо бороться. В долгосрочных прогнозах нельзя забывать об угрозах самому существованию человечества, которые возникнут, если нам не удастся добиться соответствия ценностей ИИ человеческим ценностям. Существуют и риски кибербезопасности, связанные с возможностью взлома или обмана искусственного интеллекта. В связи с этим исследователи пытаются начать обсуждение этических рамок и ценностей, которыми следует руководствоваться при разработке и внедрении ИИ и роботов. Что бы ни готовило нам будущее, нам придется уживаться с искусственным интеллектом, и отношения, которые мы с ним построим, будут иметь далеко идущие последствия.

ИНТЕГРАЦИЯ ИИ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ МИР

Никакая комбинация технологий не будоражила воображение обществу так, как ИИ и робототехника. В 1956 году Дартмутский колледж провел конференцию, положившую начало разработкам в области искусственного интеллекта, а первый промышленный робот появился в 1961 году. За десять лет в массовой культуре появилось множество фантазий на тему новых устройств и существ, которые облегчат нашу жизнь, таких как робот-домохозяйка Роза из мультсериала «Джетсоны» (The Jetsons), и немало пугающих сценариев технологического развития, ведущих к возникновению новых угроз, таких как взбунтовавшийся компьютер HAL 9000 из фильма Стэнли Кубрика «Космическая одиссея 2001 года» (2001: A Space Odyssey).

Сегодня ИИ приобретает все больше когнитивных способностей, которые мы привыкли приписывать только человеку, таких как общая обучаемость и высокоуровневая интеллектуальная деятельность. Программы, использующие машинное обучение, побеждают людей в играх, в которых, как некогда считалось, требуется человеческая интуиция. Компьютеры уже способны проходить простой тест Тьюринга, созданный, чтобы отличать человека от машины. В 2014 году чат-бот, представлявший 13-летнего Женей Густманом (Eugene Goostman)*, убедил более 30% собеседников, что с ними общается живой человек¹²³.

* Был создан американским программистом Владимиром Веселовым, украинским программистом Евгением Демченко и российским программистом Сергеем Уласенем. — *Прим. ред.*

Достижения в области разработки передовых материалов и сенсорных технологий улучшили восприятие, движение и когнитивные способности машин. Дроны (летающие роботы) и промышленные роботы, например, используемые для сборки автомобильных деталей без участия человека, используют ИИ для решения сложных задач навигации и взаимодействия. Самоуправляемые роботы (автономные машины) могут делать то, что раньше было под силу только людям, например водить грузовики по автомагистралям¹²⁴. Человекоподобные роботы начинают использоваться в качестве персональных помощников и компаньонов, превращая научную фантастику в реальность.

По всему миру появляется все больше учебных программ и исследований в области ИИ и робототехники¹²⁵. Обработывая наборы данных, слишком большие для анализа человеком, приложения на основе ИИ решают такие проблемы, как моделирование климата, расчет сценариев ядерной угрозы и управление крупномасштабными сетями датчиков. Также они способны собирать новую финансово значимую информацию, анализируя большие объемы общедоступных данных. Например, компания Orbital Insight начала применять машинное обучение для обработки снимков низкого разрешения, полученных от спутников Landsat (в США) и Sentinel (в Евросоюзе). Это позволило точнее и быстрее идентифицировать объекты и получать важную информацию, например, о промышленности, выбросах веществ, инфраструктуре и индикаторах океанических процессов, что дает очевидную выгоду для бизнеса, общества и правительства. ИИ не только помогает обосновывать решения, но и может их самостоятельно принимать: по некоторым прогнозам, в будущем к ИИ перейдет функция управления хеджевыми фондами, и уже как минимум одна инвестиционная компания имеет в составе совета директоров программу с искусственным интеллектом¹²⁶.

Чем лучше искусственный интеллект принимает решения, тем лучше работают вместе с человеком роботы, управляемые этими решениями, и наоборот. Если робот Рози когда-нибудь станет реальностью, машины должны учиться распознавать человеческие ценности посредством наблюдений. Пока роботы учатся все лучше обслуживать нас, обучать студентов, управлять летательными аппаратами, оперировать пациентов и проводить поисково-спасательные операции, вопросы доверия приобретают первостепенное значение. По мере того как мы привыкаем к ИИ в повседневной жизни, взаимодействие с ним может превращаться в тот инструмент, посредством которого мы интерпретируем мир вокруг нас, — это можно сравнить с управлением самолетом по приборам в плохую погоду. Если вдаваться в крайности, существует вполне реальная опасность военизации ИИ и роботов государствами и частны-

УМНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Стюарт Расселл (Stuart Russell), профессор компьютерных наук Калифорнийского университета, Беркли, США

Исследования в области ИИ быстро продвигаются, новые возможности появляются все чаще и привлекают новые инвестиции в исследования. В этой области не так много специалистов, считающих, что возможности машинного интеллекта ограничены, и еще меньше тех, кто верит в его самоограничение. Поэтому следует предусмотрительно предполагать, что машины превзойдут человека. Как заявил Алан Тьюринг в 1951 году: «Если машина сможет думать, она будет делать это лучше нас... Этой новой угрозой... ...определенно стоит обеспокоиться»¹³⁰.

Пока самый распространенный способ создания машин, обладающих общим интеллектом, заключается в предоставлении им целей, которых нужно достичь, и алгоритмов, позволяющих искать способы достижения этих целей. (Вместо этого можно жестко запрограммировать поведение машины, но это будет означать, что всю умственную работу проделали люди, что противоречит концепции искусственного интеллекта и просто невозможно, даже для таких простых задач, как игра в шахматы.) К сожалению, как убедился царь Мидас на своем печальном опыте, мы не знаем, как формулировать желаемые цели достаточно полно и точно, чтобы машина не смогла найти нежелательный путь их достижения. Это проблема соответствия ценностей: если достаточно способной машине даны цели, не соответствующие тому, что мы в действительности хотим, или даже просто неполные, то получается, что мы играем с машиной в шахматы, где доска — это мир, а наши фигуры — человечество. Тьюринг в качестве возможного решения предлагал «отключать питание в стратегически важные моменты», но сверхинтеллектуальная машина наверняка предпримет действия, чтобы предотвратить это — не из-за инстинкта самосохранения, а потому что не сможет достичь поставленных перед ней целей, будучи мертвой.

Мы должны исходить из того, что достаточно способная система решит любую поставленную перед ней задачу, поэтому необходимо определять задачи так, чтобы найденное машиной решение было доказуемо выгодным для человека. Звучит как оксюморон, но в действительности это возможно. Основная идея в том, что цель машины должна заключаться в максимально полном достижении выгодных для человека целей, но изначально она не будет знать, что это за цели. Именно эта неопределенность позволяет избежать одностороннего и потенциально катастрофического преследования неполных или ошибочных целей. Первоначальную неопределенность

машина может постепенно исправлять, наблюдая за действиями людей, получая информацию о настоящих, основополагающих целях. Как минимум в некоторых случаях человеку будет лучше с такой машиной, чем без нее. Возможно даже убедить машину, чтобы она позволила отключить себя (так что Тьюринг, может, был и прав): рационально мыслящий человек сделает такое только в том случае, если высок риск совершения машиной чего-то противоречащего истинной цели человека, которая по определению является также целью машины, так что и машине в таком случае будет выгодно ее отключение.

Эти идеи дают слабую надежду на то, что мы выработаем инженерную дисциплину, позволяющую найти безопасный подход к извлечению пользы из систем на основе ИИ. Разумеется, есть определенные сложности: люди — своенравные, иррациональные, непоследовательные, слабовольные, не поддающиеся расчетам и не похожие друг на друга существа, так что изучать человеческие ценности, наблюдая за человеческим поведением, — сомнительное занятие. С другой стороны, ближайшие перспективы разработки, такие как интеллектуальные персональные помощники и домашние роботы, дают очень сильный стимул к тому, чтобы разобраться с ценностями: помощники, заказывающие гостиничные номера по 20 тыс. долларов за ночь, и роботы, готовящие на ужин блюда из домашних питомцев, вряд ли приобретут популярность.

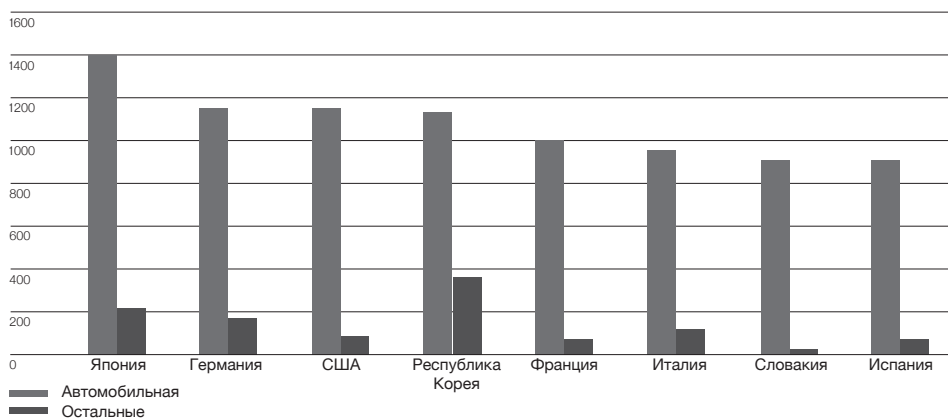
ИИ СКОРО БУДЕТ УЧИТЬСЯ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

Исследования в области ИИ имеют свои трудности. В настоящее время эталоны для сравнения устанавливаются путем грубого перебора и сопоставления шаблонов, и незначительные изменения во входных сигналах могут полностью нарушить модели машинного обучения. Возможно, текущие подходы имеют недостаточную конструктивную прочность, чтобы научить ИИ справляться с самыми сложными задачами, такими как решение проблемы «здорового смысла» или воссоздание ситуативных моделей. Исследователи хотели бы, чтобы машины могли действовать, исходя из ситуативного контекста, и делать общие выводы, не проходя предварительное обучение на огромных наборах данных, но пока это невозможно. Вероятно, новые технологии, такие как квантовые вычисления, смогут изме-

нить подходы ИИ к получению информации о проблемах и позволят ему учиться посредством получения обратной связи, а может, даже имитировать человеческие когнитивные функции познания мира. Если это произойдет, искусственный интеллект сможет приносить экономическую выгоду, работая без свойственных человеку ошибок и усталости.

Даже без таких прорывов прогресс идет быстро, и надежды высоки. Разрабатываются роботы для полетов на Марс, для помощи медицинским работникам и даже для создания роботов¹³¹. Однажды могут появиться полчища крошечных роботов под управлением облачного ИИ, обеспечивающие интеллектуальные приложения на централизованных серверах данными, необходимыми для координации и распределения ресурсов. ИИ уже проникает в профессиональные области, требующие обширных знаний, такие как журналистика, медицина, бухгалтерия и юриспруденция. Даже если юристы и врачи не будут заменены полностью, интеллектуальные приложения, способные синтезировать и анализировать примеры из практики и диагностические снимки, изменят эти профессии. А пока ИИ активно улучшает себя, инвестиции в индустрию робототехники в 2019 году, по некоторым оценкам, превысят 135 млрд долл., что почти в два раза больше инвестиций 2015 года¹³². Автомобили не только станут ездить без водителей, но и, скорее всего, будут производиться без участия человека, особенно если учесть, что автомобильная промышленность стоит на первом месте по числу приобретаемых роботов (рис. 17)¹³³.

Рисунок 17. Число многоцелевых промышленных роботов (всех типов) на 10 тыс. рабочих в автомобильной и всех остальных индустриях, 2014 г.



Источник: Pittman (2016)

Во многих сферах экономики повышение уровня автоматизации может привести к созданию новых типов рабочих мест и исчезновению старых. Например, автоматизация грузоперевозок может привести к сокращению рабочих мест в сфере логистики¹³⁴.

Усиление влияния ИИ и робототехники на рынок труда ожидается как в развитых, так и в развивающихся регионах. В США риску автоматизации подвергается от 10% до 50% всех рабочих мест^{135,136}. В Китае компания Foxconn за два года заменила роботами 60 тыс. рабочих на фабриках¹³⁷. Автоматизация может отрицательно сказываться на индустриализации в развивающихся странах, уменьшая преимущества дешевой рабочей силы: если раньше многие производства было выгодно размещать в развивающихся странах, то теперь происходит отказ от этой практики¹³⁸.

Последствия для глобальной экономики обширны и непредсказуемы. Экономисты создают возможные экономические модели, учитывающие автоматизацию труда, тогда как образовательные учреждения пытаются предсказать, какие навыки потребуются завтрашним работникам¹³⁹. Необходимость многостороннего взаимодействия и сотрудничества никогда не была выше, чем сейчас, и, чтобы удовлетворить ее, законодатели, руководители коммерческих и общественных организаций должны искать компромиссы между экономическими и социальными целями. Внимания требуют также вопросы безопасности и уязвимости ИИ. Хотя специализированный искусственный интеллект предлагает обществу огромные возможности, его можно обмануть, взломать или ввести в заблуждение. Необходимо убедиться, что решения, принимаемые машинами, не подвержены посторонним влияниям и не могут быть изменены посредством кибератак.

В основе этой важнейшей проблемы лежит другая, имеющая еще более широкие последствия: механизмы принятия решений, используемые алгоритмами машинного обучения, часто остаются неясными для людей-разработчиков, что поднимает вопрос о приемлемости делегирования власти этим алгоритмам. В мире людей доверие глубоко связано с обоснованием решений. Например, даже если ИИ будет лучше людей прогнозировать, кто из заключенных снова нарушит закон или кто из заемщиков не выплатит кредит, мы не будем удовлетворены принимаемыми машинами решениями, если они не смогут объяснить их. Это особенно справедливо для алгоритмов, проявляющих предвзятость после обработки наборов данных, отражающих человеческую предвзятость. Они могут выявлять полезные закономерности, но без машинного понимания мы будем считать их решения некорректными. В первую очередь нам необходимо заняться следующими вопросами:

- Этические стандарты. Требуется создать принципы и руководящие положения, формирующие этические стандарты и нормативные ожидания, предъявляемые к автономным процессам и машинам. Различные органы и группы, включая Исследовательский совет по инженерным и физическим наукам Великобритании (EPSRC), предлагают «принципы робототехники», но общего глобального набора стандартов пока не существует¹⁴⁰.
- Управление искусственным интеллектом и робототехникой. Недостаток общей компетентности в области исследования и применения ИИ затрудняет прогнозирование. Кроме того, сложно определить, какие органы должны принимать решения, определяющие политику относительно ИИ. Признание этих факторов поможет создать пространство для внедрения процедур инновационного управления и откроет возможности для создания новых типов комитетов, агентств и консультативных групп, чья власть еще не укрепилась.
- Разрешение конфликтов. В настоящее время нет установленных рамок или рекомендаций по разрешению конфликтов, связанных с применением систем ИИ. Разработке этих рамок мешают сложности с распознаванием потенциальных конфликтов. Например, исследования в области ИИ не регулируются, хотя продукты, использующие ИИ, могут регулироваться, в результате чего бремя регулирования возлагается на уровень производства продуктов.

Вопрос о том, насколько глубоко ИИ будет интегрирован в экономику, рынок труда и другие сферы, включая наши тела, только начал широко обсуждаться. Чтобы понять, к каким результатам может привести развитие ИИ и робототехники, необходимо думать о будущем и рассматривать эту проблему с самых разных точек зрения.

ДЕСЯТЬ ФАКТОВ О ИИ, КОТОРЫЕ СЕГОДНЯ ДОЛЖЕН ЗНАТЬ КАЖДЫЙ

1. ИИ меняется со временем. Сегодня искусственным интеллектом чаще всего называют машинное обучение — программные подходы, использующие различные алгоритмы и методы, такие как линейная регрессия, деревья решений, Байесовы сети, эволюционные алгоритмы и искусственные нейронные сети. В 1960-х годах крупнейшим достижением ИИ были подвижные роботы, сегодня — победа над мастерами игры го. Наше представление

- о том, что такое искусственный интеллект, меняется с прохождением каждой важной вехи в этой области.
2. Универсальный искусственный интеллект пока не создан, но мы уже окружены «узкоспециализированным ИИ». Сегодняшние интеллектуальные системы все лучше справляются с выполнением конкретных, четко поставленных задач, но им все еще недостает понимания более широкого контекста и здравого смысла — того, что люди считают само собой разумеющимся. Тем не менее поисковые алгоритмы Google, способность вести диалог, которой обладает программа-помощник Siri, разработанная компанией Apple, и прогнозирование следующего слова, которое вы собираетесь напечатать на смартфоне, — все это примеры узкоспециализированного ИИ. Другие важные, но менее заметные применения ИИ — средства обеспечения кибербезопасности, контекстная реклама в Интернете, системы управления промышленными роботами и автономными автомобилями, методы обобщения текстовой информации и диагностики определенных заболеваний.
 3. ИИ, роботы и люди работают лучше, когда делают это вместе. Люди, играющие в шахматы при помощи шахматных программ на основе ИИ, побеждают и других людей, и другие компьютеры, играющие без человеческой поддержки¹⁴¹. Интеллектуальные роботы тоже выигрывают от сотрудничества с людьми: Университет Карнеги—Меллона создал коллаборативных роботов CoBot, которые помогают посетителям найти место встречи и выполняют различные задания, например приносят документы. Эти роботы просят у людей помощи, когда им требуется, например, поднять объект, вызвать лифт или найти дорогу домой, если они потерялись.
 4. Системам на основе ИИ требуется наша помощь в установке целей. Возможно, мы преувеличиваем угрозу появления в ближайшем будущем «искусственного сверхинтеллекта», но нельзя сомневаться в том, что интеллектуальные системы могут привести к вредным или непредвиденным последствиям, если мы не позаботимся о направлении их к нужным нам целям. Как сказал Стюарт Расселл, ключ к успеху — учить ИИ вести наблюдения за людьми и сопоставлять свои цели с целями и ценностями человека.
 5. Многие из сегодняшних интеллектуальных систем работают по принципу «черного ящика». Мы не до конца понимаем, как некоторые из наиболее популярных алгоритмов машинного обучения, например искусственные нейронные сети и методы глубокого обучения, приходят к своим выводам. Разобраться в этих процессах технически возможно, но ИИ может изменить используемый подход во время принятия следующего решения. Это значит, что результаты проверить сложно, и это в некотором смысле ограничивает возможность людей учиться у машин, самостоятельно принимающих решения.

6. Ресурсы, на основе которых создается искусственный интеллект, открыты и общедоступны. Значительная часть инновационной работы в области машинного обучения выполняется исследовательскими отделами университетов и коммерческих организаций по всему миру. Немалая доля полученных знаний публикуется в открытых источниках, и на это есть веские основания: без прозрачности нам будет нелегко изолировать проблемы и вносить важные корректировки. Нужно всего несколько минут, чтобы найти расположенного в облаке интеллектуального «бота», который поможет в обработке естественного языка или распознавании изображений.
 7. Для использования ИИ необходимо упорядочить данные. Хотя существуют системы ИИ, помогающие извлекать пользу из данных, полученных из открытых источников, для применения частных данных в машинном обучении необходимо соответствующим образом организовать и защитить их. Управление данными — одна из самых больших сложностей для многих организаций. К счастью, разрабатываются системы ИИ, помогающие искать данные в системах и на серверах компаний и подготавливать их для использования.
 8. Даже лучшие интеллектуальные системы подвержены ошибкам и отклонениям. Точность и полезность любого алгоритма зависит как от особенностей самого алгоритма, так и от данных, используемых для обучения. Есть множество примеров того, как мощные алгоритмы давали сбои и приходили к совершенно неверным результатам из-за некорректных спецификаций или выбора неподходящих данных для обучения.
 9. ИИ и робототехника не сделают человека ненужным, а изменят его задачи. За очевидными исключениями (такими как водители, доставляющие грузы, и кассиры в супермаркетах), полной автоматизации поддается довольно небольшой процент рабочих мест. Вместо этого, как показали исследования компании AlphaBeta, самым значительным влиянием ИИ и роботов на будущий рынок труда будет автоматизация ряда повторяющихся или технических задач, благодаря чему люди получают больше времени для творческой работы и межличностного взаимодействия.
 10. Влияние ИИ и робототехники зависит от того, как мы будем использовать эти технологии. Определяющее значение будут иметь способы их практического применения для решения реальных проблем. Поэтому с расширением возможностей и влияния интеллектуальных систем и роботов будет расти и важность принимаемых директорами и менеджерами решений относительно того, где и когда их использовать.
-

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. В последние годы возможности ИИ быстро расширяются благодаря методам машинного обучения, использующим преимущества, предоставляемые постоянно увеличивающимися объемами доступных данных, многочисленными датчиками и растущими вычислительными мощностями. Машинное обучение достигло уровня, на котором стало возможно достаточно близко имитировать человеческие действия (или превосходить их) в определенных рамках, например, в компьютерных играх, обработке запросов потребителей, медицинской диагностике и управлении автономными автомобилями.
2. В последние десять лет потенциал робототехники вырос благодаря использованию ИИ для управления новыми физическими системами. Люди и машины, работая вместе, смогут сократить число задач, для выполнения которых необходимы специально обученные опытные специалисты — врачи, юристы, пилоты, водители грузовиков. Это создает беспокойство относительно того, какой будет роль человеческой компетенции и насколько нужны будут человеческие суждения и интеллект для выполнения многих функций, которые можно делегировать автоматизированным системам.
3. Инновационные компании и предприниматели, использующие искусственный интеллект для анализа больших наборов свободно доступных данных, таких как спутниковые снимки, превращают эти данные в новый источник ценности. Использование ИИ в качестве генератора новых идей на основе свободно доступных данных вносит важный вклад в экономику и науку и может приносить большую пользу для принятия решений в таких областях, как мониторинг и защита окружающей среды.
4. Этические вопросы использования ИИ и робототехники имеют высокий приоритет у многих людей и организаций, поскольку ИИ способен повлиять на все аспекты нашей жизни, от рынка труда до управления автомобилями и принятия решений о выдаче кредитов. Эти этические вопросы часто связаны с вопросами прозрачности, согласия пользователей и предвзятости, заложенной в алгоритмы, на основе которых работает ИИ.
5. В области ИИ и робототехники потребуются коллективные усилия по управлению, поскольку вопросы урегулирования конфликтов, определения этических стандартов, норм использования данных и общей политики приобретают приоритет в глобальном масштабе. Например, роботы под управлением ИИ, такие как смертоносное автономное оружие, вызывают глубокую обеспокоенность международных организаций, понимающих угрозу их использования в глобальных и местных конфликтах.

ГЛАВА 9

ПЕРЕДОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ*

МАТЕРИАЛЫ – ЭТО СТРОИТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ ДЛЯ ИННОВАЦИЙ ЧЕТВЕРТОЙ промышленной революции. В следующие 20 лет умение манипулировать, в том числе на атомном уровне, базовыми элементами, из которых состоят материалы, поможет в решении многих насущных мировых проблем. Инновации будут возникать под влиянием цикла обратной связи: достижения в материаловедении помогут совершать прорывы в вычислительных технологиях, а те в свою очередь помогут ученым создавать новые продукты — от синтетических организмов до графеновых аккумуляторов.

Возможно, датчики научатся преобразовывать тепловые отходы в электричество, наноботы смогут доставлять лекарственные препараты в ткани для восстановления клеточных повреждений, а материаловедение поможет решить множество других проблем, но все это требует тщательных исследований и долгосрочных инвестиций. Впрочем, новые материалы и нанотехнологии могут принести не только пользу. Нанозагрязнения способны нанести огромный ущерб экологии, нанодатчики создадут большую угрозу для конфиденциальности и безопасности, а передовые материалы могут использоваться для создания более мощных взрывчатых веществ и химического оружия. Если мы хотим применять новые способы управления материальным миром с максимальной выгодой для бизнеса, общества и окружающей среды и минимальным непредвиденным ущербом, необходимы общие рамки управления и обширные исследования экологических последствий.

* При участии Алана Аспуру-Гузика (Alán Aspuru-Guzik), профессора кафедры химии и химической биологии Гарвардского университета, США, и Совета Всемирного экономического форума по глобальным вопросам развития передовых материалов.

СЛИЯНИЕ, РАСХОДЫ И ВРЕМЕННЫЕ РАМКИ

Разработка передовых материалов повлияет на большинство, если не на все аспекты Четвертой промышленной революции (рис. 18). Достижения в этой области необходимы для развития технологий, относящихся к самым разным областям, таким как производство, хранение и передача энергии, очистка воды и создание потребительской электроники. Материалы могут быть незаметны, но они буквально создадут другой физический мир. Они реорганизуют цепочки поставок, преобразуют окружающую среду и изменят потребительское общество. Новые материалы нужны для удовлетворения постоянно растущих требований к производительности. Миру необходимо рациональное производство таких материалов для решения глобальных проблем человеческой цивилизации. Слияние технологий и отраслей науки поможет получить от передовых материалов и нанотехнологий максимум пользы. Например, разработка искусственного интеллекта и роботизированных платформ в сочетании со зрелыми экосистемами стартапов может значительно ускорить инновации в этом пространстве.

В идеале компоненты для создания передовых материалов должны добываться экологически ответственными способами, состоять из распространенных на Земле элементов и производиться с использованием экологически безопасных процессов, интегрированных в круговую экономику. Кроме того, они должны иметь низкую токсичность и наносить окружающей среде минимум ущерба. Тем не менее одних лишь рыночных стимулов, включая потребительский спрос и риск для репутации, может быть недостаточно, чтобы производители материалов приняли на себя ответственность за последствия для окружающей среды.

С появлением на рынке новых материалов необходимо разрабатывать стратегии их эффективной переработки, повторного и альтернативного использования. Кроме экономической мотивации и угрозы для репутации, для возложения на производителей ответственности за ущерб окружающей среде необходимо законодательное регулирование. К счастью, для обеспечения экологичности можно использовать инновационные решения, предлагаемые другими технологиями Четвертой промышленной революции. Например, технологии блокчейн позволяют создать международную базу надежных источников материалов и реестр записей о вторичном сырье.



ТЕХНОЛОГИИ
ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ
РЕВОЛЮЦИИ
НЕ ОСТАНОВЯТСЯ
НА ПРОНИКНОВЕНИИ
ВО ВСЕ ОБЪЕКТЫ
ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА:
ОНИ СТАНУТ ЧАСТЬЮ
НАС САМИХ.



Кроме того, базы данных могут способствовать установлению связей между участниками для организации переработки и использования отходов производства.

Еще одна проблема, требующая внимания, — прибыльность новых технологий. Для массового производства материалов необходимы более высокие показатели эффективности и снижение расходов. Например, человечество никогда не хранило энергию в масштабах, необходимых для работы предприятий. Для перехода на возобновляемые источники энергии из-за присущей им нестабильности потребуются хранилища тераваттной емкости. Одна из инноваций, способных сократить расходы на хранение энергии, — проточные батареи. Это многообещающие хранилища энергии, но, чтобы они были конкурентоспособны на большинстве энергетических рынков, стоимость высокопроизводительных мембран должна снизиться на 50%. К тому же в некоторых проточных батареях используются переходные металлы, такие как ванадий, которые недостаточно распространены в природе, чтобы их можно было использовать для массового хранения экологически чистой энергии.

Рисунок 18. Примеры передовых материалов и продуктов химической промышленности, используемых в разработке важнейших технологий

		Скорость распространения инноваций	Примеры продуктов химической промышленности и передовых материалов
ТРАНСПОРТ	 Электромобили	Годовые продажи электромобилей 2020: 4,9 млн	Пластик, композитные материалы, аккумуляторы
	 Дроны	Объем рынка дронов* 2015: 10,1 млрд долл. 2020: 14,9 млрд долл.	Пластик, композитные материалы, аккумуляторы
МОБИЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА	 Смартфоны и планшетные ПК	Число используемых мобильных устройств 2015: 8,6 млрд 2020: 12,1 млрд	Подложки, соединительные платы, прозрачные проводники, барьерные пленки, фоторезисторы
	 Гибкие экраны (например, для носимых устройств, телевизоров, устройств виртуальной реальности)	Рынок экранов AMOLED** 2016: 2 млрд долл. 2020: 12,1 млрд долл.	Подложки, соединительные платы, прозрачные проводники, барьерные пленки, фоторезисторы
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СВЯЗЬ	 Высокоскоростной Интернет	Скорость фиксированной широкополосной связи 2015: 24,7 Мб/с 2020: 47,7 Мб/с	Сверхчистый хлорсилан
	 Интегральные схемы с большей эффективностью и меньшим размером	Размер логического элемента процессора 2015: 14 нм 2019: 7 нм	Диэлектрики, коллоидная двуокись кремния, фоторезисты, средства увеличения выхода продукции, средства удаления фаски***

* Для коммерческого использования, обороны и обеспечения национальной безопасности.

** Активная матрица на органических светодиодах (Active Matrix Organic Light-Emitting Diode, AMOLED).

*** Снятие фасок с кромок полупроводниковых пластин производят для удаления и предотвращения возникновения сколов на острых кромках пластин, а также для предотвращения образования на кромках пластин утолщения слоев технологических жидкостей, полупроводниковых материалов и диэлектриков. — Прим. ред.

Источник: Всемирный экономический форум (2017 г.)

Для открытия, разработки и внедрения новых материалов всегда требовались большие капиталовложения. Кроме того, эти процессы занимают много времени: обычно новые технологии материалов выходят на рынок после 10 или 20 лет фундаментальных и прикладных исследований. Здесь тоже могут помочь другие технологии Четвертой промышленной революции. Роботизированные платформы, использующие искусственный интеллект и крупные базы данных о материалах, способны значительно ускорить разработку передовых материалов. Еще одну проблему, но в то же время и возможность ускорить открытие новых материалов представляет передача знаний между вертикалями индустрий. Для преобразования существующих механизмов открытия новых материалов и перехода на интегрированные платформы необходима поддержка правительства, бизнеса и стартапов. Прогресс в этой области требует непрерывных исследований, долгосрочных инвестиций и многостороннего диалога между участниками.

РАСШИРЕНИЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бернард Мейерсон (Bernard Meyerson), директор по инновациям корпорации IBM, США

Сказать, что передовые материалы прочно входят в нашу жизнь — все равно что ничего не сказать. В исторической перспективе видно, что новые материалы позволяли преобразовать жизнь человека, о чем свидетельствуют названия эпох: каменный век, бронзовый век, железный век. Одна только эволюция орудий труда приводила к революционным изменениям в жизни на планете в каждую из этих эпох, и в последнее время темп этой эволюции значительно ускорился.

Так, усовершенствования всего в одной области — полупроводниковых материалах — произвели революцию в современном обществе. Повсеместное распространение вычислительных и коммуникационных технологий стало возможным благодаря улучшению технологии производства полупроводников более чем в миллион раз за прошедшие четыре десятилетия. В результате огромных продвижений в материаловедении примерно за 40 лет мы прошли путь от отправки человека на Луну с помощью компьютеров, обладающих памятью около 4 Кбайт, до повседневного использования смартфонов, способных без проблем обращаться к 64 Гбайт данных. Проблема в том, что такие темпы нельзя сохранять вечно, а изменение давно сложившихся тенденций может вызывать большие сложности.

Стабильный прогресс привел к уменьшению толщины слоя полупроводниковых материалов в транзисторах до нескольких атомов. При таких размерах начинает проявляться действие законов квантовой механики, что делает следующее поколение материалов бесполезным для практического применения. Поэтому исследования в области передовых материалов направлены на поиск альтернативных путей. Понимая всю серьезность этой проблемы, мы уже можем утверждать, что нас ждут значительные сдвиги, связанные с потенциальными источниками дальнейшего прогресса в информационных технологиях и необходимы для продвижений в этой сфере знаниями и навыками.

Практически все разработки в области передовых материалов имеют свои последствия для общества. Более того, взаимозависимости этих разработок и социальные последствия весьма значительны. Рассмотрим для примера задачу обеспечения питьевой водой мирового населения, которое в ближайшие двадцать лет вырастет на несколько миллиардов человек. По мере истощения существующих резервуаров и водоносных горизонтов жизненно важную необходимость приобретут энергоемкие методы получения воды, такие как обессоливание. Для широкомасштабного применения этого метода, основанного на очистке обратным осмосом, потребуются более эффективные мембранные материалы.

Однако даже при существенном улучшении мембран потребуются огромные объемы новых энергоресурсов. Передовые материалы помогут решить и эту проблему.

Чтобы получить возможность генерировать энергию, не усугубляя глобальное потепление, необходимы значительные продвижения в разработке материалов, применяемых в энергетических технологиях. Для более эффективного получения возобновляемой энергии с помощью ветрогенераторов, фотоэлектрических и гелиотермических установок требуются улучшенные материалы. Возможно, еще большее значение имеет способность эффективного хранения и извлечения такой энергии, а для этого необходимы материалы, позволяющие усовершенствовать аккумуляторы и повысить шансы на то, что возобновляемые источники заменят традиционные. Есть и другой вариант — инкапсуляция ядерного топлива для создания экономичных ядерных реакторов, использующих газовое охлаждение. При надежной системе удержания топлива и возможности использовать в случае аварии пассивное воздушное охлаждение такие реакторы будут достаточно безопасными.

Глобальные проблемы, с которыми общество сталкивается в условиях постоянно растущего спроса на истощающиеся природные ресурсы, требуют технических и социальных инноваций, позволяющих решать насущные вопросы. Большую помощь в поиске таких решений нам могут оказать достижения в области разработки новых материалов.

МОТИВАЦИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО И КАПИТАЛЬНЫЕ ИНВЕСТИЦИИ

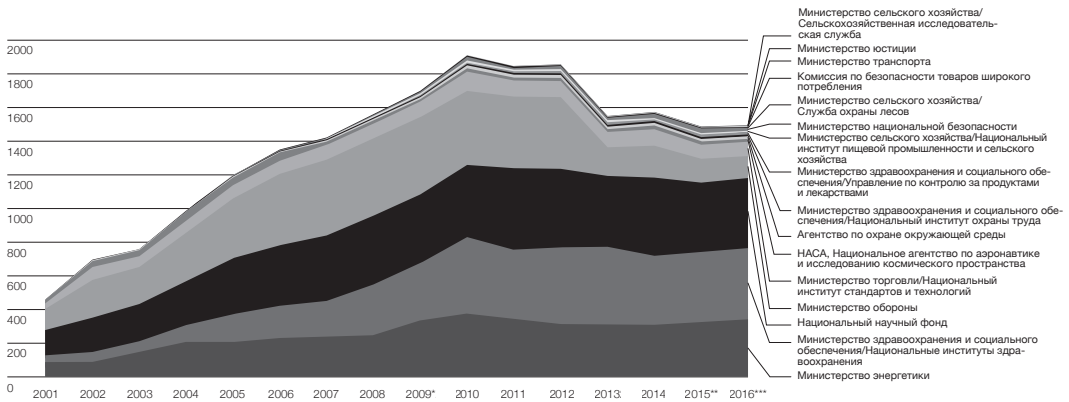
Чтобы новые материалы и нанотехнологии приносили коллективную выгоду, необходимы общие усилия. Для формирования междисциплинарных групп, занимающихся исследованием, производством и интеграцией передовых материалов, потребуется поддержка академического сообщества, правительства и бизнеса. Чтобы решать стоящие на повестке дня вопросы относительно передовых материалов, необходимы международные коалиции. К счастью, в этой области уже есть примеры совместной работы: исследовательские проекты, такие как инициатива «Геном материалов» (Materials Genome Initiative), и международные коалиции, такие как Mission Innovation — группа, объединившая специалистов из 23 стран, работающих над созданием платформы для разработки передовых энергетических материалов.

Чтобы ускорить обнаружение и внедрение новых материалов, химическая промышленность уже использует инновационные модели из других областей. Например, в сфере разработки программного обеспечения объединение крупных промышленных игроков с предпринимательским капиталом и экосистемой стартапов привело к возникновению эффективного цикла разработки и развития. И хотя разработкой новых материалов занимается гораздо меньше стартапов, ситуация может измениться, если будут созданы инкубаторы, предоставляющие соответствующую инфраструктуру и мотивацию. Инвесторы, понимающие долгосрочность возврата вложений в эту область, должны осознавать и ее потенциал. При должной поддержке молодые компании смогут сосуществовать с крупными многонациональными консорциумами, придерживаясь соответствующих механизмов и культуры взаимодействия.

Такая среда разработки может приносить выгоду всем участникам, позволяя совершать революционные изменения и создавать материалы, которые станут основой для новых технологий и индустрий. В далеком будущем, когда станут обыденностью дальние космические полеты человека и ядерный синтез, для дальнейшего прогресса будут нужны материалы с ранее невозможными характеристиками, такими как устойчивость к высоким уровням радиации. Например, когда появятся космические колонии, им для производства всего необходимого из местного сырья потребуются миниатюрные модульные фабрики, которые будут иметь для человечества того времени то же значение, что и 3D-принтеры сегодня.

По мере развития Четвертой промышленной революции миру будут нужны новые материалы, и решать проблемы, связанные с этими материалами, должны будут коллективные лидеры, умеющие мыслить категориями долгосрочных перспектив, имеющие творческое мышление, способные фокусироваться на важнейших приоритетах снижения рисков.

Рисунок 19. Финансирование Национальной нанотехнологической инициативы США уже более 10 лет превышает 1 млрд долл.



* Данные 2009 года не включают финансирование Министерства энергетики (293 млн долл.), Национального научного фонда (101 млн долл.), Национального института стандартов и технологий (43 млн долл.) и Национальных институтов здравоохранения (73 млн долл.), полученное по закону об экономическом подъеме и реинвестировании в Америке.

** Данные за 2015 год спрогнозированы на основе принятых планов и могут не соответствовать действительным.

*** Бюджет 2016 года.

Источник: Национальная нанотехнологическая инициатива США (2017)

В начале 2000-х годов нанотехнологии получили много внимания, в основном обращенного на потенциальные угрозы, связанные с наночастицами, нанозагрязнениями и пресловутой «серой слизью»*. С тех пор правительственное финансирование различных организаций увеличилось (рис. 19). Внимание к нанотехнологиям и всеобщее беспокойство привели к появлению международных рекомендаций, таких как инструкции Международного совета по управлению рисками (International Risk Governance Council) для косметической и пищевой отраслей промышленности. Однако сейчас обсуждается более широкий ряд вопросов, включающий новые угрозы конфиденциальности, предоставляемые нанодатчиками и наноботами, способными прони-

* Популярный сценарий конца света, в ходе которого потерявшие управление автоматически размножающиеся наноботы постепенно поглотят все доступное им вещество Земли. — Прим. ред.

кать в защищенные пространства, и риск применения наноматериалов для создания взрывчатки и химического оружия. К множеству вопросов, требующих нашего внимания, можно добавить возможность нанесения другими продуктами, содержащими искусственные материалы, непоправимого ущерба нашему здоровью и окружающей среде.

Из-за разнообразия областей, в которых можно применять передовые материалы и нанотехнологии, сложно создать универсальные нормативные рамки. Зависимость индустрий от материалов не оставляет другого выбора, кроме решения возникающих проблем. Для управления рисками и поиска мотивации к разработке инновационных материалов все заинтересованные стороны должны объединить усилия для решения следующих вопросов:

- Отсутствие консенсуса в отношении проблем, которые можно решить как с помощью технологий, так и с помощью изменения поведения и структур стимулирования. С учетом того, что разные страны находятся на разных этапах развития и имеют разную степень готовности к управлению рисками, возникающими в погоне за экономической выгодой, необходимо согласование приоритетов на международном уровне. Заинтересованные стороны должны организовать сотрудничество для установления международных связей и общих рамок управления.
- Недостаток знаний о влиянии новых материалов и нанотехнологий на окружающую среду и здоровье людей затрудняет создание стандартизированной политики. Чтобы успокоить страхи, связанные с потенциальным вредом нанотехнологий, потребуются всесторонние долгосрочные исследования и институциональные принципы, утверждающие приоритет человеческого здоровья и безопасности окружающей среды.
- Ограничения, связанные с правами на интеллектуальную собственность, затрудняют обмен информацией, позволяющей лучше понимать, что происходит в этой области. Отсутствие точной информации о том, что уже достигнуто, затрудняет также создание эффективной политики для снижения рисков и обеспечения безопасности. Уменьшение юридических препятствий для обмена знаниями поможет ускорить инновационную деятельность.
- Поскольку масштабное производство передовых материалов и нанотехнологий может быть экономически невыгодным, увеличивается риск возникновения нежелательных последствий для окружающей среды и здоровья людей, способных повли-

ять на межгосударственные отношения. Для контролируемого применения этих революционных технологий потребуются совместные усилия международных лидеров.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Достижения в области материаловедения увеличивают возможности технологий, формирующих наш мир и влияющих на наши жизни. Компоненты передовых материалов станут неотъемлемой частью технологий, применяемых в каждой индустрии, и должны производиться экологически безопасными способами. Производители должны принять ответственность за влияние на окружающую среду, а не передавать ее дальше по цепочке создания ценности.
2. Процесс разработки материалов, начинающийся поиском инвестиций и заканчивающийся выходом на рынок, обычно занимает очень много времени (до нескольких десятилетий) и требует больших капиталовложений. Эти сроки можно сократить с помощью создания баз данных материалов и применения машинного обучения, но недостаток мотивации к долгосрочным инвестициям может угрожать инновационному циклу.
3. В результате слияния технологий и получения новых возможностей для инноваций возникнет необходимость в совместных усилиях экспертов, правительства и бизнеса для решения важных вопросов относительно разработки передовых материалов. Например, с помощью открытого финансирования и применения других технологий, таких как распределенные реестры, можно создать и поддерживать базы данных надежных источников материалов и вести записи о происхождении сырья.
4. Необходимость в многостороннем сотрудничестве и риски, связанные с передовыми материалами и нанотехнологиями, ведут к возникновению ряда проблем и делают маловероятной возможность создания универсальных нормативных рамок. По реакции на развитие нанотехнологий, включая инвестиции, создание правовых норм и рекомендаций, можно судить о том, как общество, эксперты и регуляторы отнесутся к другим похожим проблемам.
5. К основным проблемам, связанным с разработкой передовых материалов, можно отнести отсутствие консенсуса по важным вопросам, недостаток сведений о влиянии на экологию, ограничения, связанные с правами на интеллектуальную собственность, риск ухудшения межгосударственных отношений и препятствия для обмена знаниями, необходимыми для развития этой области.

АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И МНОГОМЕРНАЯ ПЕЧАТЬ*

СЕГОДНЯ ЖИТЕЛИ ОБЕСПЕЧЕННЫХ СТРАН ПОЛУЧАЮТ ТОВАРЫ И ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ со всего мира с помощью физических цепочек поставок. Технология 3D-печати способна изменить это. Возможно, в будущем мы придем к новому расцвету местного производства товаров личного пользования: например, одежды, электроники, инструментов, а также промышленных товаров и запчастей. Многие виды товаров с географической и культурной спецификой все еще будут создаваться в цифровом виде в различных уголках мира, но само производство можно будет перенести в наши города и регионы. В этом случае надобность в цепочках поставок и физической транспортировке товаров уменьшится, а логистические компании и центры, которые двигали вперед мировую торговлю последние несколько веков, пострадают. Эта технология, в отличие от технологий предыдущих промышленных революций, способна снизить интенсивность обмена физическими товарами, одновременно поднимая наши производственные возможности.

3D-принтеры пока достаточно редки, однако они быстрыми темпами идут к массовому распространению. По мере того как растет пропускная способность сетей, обновляются нормативные положения, связанные с данными, и упрощается передача файлов большого размера, эта технология будет открывать новые перспективы

* Материал предоставил Филл Диккенс (Phill Dickens), профессор производственных технологий, Университет Ноттингема, Великобритания.

для создания и персонализации продуктов — от предметов моды до медицинских имплантатов. Возможно, продукты превратятся в цифровые «рецепты» и различные поставщики начнут предлагать собственные версии. Конечно, такая радикальная демократизация производства также создает риски. Как минимум подобный сценарий бросил бы вызов существующим нормативным основам и подорвал бы модель индустриализации малоимущих стран, где экономическое развитие зависит от дешевизны труда. Как максимум он разрушил бы цепочки поставок и превратил бы интернет-провайдеров в прямых конкурентов транспортных компаний. В любом случае, развитие 3D-печати несет с собой новые серьезные вызовы и требует внимания как бизнеса, так и правительств.

ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕСТРОЙКА ПРОИЗВОДСТВА

Термины «3D-печать» и «аддитивное производство» (АП) описывают любые процессы создания физических объектов путем послойного нанесения материала. Этим они отличаются от традиционных производственных процессов, в которых объекты создаются путем отделения части материала, как при машинной обработке, или путем изменения формы заданного объема материала, как при отливке из пластика или металла. Однако эти термины не способны полностью передать прорывные способности новой технологии — к примеру, такие, как биопечать органических тканей или 4D-печать, которая предполагает преобразование созданного объекта с течением времени.

Процессы 3D-печати известны уже более 25 лет. В последнее время они привлекают к себе все больше внимания, так как стали миниатюрнее, дешевле, качественнее и гибче. Современные продукты 3D-печати имеют сложный состав, детализированную поверхность и большую точность изготовления. Хотя многие все еще ассоциируют эту технологию с производством мелких объектов из пластика, сегодня нам доступна печать из металла, керамики, бетона, а также из различных высокотехнологичных материалов. В их число входит, к примеру, графен (обеспечивает гибкость и прочность при малой толщине объекта), твердые сплавы на основе карбидов (если объект должен выдерживать огромные нагрузки, как, например, сверло или фреза) и экологичные биоматериалы (альтернатива пластику; воз-

можно печатать продуктов питания — например, макарон)¹⁴². Мульти-материальная 3D-печать уже существует и, вероятно, вскоре получит широкое распространение.

3D-печать позволяет производить меньшие объемы продукции, при этом перемещая сами производства ближе к потребителю, что повышает скорость доставки и снижает транспортные расходы. Таким образом, процесс отделения производителя от потребителя может оказаться обращен вспять. Он начался еще во время Первой промышленной революции, когда появление паровой машины снизило затраты на перевозку товаров, и продолжился с более недавними разработками в области контейнеризации и технологической координации, которые позволили перенести производства в развивающиеся страны с избытком рабочей силы. Траектории роста 3D-печати указывают на то, что она способна перевернуть всю систему производства, включая производственные, судоводные, логистические, транспортные, инфраструктурные, строительные, розничные и аэрокосмические компании, и оказать огромное воздействие на правительства, экономики и рынки труда как развитых, так и развивающихся стран¹⁴³.

Развитие 3D-печати будет согласовано с продвижением других технологий Четвертой промышленной революции. Оно постепенно облегчит производство уже упомянутых «умных» компонентов кибер-физических систем, содержащих интеллектуальные сенсоры, приводы и источники энергии, позволяющих генерировать и собирать данные. В свою очередь, новые вычислительные технологии, нанотехнологии, новые материалы и биотехнологии будут вносить вклад в развитие 3D-печати, открывая новые возможности для производственных процессов будущего.

Технология 3D-печати пока не достигла массового распространения. С ее помощью производится лишь 0,04% товаров по всему миру и менее одного процента — на территории США¹⁴⁴. Однако отрасль растет быстро: согласно данным компании Gartner, по всему миру в 2016 году было продано полмиллиона 3D-принтеров, что вдвое превосходит значение этого показателя в 2015 году; к 2020 году ожидается рост продаж до 6,7 млн 3D-принтеров¹⁴⁵. Компания Wohlers оценивает годовой показатель роста всей отрасли АП в 25%¹⁴⁶. В 2016 году компания PricewaterhouseCoopers определила, что 52% всех американских производителей ожидает применения 3D-печати в массовом производстве в течение следующих трех-пяти лет, а 22% предсказывают дестабилизацию цепочек поставок в это же время¹⁴⁷. Это означает, что траектория роста 3D-печати примет архетипическую форму «клюшки» с быстрым переходом линии роста из горизонтальной в вертикальную¹⁴⁸.

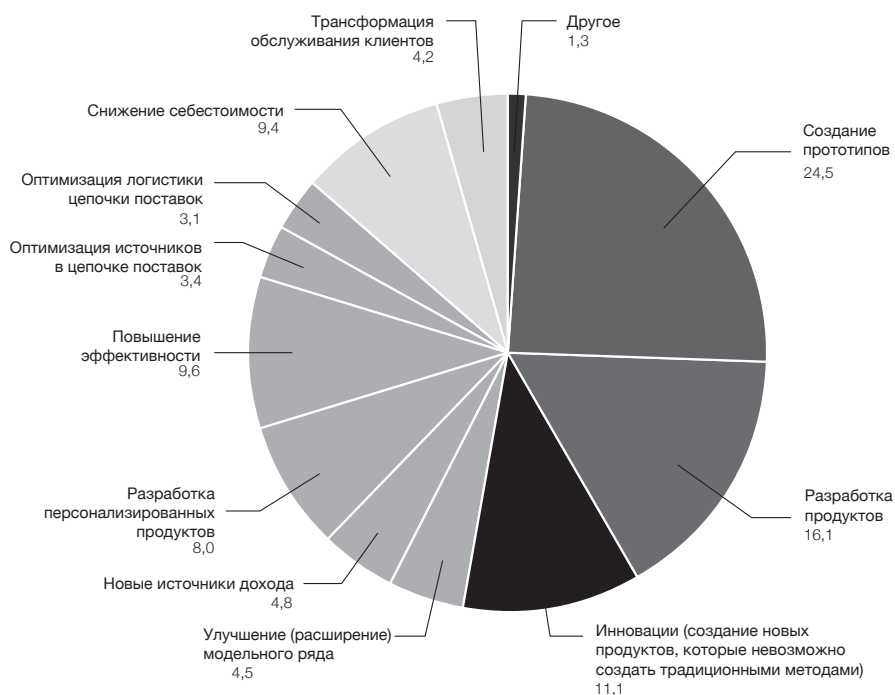
МАССОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПОД ЗАКАЗ: ОТ МОДНЫХ ВЕЩЕЙ ДО НАПЕЧАТАННЫХ ОРГАНОВ

3D-печать открывает беспрецедентную свободу создания продуктов, однако ее применение возможно практически на любом этапе цепочки создания стоимости (рис. 20). Так, некоторые компании — например, Boeing и GE — производят новые детали, которые упрощают сборку. 3D-печать позволяет производить более легкие детали, убирая излишки материала и используя решетчатые структуры для снижения массы и повышения теплоотдачи. Совершенствуется и контроль качества. Если раньше случайным образом оценивалось несколько деталей из большой партии, то теперь используются онлайн-системы контроля, которые проверяют форму, допуски и свойства материала внутри детали во время нанесения каждого слоя. Особую важность приобретает задача обеспечения целостности и безопасности цифровых шаблонов, которые применяются при распределенном производстве.

Сочетание малых объемов партий и свободы в создании продуктов повышает жизнеспособность производства под заказ. Растет распространение заказных предметов моды, персонализируемая 3D-печать также используется в медицине для создания зубных протезов, внутренних слуховых аппаратов и ортопедических имплантатов. Более того, вполне вероятно, что 3D-печать произведет революцию в сфере здравоохранения. Вероятно, мы вскоре увидим домашнюю печать лекарств, ведь население стареет, а технология становится более доступной. Сейчас уже возможна печать таблеток с несколькими активными ингредиентами, которые высвобождаются в заданной очереди и в нужном количестве. Правительствам и фармацевтическим компаниям вскоре придется рассматривать новые законодательные вызовы и бизнес-модели.

Печать живых тканей, или биопечать, также быстро развивается. Вероятно, в будущем станет возможна печать целых органов. При этом неизбежны этические и социальные проблемы, так как изначально эта технология, скорее всего, будет доступна лишь богатому меньшинству, что усилит неравенство в здоровье и продолжительности жизни. Кроме того, потенциальная возможность взлома человеческого генома, которой смогут воспользоваться потребители или злоумышленники, потребует всестороннего изучения и законодательной регуляции. Когда в руках общества окажутся аналоговые инструменты

Рисунок 20. Области применения аддитивной печати в производстве



Источник: Gartner (2014)

на цифровой основе, с помощью которых можно будет превратить человеческое тело в произведение искусства, или в рабочий аппарат, или даже в оружие, то человечеству придется ответить на важные вопросы о сущности самого человека как биологического объекта.

ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ В XXI ВЕКЕ

3D-печать непременно преобразит системы производства и потребления, а также глобальные цепочки ценностей. Первопроходцами этой технологии выступают компании, которые находятся в Северном полушарии, и большая часть аддитивных производств остается внутри границ тех стран, где они расположены. Так, в 2012 году около 40% систем 3D-печати находилось в Северной Америке, 30% — в Европе, 26% — Азии и Океании и лишь 4% в других местах¹⁴⁹. В некоторых случаях эффект от внедрения 3D-печати может оказаться не слишком серьезен, если новая технология просто

встроится в существующие цепочки ценностей на разных стадиях производства. В других же случаях может произойти масштабная перестройка: ведь 3D-печать способна полностью заменить собой процессы с низкой добавочной стоимостью, но большой трудоемкостью, для которых не требуется квалифицированная рабочая сила¹⁵⁰. Если распространение АП перерастет в крупномасштабное возвращение производств в развитые страны, то стратегии индустриализации развивающихся стран, которые основаны на дешевых, но трудоемких производствах, могут устареть — и тогда в этих странах произойдет скачок уровня безработицы среди молодого населения.

Нормативно-правовые основы, которые в настоящий момент регулируют производство, распространение и потребление товаров и услуг, также должны быть пересмотрены. Так, неясно, кто будет нести ответственность за брак, если продукты печатаются в местном центре 3D-печати или лично потребителем: создатель цифрового шаблона продукта, производитель 3D-принтера или человек, который управляет принтером?¹⁵¹ Какие режимы интеллектуальной собственности должны действовать в отношении обладания шаблонами 3D-печати и их передачи через государственные границы? Как адаптировать налоги на добавочную стоимость и системы пошлин?

Еще одна проблема, которая потребует совместной работы всех заинтересованных кругов, а также нормативно-правовых изменений, — это проблема безопасности. Возможность 3D-печати оружия способствует распространению, а не контролю: отдельные люди и негосударственные субъекты могут достаточно легко распространять цифровые шаблоны, с помощью которых будет производиться печать, вместо того чтобы распространять само оружие. Энтузиасты способны печатать оружие уже сейчас; по мере развития технологии они смогут вносить в конструкцию «печатного» оружия сложные материалы, включая биологические ткани, клетки и химические соединения.

ПОЛИТИКИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Филл Диккенс, профессор производственных технологий,
Университет Ноттингема, Великобритания**

Перед извлечением выгоды из технологий аддитивного производства стоит множество преград. Они одинаковы по всему миру, и их преодоление требует разработки новых международных стратегий и политик. В Великобритании уже идет работа в этом направлении.

Стратегия аддитивного производства, в настоящий момент разрабатываемая в стране, определила семь основных преград, общих для всего мира:

Проблема	Краткое описание известных преград и задач
Материалы	Понимание свойств материалов в контексте различных процессов, устройств и применений, гарантии качества, себестоимость, доступность (ограничения из-за проблем интеллектуальной собственности, независимости поставщиков), использование смешанных материалов, возможность переработки, биосовместимость
Разработка	Потребность в руководствах и учебных программах по разработке аддитивных продуктов; углубленное понимание ограничений АП, доступность дизайнеров, обладающих навыками для работы с АП, безопасность данных (шаблонов)
Наличие необходимой квалификации и образования	Отсутствие нужных квалификаций (в области разработки, производства, тестирования материалов), которое мешает внедрению; выбор между переобучением нынешнего кадрового состава и обучением нового поколения; повышение осведомленности потребителей, распространение информации в школах
Затраты, инвестиции и финансирование	Финансирование кампаний по повышению информированности и снижению рисков при внедрении (во время тестирования, масштабирования производства, закупки оборудования), особенно для малых и средних предприятий; понимание полных размеров затрат (включая пост обработку и тестирование); стоимость материалов
Стандарты и нормы регулирования	Отсутствие как общих, так и специфических стандартов для отдельных секторов (неформально принятых или официальных), особенно для авиатехники, здравоохранения, мотоспорта; отсутствие стандартов для процессов, материалов, программного обеспечения, продуктов и способов их применений
Проведение измерений, проверок, тестирования	Необходимость библиотек данных, стандартов для тестирования (как общих, так и для каждого сектора), тестов для финальных и промежуточных материалов, нагрузочных тестов, неdestructивных тестов, контроля качества с помощью организации открытого доступа к данным

Интеллектуальная собственность, защита, коммерческая тайна

Баланс между открытостью, нужной для обмена знаниями, с необходимостью коммерческой защиты для получения выгоды от вложений; обеспечение прав интеллектуальной собственности

Самой насущной и весомой является проблема недостатка квалификации и образования: если не решить ее, то решение остальных проблем не принесет выгоды. Для того чтобы получить выгоду, нужно немедленно повысить квалификацию существующих кадров. Но сначала потребуются разработать программу повышения осведомленности для старших руководителей, так как они должны будут разрабатывать новую стратегию для компаний.

Использование существующих компьютеризованных проектировочных систем для создания сложных деталей часто ведет к огромному размеру файлов, из-за чего программное и аппаратное обеспечение может отказывать или работать медленно. Даже когда создание детали успешно завершается, объем файлов ведет к проблемам при передаче данных. Для того чтобы в полной мере воспользоваться возможностями 3D-печати, разработчикам нужно понимать физические принципы, по которым работает продукт, а не создавать каждый раз слегка измененную версию продукта. Для этого потребуются совершенно новые рабочие инструменты, а также новые способы работы с программным обеспечением.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Технологии 3D-печати и аддитивного производства позволяют создавать детали и продукты, невозможные при использовании традиционных производственных технологий. Развитие этих технологий за последние 25 лет позволяет создавать предметы из различных исходных материалов со встроенными интегральными схемами, а также органические ткани.
2. 3D-печать оказывает воздействие на большинство отраслей, от пищевой отрасли до здравоохранения и аэрокосмической отрасли, предлагая уникальные продукты и услуги. Технология АП делает возможным экономически выгодное малосерийное производство, быстрое создание прототипов, а также децентрализацию и распределение производственных мощностей. Предполагается, что траектория роста этих технологий резко пойдет вверх в ближайшее десятилетие.

3. Одним из важнейших экономических результатов широкого распространения технологий АП может стать возвращение производства в развитые страны, так как технологии заменят собой дешевую рабочую силу. Вероятна озабоченность развивающихся стран из-за трудовых стратегий и безработицы.
4. Технологии АП требуют дополнительного внимания к вопросам собственности и ответственности за напечатанную продукцию ввиду распределенного характера ее цифровой разработки и физического производства, а также к пересмотру нормативной базы в отношении используемых цифровых шаблонов.
5. Как и в случае с другими технологиями Четвертой промышленной революции, комбинирование 3D-печати с другими технологиями — новыми материалами, интернетом вещей, технологиями распределенного реестра или биотехнологиями — открывает новые перспективы для инноваций, но также усиливает необходимость многосторонних обсуждений по вопросам стратегии и безопасности среди заинтересованных кругов.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ВСТАВКА

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ДРОНОВ*

Беспилотные транспортные средства выделяются среди остальных технологий Четвертой промышленной революции. В отличие от технологий распределенного реестра, квантовых компьютеров и геоинженерии, они уже давно вышли из стадии разработки. Дроны применяются в военных целях, они доступны и на коммерческой основе. Кроме того, они представляют собой пересечение аэрокосмических технологий, достижений в материаловедении, робототехнике и автоматизации. Они способны нести камеры и медикаменты, что позволяет применять их в спасательных операциях. Также они могут нести и бомбы. Дронами можно управлять вручную в зоне прямой видимости либо автоматически с помощью облачных техноло-

* Предоставил Томас Филбек, Всемирный экономический форум, с благодарностью за вклады: Дэвида Шима, адъюнкт-профессора аэрокосмического отдела Корейского института передовых технологий, Республика Корея; Андреаса Раптопулоса (Andreas Raptopoulos), генерального исполнительного директора Matternet, США; Дапо Аканде (Dapo Akande), профессора международного публичного права юридического факультета Оксфордского университета, Великобритания.

гий. Такое разнообразие в применении демонстрирует их гибкость: от инновационных методов спасения людей до экстремистских нападений. Дроны играют роль универсальных инструментов XXI века и демонстрируют нейтральность технологии: ведь благо или вред от их применения зависит исключительно от выбора человека. Конечно, как и в случае с другими технологиями, их дизайн, структура и назначение содержат в себе социальные установки и решения, что влияет на их использование. Само их существование является воплощением решений о том, что мы считаем ценным, что мы хотим создать, как мы представляем их назначение и чем мы готовы пожертвовать, чтобы раскрыть их потенциал.

Основа мотивации к разработке дронов лежит в их экономической ценности. Это верно для военного, полицейского, муниципального и коммерческого применения. Дроны снизили цену разведывательных операций, заменив собой пилотируемые самолеты, которые стоили в 10–50 раз дороже¹⁵². Их применение сократило время, необходимое для подготовки личного состава, кроме того, потеря дрона гораздо менее ощутима, чем потеря самолета стоимостью в десятки миллионов долларов. В гражданской авиации уже давно применяются автопилоты, но, как считает Дэвид Шим (David Shim), адъюнкт-профессор аэрокосмического отдела Корейского института передовых технологий, вполне вероятно, что первыми останутся без работы пилоты вертолетов. Большинство компаний, которые имеют в эксплуатации вертолеты, не занимаются перевозками пассажиров, поэтому их страховая ответственность ниже¹⁵³. Дроны, как и роботы на фабричных производствах, способны ускорить потерю рабочих мест из-за автоматизации или, как минимум, вытеснить пилотов растущим штатом наземных операторов. Вероятно, в будущем воздушное пространство станет гораздо более тесным; за дронами среднего размера будут следить команды диспетчеров, работая посменно, однако мелких дронов может оказаться слишком много для отслеживания.

Дроны представляют собой новый вид дешевой рабочей силы: они работают вместе с нами и выполняют задачи, которые раньше требовали работы людей. Они заставляют вспомнить о системных проблемах занятости, которые Четвертая промышленная революция поставила перед обществом, и задуматься о том, какие виды рабочих мест окажутся вытеснены. Первопроходцы в отрасли дронов — например, Андреас Раптопулос, генеральный исполнительный директор Matternet, — признают, что дроны вызовут серьезные изменения и что для них необходима пошаговая выработка регулирующего за-



ТЕХНОЛОГИИ СТАНОВЯТСЯ
ДОСТУПНЕЕ, ПО МЕРЕ ТОГО
КАК РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ
ЦИФРОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА
И ЗНАНИЯ.



конодательства, для чего потребуется учитывать мнение множества заинтересованных сторон. Сам Раптопулос считает, что основным требованием к коммерческим дронам должна быть безопасность для окружающих¹⁵⁴. Для того чтобы удовлетворить это требование и предотвратить несчастные случаи, травмы и столкновения, потребуются усилия муниципальных органов по управлению воздушным движением, отслеживанию дронов, а также по организации реагирования на происшествия. В более широкой перспективе необходимо привлечь министерства обороны к развитию и регуляции экосистемы дронов, а также к их отслеживанию. Также следует уделить серьезное внимание кибербезопасности и угрозе дистанционного отключения дронов. Взломанные беспилотники могут представлять угрозу сами по себе или быть использованны в целях злоумышленников, поэтому для безопасной работы потребуются надежные методы шифрования. Кроме того, оппоненты применения малых и средних дронов открыли новые методы электронного глушения, которые позволяют отключить систему навигации беспилотника с расстояния до мили (1609 метров)¹⁵⁵. Такое оборудование пригодится для обеспечения безопасности воздушного пространства аэропортов, однако оно же может стать настоящим кошмаром логистических компаний, если протестующие самоучки начнут вмешиваться в доставку заказов.

Среди движущих сил разработки дронов также можно упомянуть дальнейший рост урбанизации, электронной торговли и услуг по запросу, потребность муниципалитетов в контроле и мониторинге дорожного движения, анализе инфраструктурных объектов и воздушной видеографии. Разрабатываются дроны различных размеров: самые крупные транспортные беспилотники находятся в компетенции Международной организации гражданской авиации, а аппараты поменьше часто управляются одним оператором. Те дроны, которые применяются в военных целях, обычно обладают большими размерами и дальностью, а управляют ими обученные пилоты; при этом многие коммерческие дроны весят всего несколько килограммов, а их дальность разнится от малой до средней. Для того чтобы полностью реализовать потенциал беспилотников, необходимо решить несколько задач, включая задачу расширения систем управления воздушным движением как в контролируемом, так и в неконтролируемом пространстве. НАСА уже несколько лет работает над системой регулирования движения дронов¹⁵⁶, а крупные компании — к примеру, Google и Amazon — предлагают собственные решения¹⁵⁷. Такой контроль необходим для технологий, которые в будущем будут делить воздушное пространство с людьми и, возможно, перевозить

пассажиров. Поднимаются вопросы приватности, разрешения на фотографию, безопасности, шума, использования огней и многие другие, все они требуют тщательного рассмотрения. В противном случае компании рискуют потерять расположение общественности.

На данный момент наибольшую сложность при разработке услуг, связанных с дронами, представляет «последняя миля» — непосредственное взаимодействие с пользователем. Одновременно с контролем общественного восприятия и регулятивных реакций на технологию производители дронов занимаются поиском точек соприкосновения, достаточных, чтобы лидеры общественного мнения оценили ценность беспилотников. Некоторые стратегии предполагают ограничение области применения дронов: к примеру, использование только в пределах городской черты или только для аварийных служб; иногда дроны предлагают в качестве дополнительной услуги, чтобы постепенно познакомить с ними компании, местные органы власти и население. Раптопулос считает, что в долгосрочной перспективе дроны должны стать симбиотическими спутниками человека, по мере того как расширяются возможности технологий машинного зрения, сенсоров и коммуникаций. К 2040 году облачные технологии и ИИ должны обеспечить совместную работу «роев» дронов. При этом аппараты должны будут обмениваться данными и знаниями и составлять карты неизвестной местности, как это делают беспилотные автомобили. Мир, полный дронов, обещает невиданные ранее возможности. Представляется множество преимуществ, которыми смогут воспользоваться правительства, компании и потребители, однако следует подумать о затратах, а также о влиянии этой технологии на идеалы и настроения в обществе.

Дроны не только предлагают новые методы доставки грузов — они изменяют наше отношение к правам человека и к регламентации вооруженных конфликтов. По мнению Дапо Аканде, профессора международного публичного права Оксфордского университета, дроны вмешались в этическую дискуссию о том, может ли государство казнить людей — как собственных граждан, так и иностранных. Тот факт, что наличие этой технологии способно размыть границы этики во время вооруженных конфликтов — как в зонах боевых действий, так и в гражданских районах, — дает нам представление о том, как технологии влияют на принятие решений. Дроны снижают стоимость убийства, особенно под предлогом национальной безопасности, и это может привести к нормализации акта внесудебного убийства человека государством, примеры таких актов можно найти в диапазоне от военных действий до случаев полицейской реакции.

Возникают проблемы с существующими правилами ведения войны, а также с присвоением ответственности за совершенные действия. В настоящий момент дронами управляют операторы, и подобные проблемы остаются решаемыми. Однако, если дроны превратятся в полностью автономное оружие и начнут принимать решения об открытии огня согласно алгоритмам распознавания изображений, без прямого участия человека, этическая дискуссия усложнится еще сильнее. При этом невозможно ответить на сложные вопросы этики, лишь рассматривая саму технологию. Решение о том, когда необходимо принимать нормативные меры по отношению к допустимому поведению и использованию дронов, зависит от самого общества и его ценностей. Вопрос этичности дронов обозначает явную точку приложения для конструктивных ограничений и воли общества.

Нам есть о чем задуматься. Достигает ли информация о выгодах и нарушениях все заинтересованные стороны? Принимают ли компании во внимание что-либо, кроме собственной выгоды? Общественное признание крайне важно для малых и средних коммерческих дронов. По мере того как они встраиваются в социум, компаниям требуется просвещать общественность в отношении этих технологий — и, для того чтобы гарантировать успех, в структуре и принципах управления беспилотников должна быть видна ориентация на благо самого общества, и эта ориентация должна отражать политику и видение самих компаний. Раптопулос считает, что создатели дронов должны нести моральную ответственность. Компании должны в первую очередь думать о тех, кому дроны приносят пользу или вред, — только так можно избежать отрицательных эффектов и показать заинтересованным кругам общества, что к их мнению прислушиваются.

Раздел 3. ИЗМЕНЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

ГЛАВА 11

БИОТЕХНОЛОГИИ*

БИОТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕНЯЮТ НАШЕ БУДУЩЕЕ И НАС САМИХ. УЖЕ СЕЙЧАС компании занимаются созданием бактерий, которые будут производить различные продукты — от смол до составов для личной гигиены, а китайские ученые используют CRISPR** для борьбы с раком¹⁵⁸. Метод цитоплазменной замены, также известный под названием «трехстороннее искусственное оплодотворение», ожидает регуляторных решений в нескольких странах, а в это же время ученые готовятся использовать генетически модифицированных moskitov для борьбы с малярией в Африке¹⁵⁹. И это — лишь настоящее науки. Будущее бросит вызов нашему пониманию самой сущности человека, как с биологической, так и с социальной точки зрения. Новые направления в развитии биотехнологий обещают увеличить продолжительность и повысить качество человеческой жизни, укрепить физическое и психическое здоровье. Растут возможности объединения цифровых технологий с живыми тканями, и возможные результаты, ожидаемые уже в следующем десятилетии, вызывают широкий спектр эмоций — от надежды до восхищения и страха. Оптимисты описывают устойчивый мир, в котором больше не будет болезней, угрожающих нам сегодня. Пессимисты описывают мрачное, антиутопическое будущее, предсказывая «детей на заказ» и крайнее неравенство доступа к плодам биотехнологий. Эти противоположные точки зрения привлекают внимание к дебатам о том, как следует использовать биотехнологические возможности, и подчеркивают сложность вопросов, которые ставит перед нами каждое научное достижение.

* Глава написана совместно с Советом по проблемам глобального развития биотехнологий Всемирного экономического форума.

** Clustered regularly interspaced short palindromic repeats — семейство последовательностей ДНК антивирусного защитного механизма бактерий. — *Прим. ред.*

ПРОМЕТЕЕВА МОЩЬ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Инструменты и стратегии, которые биотехнологии предлагают для здравоохранения и сельского хозяйства, могут переопределить наши взаимоотношения с природой. Достижения в цифровых технологиях и новые материалы, которые появились за последние 20 лет, позволили сделать большой шаг вперед в понимании геномов, генной инженерии, диагностике и создании новых лекарств. Словно огонь, который подарил людям Прометей, похитив его у богов, мощь биотехнологий представляется цивилизационным прорывом для всего человечества. Некоторые опасаются, что биотехнологии могут привести к устареванию презумпции человеческого равенства, на которой строится либеральная демократия.

Существует три основных отличия биотехнологий от других важных технологий Четвертой промышленной революции. Во-первых, они вызывают больше эмоциональных реакций, чем те изменения, которые происходят от цифровых технологий. К примеру, многие люди считают манипуляции над ДНК опасными и неоднозначно относятся к тем технологиям, которые изменяют биологические системы. Эта реакция по-разному проявляется в различных культурах. Так, европейцы не желают выращивать генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры, несмотря на то, что они широко используются в США, в то же время исследования стволовых клеток считаются спорными как в США, так и в Европе, в отличие от Китая. Во-вторых, биотехнологии менее точны, чем цифровые технологии, так как живые организмы, с которыми они имеют дело, в процессе эволюции получили крайне сложные метаболические, генно-регулятивные и сигнальные системы. Очень сложно составить точную модель каких-либо изменений любого из аспектов организма, и манипуляции над ними часто приводят к непредсказуемым результатам. В-третьих, развитие биотехнологий капиталоемко и обычно требует длительного времени на доведение разработки до рынка, будучи также сопряженным с большим риском. В этом поле деятельности вполне можно вложить миллионы долларов в многообещающую идею, которая зайдет в тупик¹⁶⁰.

Тем не менее делаются инвестиции. В 2015 году венчурное финансирование биотехнологий достигло почти 12 млрд долл. — в дополнение к 50 млрд заемного финансирования и последующих публичных размещений акций¹⁶¹. Большая часть этих средств вкладывается в такие области, как диагностика, терапевтика и фармакогеномика — изучение того, как генетические особенности влияют на действие

лекарств. Все эти области полагаются на растущие возможности цифровых технологий. Относительно немного продуктов достигает рынка здравоохранения, если сравнивать с объемом вложенных средств, одна из причин этого состоит в том, что большая часть исследований биотехнологий разрознена. Сейчас некоторые исследователи стараются добиваться большей степени прозрачности и развивать совместную работу, чтобы ускорить появление новых открытий.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ожидается, что биотехнологии произведут революцию в сфере здравоохранения, устроив прорыв в точной медицине (ТМ) — подходе, который предполагает подбор курсов лечения индивидуально для каждого человека вместо составления их для усредненного пациента (рис. 21). Продвижению ТМ способствует рост доступности исчерпывающих наборов данных о молекулярной структуре человека, включая генетические, транскриптомические, протеомические, метаболические и микробиотические профили. Развитие машинного обучения может не только помогать выбору лечения, но и создавать новые практики с участием «больших данных». Диагностические тесты способны производить сотни гигабайт данных, и необходимо научить алгоритмы машинного обучения извлекать из них информацию, которая нужна для определения проблем и прогнозирования реакции пациентов на лечение. Наиболее широко ТМ используется для лечения рака, но также были зафиксированы успешные случаи в лечении кистозного фиброза, астмы, моногеничных форм диабета, аутоиммунных, сердечных и нейродегенеративных заболеваний. Однако в данный момент возможности ТМ сильно ограничены ее высокой стоимостью, а также невозможностью сведения нескольких наборов данных в единую картину здоровья пациента, что мешает широкому применению этого подхода. Вероятно, по мере снижения стоимости мы увидим экспоненциальный рост объема знаний, пригодных к переводу в клиническую практику, которые будут извлекаться из больших наборов биологических данных.

Вторая сфера, в которой потенциал для использования биотехнологий огромен, — это сельское хозяйство. Для того чтобы прокормить че-

ловечество в следующие пятьдесят лет, потребуется столько же пищи, сколько было произведено за предыдущие десять тысяч. Классический пример применения биотехнологий — это золотой рис: модифицированный рис, способный ликвидировать куриную слепоту и дефекты развития, которые связаны с недостатком витамина А и которые каждый год приводят к смерти почти двух миллионов детей. Кроме того, на сельское хозяйство повлияет новое специализированное оборудование: к примеру, почвенные и погодные сенсоры, дроны и системы сканирования, призванные следить за развитием посевов и прогнозировать его. Привязка собранных данных к генотипу посевов может позволить создать агротехническую систему, способную удовлетворить глобальный спрос на количество, качество и функциональность пищи. Конечно, для того чтобы реализовать такую схему глобальной продовольственной безопасности, необходимо будет усовершенствовать законодательство, связанное с генетически модифицированными культурами. Реальность состоит в том, что геновая инженерия является точным, эффективным и безопасным методом улучшения сельскохозяйственных культур, и законодательство должно это отражать.

Рисунок 21. Новый сдвиг парадигмы.
Переход от медицины «на все случаи жизни» к модели точной медицины с многоуровневой стратификацией пациентов.



Источник: Das (2010)

Еще одна область, в которой развитие биотехнологий оказывает влияние на здоровье человека, — это биоматериалы, что особенно важно, учитывая нынешнюю тенденцию к увеличению среднего возраста населения. Биотехнологии способны решить многие из типичных проблем старения, объединив биоматериалы с передовыми инженерными технологиями. К примеру, остеопороз — это одно из самых распространенных костных заболеваний. Достижения в биотехнологиях способны открыть возможность замены пораженных костей пациента на новые, которые будут выращиваться из размноженных 3D-печатью стволовых клеток пациента. Этот прорыв ближе, чем кажется, — сейчас ученые проводят активные исследования в этом направлении, а предприниматели ищут, как обратить исследования в жизнеспособный бизнес.

Кроме того, новая волна биотехнологий способна уменьшить влияние нашей жизнедеятельности на экологию, увеличив вероятность устойчивого развития многих отраслей промышленности. Так, биоперерабатывающие предприятия могут дополнять работу крупных нефтеперерабатывающих заводов, используя возобновляемое сырье и каталитические возможности микроорганизмов. В данный момент метаболическая инженерия, синтетическая биология и системная биология сводятся вместе с целью разработки микробных фабрик, которые будут способны производить различные химические соединения из непищевой биомассы¹⁶². Мы будем и дальше находить хитроумные пути к использованию природного разнообразия для развития экологичной биоиндустрии; к примеру, бактерии вида *Halomonas*, которые растут в условиях сильного осмотического давления, могут применяться для процессов микробной ферментации с использованием морской воды, если пресная вода недоступна. Создание различных типов «умных» бактериальных фабрик способно также дать нам способность бороться с новыми видами инфекционных заболеваний, к примеру ускоряя процесс выработки вакцин и лечебных антител, включая даже антитела против биотеррористических угроз. Также возможно, что рядовые граждане получат возможность производить биопродукты прямо у себя дома. Такие материалы, как биопластик, вполне доступны для подобного вида производств. Наконец, современные бионауки могут не только помочь в сокращении выбросов парниковых газов, они также способны превратить CO_2 в сырье для биотехнологической промышленности¹⁶³.

Такие разработки потребуют новых методик, которые будут выходить за рамки традиционных лабораторных исследований — например, предиктивного количественного моделирования. Биологические системы очень сложны, поэтому их очень трудно оп-

тимизировать. Изменения одного компонента способны вызывать непредвиденные и рекурсивные эффекты в других. Количественные модели постепенно «учатся» лучше симулировать биомолекулярные сети и физиологию клеток, и это может позволить биотехнологам устанавливать связь между эффективностью системы и компонентами внутриклеточных процессов. Сочетание предиктивных платформ, растущей вычислительной мощности и революции «больших данных» способно создать динамическую основу для разработки, прототипирования и внедрения искусственных биологических систем. В итоге совмещение биотехнологий и количественного моделирования может положить начало созданию устойчивых и надежных биотехнологических систем в цикле «разработка-прототип-испытание», аналогично другим инженерным дисциплинам.

Слияние молекулярной биологии, материаловедения, вычислительных подходов и предиктивного математического моделирования непременно затронет наше общество, промышленность и мировую экологию. Конечно, обладая таким потенциалом влияния на мир, мы должны тщательно обдумывать последствия решений, которые мы будем принимать в ходе продвижения к биотехнологически развитому будущему.

РЕГУЛИРОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Так как возможности биотехнологий велики, многие опасаются, что они станут причиной неожиданных социальных и экологических проблем — ведь мы расширяем возможности вмешательства в царство природы. Эффективные и легитимные системы управления, разработанные с учетом этических норм, позволят обществу воспользоваться благами развития биотехнологий, стараясь одновременно сократить риски.

Управление биотехнологиями должно опираться на общечеловеческие и гуманистические ценности. Будущие плоды биотехнологий будут внедрены в саму жизнь и поэтому не будут ограничены государственными границами. Региональные различия в управлении биотехнологиями могут привести к сбоям в торговле, а также к усилению неравенства и несправедливости в обществе. Поэтому мы должны разработать всеобъемлющие глобальные принципы управления, одновременно принимая во внимание различные исторические, социальные и культурные системы государств, а также их этические нормы и ценности. Для этого

потребуется найти общепризнанные ценности и взять за основу существующие системы управления — такие, как Всеобщая декларация прав человека и Цели устойчивого развития ООН. Новая система также должна будет согласовывать общие ценности и рекомендации с региональными или местными предпочтениями, используя принципы соразмерности, солидарности и справедливости.

Системы управления должны опираться на доказанные научные факты, и их деятельность должна быть прозрачна и подотчетна. Так, биотехнологическое законодательство может фокусироваться на регулировании эффектов от внесенных биологических изменений, а не на конкретных технологиях. Для того, чтобы быть эффективными, нормативные акты должны будут учитывать как средства, как и цели биотехнологий.

Также механизмы управления биотехнологиями должны завоевывать доверие общества, вовлекая в дискуссию все заинтересованные стороны. За последние два десятилетия вера в науку оказалась подвержена сомнениям даже в благополучных странах. Для того, чтобы дальнейшее продвижение встречало позитивную реакцию, биотехнологические инновации должны добиться поддержки и доверия со стороны всех частей общества. Поэтому мы должны заново установить диалог между всеми заинтересованными сторонами, чтобы добиться взаимопонимания, которое в дальнейшем будет способствовать развитию атмосферы доверия между регулирующими органами, неправительственными организациями, специалистами и учеными. Необходимо принимать во внимание и мнение гражданского общества, так как оно должно участвовать в демократическом формировании направления тех биотехнологических разработок, которые окажут влияние на него, отдельно взятых людей и культуру в целом. Дискуссии должны учитывать факты, эмоции и приверженность ценностям, одновременно сохраняя ясную картину выгод и рисков. Только такая политика, которая базируется на итоговых результатах подобных дискуссий, способна достичь справедливости, беспристрастности, прозрачности и стабильности, чтобы способствовать процветанию людей и приносить пользу человеческим сообществам.

Среди тех вопросов и проблем, которые требуют коллективного обсуждения и управления, можно назвать:

- Укрепление доверия среди всех заинтересованных сторон, включая общественность, одновременно с разработкой и применением биотехнологий. Для этого компании и регулирующие органы должны взаимодействовать открыто и эффективно.

- Определение этической основы для исследования и применения биотехнологий. Для этого требуется широкое обсуждение потенциального влияния биотехнологий на демократию, возможности людей, равенство в обществе и справедливое распределение благ, а также ограничений, которые необходимо установить для данных технологий.
- Создание гибкой, изменяемой и «мягкой» регулятивной системы для новых биотехнологий, которая позволит одобрять инновации, как только они будут достаточно зрелыми и готовыми к использованию.
- Управление долгосрочными инвестициями для того, чтобы инновации и коммерциализация биотехнологий шли во благо всем людям.
- Предоставление сообществ возможностей анализа рисков и перспектив использования биотехнологий, определения сроков их внедрения, а также механизмов распределения выгод и преодоления побочных эффектов в обществе..

БИОЛОГИЯ «ПО ЗАКАЗУ»

Предоставлено Советом по проблемам глобального развития биотехнологий Всемирного экономического форума

За последние несколько десятилетий биотехнологии значительно выросли в сложности и значимости. Так, возможности внедрения не одного, а нескольких слоев генетических изменений (мутаций или вариантов) в клетки и организмы серьезно расширились благодаря развитию секвенирования и синтеза ДНК, а также редактирования генома. Проще говоря, масштабы биотехнологической инженерии и задач, для решения которых предназначены искусственно созданные системы, беспрецедентны и постоянно расширяются. Сейчас эта инженерия применяется к сельскохозяйственным культурам и животным, а модификации человеческого генома используются в экспериментальном порядке: на эмбрионах, а также в ограниченных клинических испытаниях генной терапии на пациентах. Масштаб возможностей применения биотехнологий крайне широк: он включает в себя экологию, сельское хозяйство и здравоохранение.

Способность внедрения направленных генетических мутаций с использованием вычислительных методов, то есть целенаправленного внесения изменений в биологию, значительно расширяет наши способности создания сложных искусственных биологических систем. Возьмем, к примеру, создание микробной клетки для получения нуж-

ных химических соединений. Если раньше нам были доступны реакции дрожжевого брожения для производства напитков, а также микробного брожения для производства органических кислот и антибиотиков, то теперь мы учимся превращать дрожжи и бактерии в химические фабрики для производства нужных нам соединений. Так, человеческий инсулин для диабетиков теперь может производиться в неограниченных количествах с помощью как бактерий, так и дрожжей. Вычислительные подходы, с помощью которых можно рассчитывать метаболические каналы и предсказывать исход вносимых изменений, помогают нам перейти к невиданному ранее уровню метаболической инженерии и синтетической биологии. Мы способны не только создавать новые каналы синтеза, но и контролировать их выход.

Благодаря вычислительным подходам мы научимся создавать нужные нам организмы. Приведенный выше пример описывает инженерию микробных клеток для производства химических соединений, но аналогичные подходы также возможны для великого множества биологических систем, таких как сельскохозяйственные культуры или стволовые клетки. Сельское хозяйство достигло современного уровня развития благодаря отбору и селекции желаемых фенотипов. Достижения методов инженерии генома растений и доступность генетических частиц, с помощью которых можно настраивать системы растений, позволяют вносить более точные изменения, основываясь на понимании взаимоотношений фенотипа и генотипа, которые способны привести к развитию новых видов сельскохозяйственных культур. Эти виды могут обладать сопротивляемостью к засухе, температурам, болезням и другим негативным внешним факторам, а также повышенной пищевой ценностью. Таким же образом можно вносить точные изменения в стволовые клетки и позволять им дифференцироваться в органоиды, что может послужить идеальной платформой для регенеративной медицины. Плюрипотентные стволовые клетки способны трансдифференцироваться в любые виды клеток из трех зародышевых слоев тела, поэтому являются наиболее перспективным источником регенеративных препаратов для восстановления тканей, выявления наркотиков и лечения болезней.

Биологическое конструирование обещает многое, однако оно также порождает этические вопросы. Глобальная этическая задача заключается в том, чтобы критически рассматривать доводы и мотивацию для самого применения биологического конструирования. Прежде чем приступать к подобным процессам, важно сделать паузу и подумать о том, почему они предлагаются и внедряются, а также о возможных альтернативных путях достижения поставленных целей. Обычно положительными сторонами биологического конструирования называют вышеперечисленные блага и новые биологические знания. Однако подобные технологии характеризуются изменением

масштаба: от ограниченного до практически неограниченного. Поэтому при обсуждении вопросов этики и управления необходимо рассматривать широкий спектр разнообразных будущих сценариев их применения и выводить этические концепции — как позитивные, так и негативные.

Существуют и более очевидные этические задачи помимо фундаментального обоснования биологического конструирования, а также широкой критической оценки будущих методов его применения. Так, с этической точки зрения крайне важны вопросы биобезопасности и биозащищенности, оценка возможности применения любой технологии как на благо, так и во вред (проблема «двойного применения»), справедливое или равноправное распределение благ от результатов биологического конструирования (включая распределение выгод), а также вопросы, связанные с изменением зародышевых слоев человека и других сложных организмов.

Система управления должна учитывать как научные, так и этические доводы, а также не допускать случаев «управления ради управления»: «высвечивает» ли новая технология пробелы в системе управления, или существующая система достаточна? Применительно к биологическому конструированию, до настоящего времени управление осуществлялось в основном по методу «заполнения пробелов», однако вопросы поиска оптимальных механизмов управления и их внедрения на глобальной исследовательской и коммерческой арене остаются открытыми. Единый оптимальный подход к управлению пока не был найден, и дискуссии продолжаются. Так, один из предлагаемых подходов к управлению предупредительный, он предусматривает внедрение технологии только после доказательства ее безопасности.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Биотехнологии имеют три важных отличия от цифровых технологий Четвертой промышленной революции. Они вызывают более эмоциональную реакцию общества, являются менее предсказуемыми из-за своей органической сущности, а также требуют больше капиталовложений и регулирования, из-за чего необходим более длительный инвестиционный горизонт. Кроме того, приемлемость и использование различных биотехнологий зависят от глубинных культурно-исторических особенностей, которые определяют допустимость научных изысканий.
2. Биотехнологии будут влиять на общество посредством их применения в точной медицине, сельском хозяйстве и производстве

биоматериалов. Последнее повлияет на создание биопродуктов для таких отраслей, как здравоохранение и пищевая промышленность, а также на все отрасли, которые будут потреблять химические соединения и особые материалы, производимые с помощью модифицированных микробов.

3. Многие из новых биотехнологий требуют обширных вычислительных мощностей и получают развитие по мере внедрения машинного обучения, технологий больших данных и прогностических платформ. Взаимопроникновение биотехнологий и цифровых технологий вселяет как надежды, так и опасения потенциального увеличения возможностей человека, а также перспектив биологически-цифровой совместимости.
4. Слияние молекулярной биологии, материаловедения, вычислительных подходов и предиктивного математического моделирования затронет общество, промышленность и мировую экологию. Регулирующим органам потребуются принимать во внимание различные проблемы — от научных свобод до прав человека. Управление биотехнологиями должно опираться на общечеловеческие и гуманистические ценности, базироваться на подотчетности и прозрачности, с учетом доказанных научных фактов.
5. Задачи системы управления биотехнологиями включают в себя уважение культурных и этических норм, снижение потенциальных биорисков, укрепление доверия и диалога между заинтересованными группами, контроль влияния на равенство и вопросы справедливости, а также создание гибких и «мягких» нормативных подходов.

ГЛАВА 12

НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ*

ПРЕДСТАВЬТЕ СЕБЕ, ЧТО НАСТУПИЛ 2030 ГОД И ВЫ СИДИТЕ ПЕРЕД ЭКРАНОМ, на котором только что появилось всплывающее сообщение: «Уровень вашего внимания снизился». Вы осознаете, что последние несколько минут бесцельно смотрели в экран. Сдерживая зевоту, вы щелкаете ссылку на последние показания системы мониторинга ваших мозговых волн и пытаетесь оценить свое текущее психическое состояние. Система рекомендует вам поспать, но вам нужно закончить работу. Может, принять таблетку ноотропного средства, чтобы без проблем поработать до трех часов ночи? Друзья говорят, что злоупотреблять химическими стимуляторами вредно, но вы регулярно проверяетесь на признаки болезней Альцгеймера и Паркинсона, и пока все нормально.

Понятие «нейротехнологии» включает широкий набор методик, позволяющих глубоко проникать в механизмы работы человеческого мозга и извлекать информацию, расширять возможности наших органов чувств, изменять поведение и взаимодействовать с миром. Это может показаться фантастикой, но это правда. Нейробиология медленно, но верно выходит из медицинских и научных лабораторий и проникает в нашу повседневную жизнь. Отрасль нейротехнологии очень быстро становится все более зрелой. В рамках Четвертой промышленной революции она позволяет создавать совершенно новые и ценные системы, но одновременно создает серьезные риски и проблемы регулирования.

*Предоставлено Оливье Улье (Olivier Oullier), президентом компании Emotiv из США, а также Советом по глобальному будущему нейротехнологий и науки о мозге в составе Всемирного экономического форума.

ЧТО ТАКОЕ НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ И ПОЧЕМУ ОНИ ВАЖНЫ

Нейротехнологии позволяют усовершенствовать существующие механизмы влияния на сознание и мыслительный процесс, а также понять многие процессы, происходящие в мозге. В числе прочего это подразумевает расшифровку наших мыслей с высокой степенью детализации за счет применения новых химических веществ и методов влияния на мозг для устранения ошибок и расширения его возможностей. Помимо этого, нейротехнологии помогают нам общаться и взаимодействовать с миром, а также значительно расширять возможности наших органов чувств.

Сложный человеческий мозг — исключительно интересный объект для изучения. В черепной коробке находится 1,4 кг клеток, в том числе 80 млрд нейронов, объединенных более чем 100 трлн связей. Если бы каждый из 7,4 млрд людей, живущих на Земле, имел отношения с каждым из остальных людей, то разобраться в их социальных отношениях было бы гораздо проще, чем понять, как же работает человеческий мозг.

На протяжении тысячелетий люди изменяли свое поведение с помощью веществ, влияющих на химические процессы в мозге. Это происходило задолго до того, как было доказано, что мозг — основной орган, отвечающий за познание и накопление опыта¹⁶⁴. Потребление алкоголя, жевание листьев коки, курение табака и прием в пищу грибов с псилоцибином — все это примеры того, как люди влияли на собственные мыслительные процессы или поведение, руководствуясь религиозными мотивами или просто для развлечения.

Такие действия часто считались спорными и оценивались неоднозначно. При первых попытках использования новых веществ, даже таких безвредных, как кофе, они неоднократно объявлялись вне закона¹⁶⁵. На протяжении всей своей истории человек применял самые разные методы, чтобы разобраться, как работает наш мозг, — от препарирования мозга до построения философских теорий и от психологических исследований до сканирования мозга. Новые технологии позволяют значительно продвинуться в плане измерений, анализа, интерпретации и визуализации химических и электрических сигналов в мозге. Это не только приведет к возникновению новых экономических возможностей и открытий в медицине, но и поставит массу этических и социальных вопросов.

Важность нейротехнологий определяется тремя причинами. Во-первых, способность «читать» информацию из мозга и «записывать» ее в мозг создает предпосылки для новых отраслей и систем, открывающих новые возможности, которые будут иметь колоссальные социальные, политические и экономические последствия. Как и в случае биотехнологий (см. главу 11), способность исправлять ошибки и приумножать преимущества станет настоящей золотой жилой для тех, кто достаточно богат, чтобы покупать и продавать нейротехнологии и связанные с ними услуги. Вместе с тем доступ к глубоко личным мыслям человека и влияние на их ход станут огромной проблемой в мире, управляемой алгоритмами и тотальным сбором данных. Не станет ли следующей популярной бизнес-моделью предоставление человеком доступа к своим мыслям в обмен на возможность экономить время за счет написания заметок в социальных сетях?¹⁶⁶

Во-вторых, нейротехнологии способствуют совершенствованию других областей Четвертой промышленной революции, обеспечивая новые формы когнитивных вычислений и совершенствуя алгоритмы машинного обучения. Чем больше нейротехнологии объясняют, как работает мозг, тем полезнее они для развития технологий взаимодействия или имитации функциональности мозга.

В-третьих, и это самое важное, наш мозг и есть та сущность, что делает нас людьми. Он позволяет нам понимать и познавать мир посредством чувств, использовать воображение, учиться, мечтать и взаимодействовать друг с другом. Более тонкое влияние на мозг может изменить наше ощущение себя как личности и понимание того, что такое личный опыт, а также может в корне изменить то, в чем состоит для нас реальность. Влияя на наш самоконтроль и систему управления своим существованием, наука о мозге предоставляет человеку колоссальную возможность выйти за рамки своей естественной эволюции.

КАК РАБОТАЮТ НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ

Как и во всех обсуждаемых в этой книге технологиях, прогрессу науки о мозге способствовали быстрый рост вычислительной мощности, разработка меньших по размеру, более дешевых и сложных сенсоров, а также появление методов машинного обучения, позво-

ляющих обнаруживать закономерности в колоссальных объемах неструктурированных данных. В основе работы мозга лежит обмен электрическими сигналами, которые образуются в процессе химических реакций. Влияя на химию мозга или на обмен электрическими сигналами, эти сигналы можно измерить, «хорошие» сигналы — симитировать, а распространение нежелательных сигналов в мозге — заблокировать. Специализированные технологии, такие как современные микроэлектроды, позволяют регистрировать поведение или изменять состояние одного отдельно взятого нейрона. Функциональная магниторезонансная томография позволяет увидеть, как ведут себя разные участки мозга в различных обстоятельствах.

За последнее десятилетие эти возможности позволили исследователям сделать удивительные открытия. Джеффри Линг (Geoffrey Ling), с 2014 по 2016 год занимавший должность директора отдела биологических технологий при Управлении по перспективным научным исследованиям министерства обороны США, утверждает, что «всего лишь через несколько лет мы будем считать эксперименты 2008 года, в которых обезьяна управляла роботизированной рукой только с помощью сигналов мозга, одним из главных открытий в истории человечества»¹⁶⁷.

В исследовательских лабораториях, таких как лаборатория Альдо Фейзала в Имперском Колледже Лондона, вместо мозговых волн используется отслеживание движения глаз в связке с машинным обучением — этот метод позволяет исключительно точно определять, какие движения намеревается выполнить человек. Эти методы позволяют предоставить людям с параличом всех конечностей возможность управлять креслом-коляской или роботизированными протезами, не тратя деньги на дорогостоящие интерфейсы «мозг-машина»¹⁶⁸. Другие методы служат углублению нашего понимания причин неврологических болезней и психических расстройств, таких как шизофрения, аффективное расстройство и болезнь Альцгеймера.

Энцефалографы фиксируют мозговые волны, а в некоторых случаях могут даже передавать сигналы, влияющие на работу мозга. Такие устройства вышли за рамки научно-исследовательских лабораторий и стали потребительскими носимыми устройствами¹⁶⁹. Другие продукты предлагают влиять на мозг косвенно — посредством звуковой или световой терапии. К многообещающим методикам следует отнести использование фокусированного ультразвука для неинвазивного получения изображения и лечения тканей, а также оптоге-

нетику, в которой свет применяется для активирования генетически измененных клеток мозга.

К химическим методам относится применение ряда веществ и ноотропных лекарственных средств, разработанных для улучшения различных параметров работы мозга. Такие лекарственные средства, как модафинил и адерал, применяются не только для тех целей, для которых они изначально создавались, то есть для поддержания состояния бодрствования и (как предполагается) улучшения когнитивной функции. Действие таких веществ похоже на действие кофеина, но они сильнее способствуют повышению ясности ума и зрительного внимания.

Совершенствование средств измерения активности мозга может значительно повысить качество тестирования медицинских средств для лечения или повышения активности мозга. В настоящее время более 65% препаратов, разработанных для лечения мозговых расстройств, не проходят фазы III клинических исследований. У психиатров, которые назначают лекарства от мозговых расстройств, нет возможности надежно тестировать и сравнивать эффективность препаратов для разных пациентов.

Нитиш Такор (Nitish Thakor), директор Института нейротехнологии при Национальном университете Сингапура, указывает, что некоторые нейротехнологии применяются не только для лечения головного мозга, но и для устранения последствий повреждения спинного мозга и нервных окончаний. Нейронная модуляция (стимулирование нервов) может способствовать восстановлению функции не только конечностей, но и других жизненно важных органов, таких как легкие, мочевой пузырь и сердце¹⁷⁰.

Нейротехнологии способны даже расширять возможности органов чувств человека за границы, образовавшиеся за миллионы лет естественной эволюции. Линг говорит, что всего лишь через несколько лет люди смогут видеть в инфракрасном диапазоне, записывать и воспроизводить, то есть повторно испытывать, воспоминания и сны, обрабатывать множественные потоки зрительной информации из различных источников и одновременно управлять многими конечностями и автономными объектами. Эти возможности могут быть ближе к реальности, чем мы думаем. Инженер и изобретатель Илон Маск (Elon Musk) недавно объявил, что инвестировал в компанию, занимающуюся разработкой интерфейсов «мозг-компьютер», аргументируя это тем, что он предвидит «более тесное слияние биологического и цифрового интеллектов»¹⁷¹.

КАКИМ МОЖЕТ БЫТЬ ВЛИЯНИЕ НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ

Нейротехнологии способны как создавать предпосылки для лечения ряда неврологических заболеваний и инвалидности, так и служить движущей силой развития индустрии улучшения человека. От расстройств мозговой деятельности страдают десятки миллионов человек, а ежегодные убытки от этих болезней составляют более 2,5 трлн долл¹⁷². И это без учета бесчисленных человеческих и социальных издержек от нарушений психического здоровья. Совершенствование наших знаний о мозге обещает революционизировать процессы обнаружения, лечения и предотвращения этих расстройств. Проведенный компанией SharpBrains анализ более чем 10 тыс. интеллектуальных публикаций в области нейротехнологий указывает на то, что в ближайшее время следует ожидать таких открытий, как создание имплантатов ушной улитки для восстановления слуха и экзоскелетов для восстановления двигательной функции у инвалидов, а также совершенствование средств наблюдения за структурой сна. Компания Neurotech Reports оценивает суммарный размер всех компаний, работающих в области нейротехнологий, в 150 млрд долл., а среднюю скорость ежегодного их роста — в 10%¹⁷³.

По утверждению Нила Касселла (Neal Kassell), основателя и председателя фонда Focused Ultrasound Foundation, очень скоро будут созданы носимые сканеры структуры и поведения мозга в реальном времени, а также будут выработаны методы неинвазивного восстановления нейронов или модулирования работы мозга¹⁷⁴. Такие открытия помогут диагностировать, лечить и восстанавливать людей, страдающих от различных неврологических заболеваний — от болезней Альцгеймера и Паркинсона до депрессии, эпилепсии и болей, вызванных болезнями нервной системы.

Нейротехнологии способны оказывать намного более мощное влияние на экономику за счет совершенствования человеческого мозга и повышения производительности работы человека. Огромные улучшения возможны в образовании и системах обучения благодаря более глубокому пониманию мозга и основанному на нем персонализированному обучению. Что касается развитых стран с быстро стареющим населением, то в них нейротехнологии могут поспособствовать повышению качества жизни пожилых людей, продляя их участие в активной производительной жизни.

В государственных структурах понимают огромные возможности лидерства в этой области и выделяют бюджетные средства на глав-

ные научные и медицинские исследования. В частности, в 2013 году правительство США запустило амбициозный проект BRAIN, а Европейская комиссия инициировала собственный проект «Человеческий мозг» (Human Brain Project). В 2014 году в Японии начали реализацию проекта Brain/MINDS, а в 2017 году правительство Китая присоединилось к проекту China Brain Project¹⁷⁵. Большой вклад в субсидирование и определение направления исследований в области нейротехнологий делают военные агентства. Их интересует в первую очередь тематика обороны, а также вопросы реабилитации участников боевых действий, в частности лиц, страдающих посттравматическим синдромом. Вопросы изучения мозга занимают центральное место в области военного дела и безопасности.

Но в сравнении с другими направлениями Четвертой промышленной революции, такими как космические технологии, в нейротехнологиях переход от лабораторных исследований к массовому рынку происходит медленно. В октябре 2016 года Совет глобальных вопросов исследования мозга при Всемирном экономическом форуме опубликовал статью о цифровом будущем медицины мозга, где говорится, что «ориентация на потребителя» в здравоохранении подразумевает предоставление пациентам возможности самим контролировать собственное здоровье и самочувствие. Влияние таких тенденций и нейротехнологий на рынке будет расти, но они также будут ставить важные вопросы о том, как и кто должен выигрывать от этого¹⁷⁶.

Для получения таких преимуществ требуется намного более высокий уровень межотраслевого сотрудничества. Нейротехнологии нужны в математиках, инженерах, социологах, дизайнерах и физиках, а также в специалистах по работе мозга. Невролог Нэнси Ип (Nancy Ip), декан и профессор биологии колледжа Morningside при Гонконгском научно-техническом университете, говорит: «Устранение барьеров — самая сложная проблема в нашей области. Нам требуется больше терпения, толерантности и желания усваивать знания из других областей, чтобы добиться плодотворного сотрудничества»¹⁷⁷.

РЕГУЛИРОВАНИЕ И ЭТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ

Более глубокое понимание механизмов работы мозга поставит перед нами ряд сложных этических вопросов¹⁷⁸. Чем шире будут распространяться устройства мониторинга мозговой деятельности, тем



ВСЕ ТЕХНОЛОГИИ
ИМЕЮТ ПОЛИТИЧЕСКУЮ
ПРИРОДУ.



вероятнее получение данных, позволяющих узнать, что происходит в человеческом мозге. Но это достижение создает важные проблемы с конфиденциальностью данных и интеллектуальной собственностью. Сейчас изображения снимков мозга используются в качестве иллюстраций в журналах по неврологии, но эти данные могут стать такими же конфиденциальными, как и результаты медицинских анализов или ДНК пациента.

Понимание связи между состоянием мозга и поведением заставит переосмыслить фундаментальные понятия личной ответственности в юриспруденции. Во многих странах суды настороженно относятся к показаниям приборов, которые, как утверждается, способны интерпретировать мысли человека. К таким приборам относятся детектор лжи или полиграф. Но по мере расширения возможностей в этой области для правоохранительных органов и судов будет становиться все привлекательнее использование приемов определения вероятности преступных действий, оценивание вины или, возможно, даже извлечение воспоминания непосредственно из мозга человека¹⁷⁹. Возможно, в будущем процедура пересечения границы будет предусматривать подробное сканирование мозга для оценки безопасности человека.

Между тем в сфере розничной торговли устройства мониторинга мозга используются при исследованиях в фокус-группах, чтобы понять закономерности процесса принятия решений потребителем и соответствующим образом изменить работу обычных и онлайн-магазинов. Это продолжение существующей тенденции к сбору обширных данных для целей прогнозирования, потому что понимание механизмов мышления человека позволяет компаниям вырабатывать стратегии, заставляющие его вести себя определенным образом. Как и все технические системы, влияющие на поведение, эта область становится предметом особого внимания. И не только по причинам конфиденциальности и безопасности — такие подходы предоставляют тем, кто собирает и использует данные, несоразмерную власть, одновременно снижая уровень ответственности тех, на кого оказывается влияние.

Работодатели все чаще будут изучать возможность использования нейротехнологий для совершенствования процессов приема на работу, а также обучения и контроля сотрудников. После спора о допустимости использования биометрических систем и систем радиочастотной идентификации на рабочем месте следующей на очереди может стать проблема прямого или непрямого наблюдения за мозгом сотрудников. Наконец, серьезные этические вопросы возникнут в связи с применением нейротехнологий для совершенствования ра-

боты здорового мозга. Одних будет волновать вмешательство в механизмы природы, других — возникновение проблем социального и экономического неравенства. Если нейротехнологии, позволяющие улучшить работу мозга, будут доступны не всем, скорее всего образуется разрыв между теми, кто сможет позволить себе их использование, и теми, кому они будут недоступны.

В этой области, как и во многих других, инновации сегодня опережают не только регулирование, но и осознание возможных последствий.

Нейротехнологии способны стать наиболее передовыми технологиями Четвертой промышленной революции, но их быстрое внедрение может вызвать фундаментальные перемены. Жизненно необходимо общественное обсуждение использования этих технологий в различных контекстах и для разных целей, чтобы они создавали будущее для всех.

СИСТЕМНЫЙ ЭФФЕКТ НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ

Оливье Улье (Olivier Oullier), президент компании Emotiv, США

В начале 2017 года тяжелой квадриплегией (паралич всех конечностей) Родриго Юбнер Мендес (Rodrigo Hübner Mendes) стал первым человеком, который одной силой мысли управлял гоночной машиной на соревнованиях «Формула-1».

В нейротехнологиях управление объектами с помощью интерфейса «мозг-компьютер» стало обычным делом. Случай с Юбнером Мендесом примечателен тем, что устройство, применяемое для управления гоночным автомобилем, — нейрошлем Ерос компании Emotiv — можно заказать в Интернете. Оно стоит всего несколько сотен долларов и уже используется десятками тысяч людей в повседневной жизни для видеоигр и для мониторинга сна. То, что недавно было научной фантастикой, сегодня стало доступным, и нескольких щелчков мышью достаточно, чтобы включить новинку в свою повседневную жизнь. И это только начало.

Часто говорится, что электричество изобрели не для того, чтобы создать более совершенную свечу. Аналогично, нейротехнологии — это не просто улучшение существующих технологий. Они предоставляют не только невиданные ранее возможности заглянуть в тайны взаимодействия мозга с физической и социальной средой, но и новые способы самореализации в жизни. Поэтому нейротехнологии более чем другие отрасли отражают саму суть Четвертой промышленной революции.

Проникновение нейротехнологий в нашу жизнь поднимает вопросы и привлекает внимание государства, позволяя по-новому

взглянуть на наши попытки регулирования новых технологий. В 2011 году Франция стала первой страной, где появился новый раздел законодательства, специально посвященный регулированию нейротехнологий. Это формальное признание способности этих технологий оказывать мощное влияние на жизнь каждого. Государство ограничило коммерческое применение технологий нейровизуализации, разрешив их применение только в судах. Интересно, что научные консультанты, которых государственные органы привлекли для оценки нового закона, единодушно отрицательно отнеслись к использованию нейротехнологий в судах и, вместе с тем, были не слишком сильно обеспокоены коммерческим использованием технологии сканирования мозга. Тем не менее государственные мужи проигнорировали мнение экспертов. Это интересная иллюстрация того, как решаются проблемы регулирования, с которым сталкиваются страны, оказываясь перед лицом новых технологий Четвертой промышленной революции.

Скорость инноваций и скорость разработки новых правовых актов всегда различались, но быстрота и масштаб изменений Четвертой промышленной революции ярко вскрывают это несоответствие и подчеркивают необходимость создания новых моделей регулирования.

Помимо проблем регулирования существует барьер на пути перехода нейротехнологий из научных лабораторий в промышленность в качестве безопасных и заслуживающих доверия потребительских продуктов, и это препятствие может помешать распространению преимуществ нейротехнологий. Кунал Гош (Kunal Ghosh), основатель и исполнительный директор компании Inscorix (США), а также технологический инноватор Всемирного экономического форума, утверждает, что у университетских инноваторов не хватает мотивации к последовательной отладке и совершенствованию своих идей, и из-за этого «многие прорывные нейротехнологии не выходят за рамки лабораторий, в которых были изобретены»¹⁸⁰. В этом смысле нейротехнологиям нужно брать пример с того, как частный бизнес успешно превращает в коммерческие продукты и услуги достижения биотехнологий, космической отрасли и мобильной связи.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Нейротехнологии позволяют нам лучше понять, как работает мозг, и влиять на сознание, настроение и поведение. Развитие этих возможностей поможет совершенствованию методов лечения болезней и травм, затрагивающих мозг, а также улучшению работы мозга. Граница между лечением и улучшением может быть спорной и требовать осмысления влияния технологий.
2. Нейротехнологии Четвертой промышленной революции создадут новые ценности в различных отраслях и будут иметь важные социальные последствия. Кроме того, за счет эффекта обратной связи они будут способствовать созданию новых вычислительных архитектур и программного обеспечения, а также изменят наше представление о том, что означает быть человеком.
3. Более совершенные методы измерения активности мозга способны улучшить процессы тестирования лекарственных средств и помочь нам понять, как потребители принимают решения. Прогресс в области электрохимического взаимодействия между цифровыми и биологическими сигналами может способствовать новым прорывам, таким как устранение последствий травм позвоночника, возвращение тактильных ощущений и подвижности конечностей и органов и упрощение использования протезов.
4. Для организации взаимодействия компьютера и мозга не нужно нарушать целостность кожных покровов. Для диагностики расстройств и совершенствования поведения можно использовать носимые устройства. Возможность персонифицированного обучения, отсеивания кандидатов на должность, повышения производительности и предотвращения депрессии может сделать нейротехнологии привлекательными для всех игроков на этом рынке.
5. Сложность нейротехнологий означает, что для разработки и продвижения продуктов на рынке потребуется тесное межотраслевое сотрудничество. Разнообразие связанных с нейротехнологиями этических и юридических вопросов — конфиденциальность, интеллектуальная собственность, доступ, правоприменение — потребует привлечь к обсуждению возможного влияниянастоящему революционных возможностей нейротехнологий многих заинтересованных лиц.

ГЛАВА 13

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ*

МЕЧТА О ПУТЕШЕСТВИЯХ В ПРОШЛОЕ ИЛИ В БУДУЩЕЕ ДАВНО ВОЛНУЕТ людей. Путешествия во времени невозможны и вряд ли когда-либо станут реальностью. Но виртуальная реальность (ВР) уже здесь и вскоре может стать разумной альтернативой путешествиям во времени. Она может создавать полную иллюзию присутствия, например на полях сражений Наполеоновских войн, на корабле Колумба или в лесу юрского периода среди брахиозавров или тираннозавров. Дополненная (ДР) и смешанная (СР) реальности не создают полноценной иллюзии присутствия, но позволяют дополнить данными, информацией и виртуальными объектами реальный мир. Эти технологии предоставляют удивительные возможности — можно осваивать новые профессиональные навыки, делиться опытом с другими и создавать инновационные формы в искусстве и индустрии развлечений.

Виртуальная, дополненная и смешанная реальности революционным образом меняют наш опыт, понимание и взаимодействие с окружающим нас миром, одновременно открывая возможность побывать в бесконечном количестве миров, формы которых ограничиваются только воображением. Результатом может стать более активное развитие общества, сотрудничества и взаимопомощи, кроме того, эта технология обещает ускорение совместной работы, развития новых навыков и проверки новых идей. Вместе с тем ее можно использовать для манипулирования нашими представлениями о мире и влияния на наше поведение. При некритическом ее использовании может воз-

* Предоставлено Энн Мэри Энгтофт Ларсен (Anne Marie Engtoft Larsen), Всемирный экономический форум.

никнуть соблазн уйти от реального мира или, по крайней мере, от тех его частей, с которыми не хочется иметь дело, вместо того, чтобы менять мир к лучшему.

ИЗМЕНЯЯ РЕАЛЬНЫЙ МИР

Виртуальная реальность — это воздействующий на множественные органы чувств, объемный, полноценный создаваемый компьютером мир, в который может погрузиться и с которым может взаимодействовать человек. Шлем ВР позволяет человеку видеть реалистичное изображение, слышать звук и испытывать другие ощущения, которые повторяют знакомую или создают вымышленную среду.

ДР и СР — формы «пористой» ВР, которые добавляют в реальное физическое окружение пользователя созданные компьютером звук, видео или графику. ВР заменяет реальный мир его имитацией, а ДР и СР расширяют восприятие пользователем реальности. ДР предоставляет визуальную информацию о реальном мире. Примером могут служить устройства Google Glass или Microsoft HoloLens, которые расширяют интерактивность физических пространств и объектов. СР аналогичным образом добавляет в мир реалистичные виртуальные объекты и существа, как в играх, подобных Pokemon Go, которые настолько развиты, что практически становятся частью реального мира.

Идея виртуальной и дополненной реальности далеко не нова. Стереоскопические фотографии и панорамные картины стали первыми попытками погрузить человека в выдуманный мир, за ними последовали кинематограф, телевидение и компьютерные игры. В 1968 году специалист по компьютерам Иван Сазерленд (Ivan Sutherland) впервые применил термин «виртуальная реальность» по отношению к своему размещаемому на голове монитору. Но первые имитационные устройства, такие как Toshiba Head Dome Projector, были громоздкими. Они вызывали у пользователей тошноту из-за задержки между движением и изменением изображения. Потребовалось 45 лет цифровой революции, чтобы аппаратные средства стали достаточно мощными, а устройства настолько удобными и недорогими, чтобы быть востребованными рынком.

Последние успехи виртуальной реальности во многом стали возможными благодаря мощному краудсорсингу, а также наличию недорогих жидкокристаллических дисплеев, разработанных для смартфонов. 1 сентября 2012 года 20-летний Палмер Лаки (Palmer Luckey)

инициировал краудфандинговую компанию по сбору средств на разработку видеошлема под названием Oculus. В короткий срок на сайте Kickstarter удалось собрать 2,4 млн долл. — почти в десять раз больше начального плана. Два года спустя компанию Палмера Лаки приобрела корпорация Facebook за 2 млрд долл., планируя изменить механизм взаимодействия пользователей в социальной сети¹⁸¹.

Почему между первым устройством ВР Сазерленда и успехом Лаки прошло 50 лет? ВР и ДР стали возможными благодаря вычислительным мощностям, созданным в рамках Третьей промышленной революции. ВР нуждается в значительном развитии вычислительных мощностей, которые необходимы для создания изображения и анализа реального мира, а также в мобильных устройствах с изображением высокого разрешения — все это стало возможным благодаря развитию мобильных телефонов.

Также очень важно то, что цифровая революция создала спрос на виртуальную реальность. Как минимум два поколения выросли с пониманием, что фантастическая идея, скорее всего, станет возможной. Они прекрасно себя чувствовали в мирах, созданных компьютером. Когда компания Nintendo в 1985 году выпустила свою первую систему для видеоигр, многие родители беспокоились, как это повлияет на неокрепший мозг их детей. Но став взрослыми, эти дети занялись дизайном и разработкой компьютерных приложений, оборудования и сетевых систем, которые стали основой Четвертой промышленной революции. Видеоигры и симуляторы стали мейнстримом. Всего лишь один пример: военные используют их для обучения пилотов, управляющих дронами, воюющими в горячих точках на другой стороне земного шара.

Технологии ВР, ДР и СР — это не просто новые способы испытать на себе цифровые среды, они представляют платформы и системы, в которых можно обеспечить создание, обмен и распространение ценностей. Предлагая совершенно новый канал восприятия мира и взаимодействия с ним, они становятся одной из самых мощных преобразующих мир технологий Четвертой промышленной революции. Однако из-за эффекта присутствия они больше, чем другие цифровые каналы, будут размывать границу между искусственными технологиями, внешним миром и ролью человеческой интуиции и субъектности. Изменяя механизм нашего взаимодействия с Интернетом и цифровыми средами, ВР и ДР поднимают важнейшие вопросы о мироощущении человека¹⁸².

Технологии ВР и ДР также могут создавать захватывающие ощущения. Они позволяют пользователям взаимодействовать с людьми в других помещениях — или на других континентах. Человек может

очень реалистично имитировать свое присутствие в другой стране или в космосе. Стало возможным имитировать ощущения помимо изображения и звука. Устройства с тактильной обратной связью способны создавать целую гамму ощущений, а различные способы ощущения сопротивления дают пользователю ощущение физической отдачи. Это дополнительно усиливает эмоциональную отдачу при использовании ВР и ДР. Возможно, успехи в области нейротехнологии, нанотехнологии и искусственного интеллекта позволят управлять ВР, прямо влияя на мозг. Появления возможности подключить наш мозг к ВР через кортикальные модемы, имплантаты или нанороботов придется ждать еще много лет, но интерфейсы «мозг-компьютер» становятся все ближе к реальности. В ближайшие годы развитие внешних устройств для получения ощущений ВР, ДР и СР неизбежно ускорится и рано или поздно изживет себя и ему на смену придут внутренние, внедряемые «мокрые» устройства.

ИНТЕРФЕЙС — ЭТО ВСЕ

Йоби Бенджамин (Yobie Benjamin), соучредитель компании Avegant, США

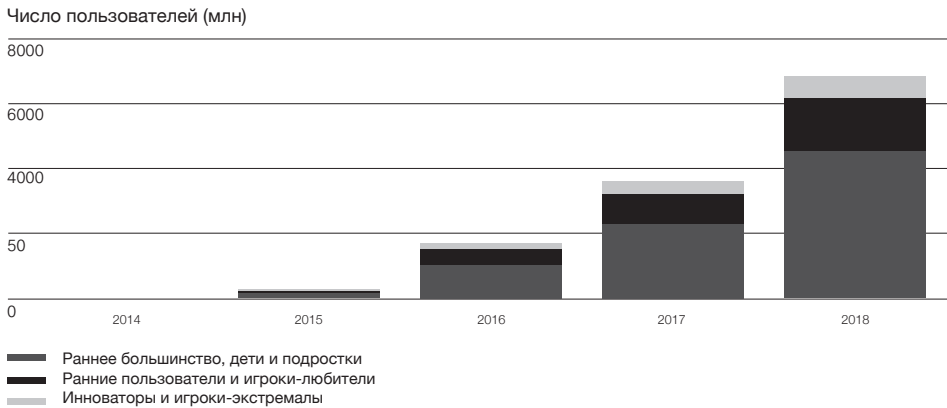
С появлением технологий нового поколения используемые нами на протяжении десятилетий устройства для работы и взаимодействия с компьютерами — мышь и клавиатура — быстро исчезнут. Интерфейсы будут развиваться в сторону использования функций реального мира, таких как звук человеческого голоса или движение глаз.

ДР, ВР, дисплеи изображения в сетчатке глаза (virtual retinal display, VRD), светопольный дисплей и голографические вычисления — все это представители следующего поколения интерфейса и формы взаимодействия между людьми и компьютерами. Эти технологии знаменуют собой следующий качественный скачок нашего мира в направлении от тяжеловесных и ограниченных интерфейсов типа клавиатуры, мыши и жестов смахивания и сведения пальцев на экранах мобильных телефонов. В будущем механизмы взаимодействия и интерфейсы будут неотделимы от вашего голоса, жестов, физических движений и даже движений глаза. Такие устройства, как Oculus, Avegant Glyph, HTC Vive и Microsoft HoloLens, а также голографическая технология компании Vntana предоставляют захватывающую среду с полным эффектом присутствия или без него. Эти технологии способны переносить людей в реальную или виртуальную среду и предоставлять интерактивные зрительные ощущения, о которых раньше можно было только мечтать. К большому сожалению,

радость использования всех современных устройств омрачается их размером, весом, требованиями к питанию и сложностью настройки.

Но это уже вчерашний день. Сейчас технологии становятся все более доступными. По прогнозам банка Goldman Sachs, к 2025 году объем рынка ДР, ВР и VRD вырастет до 85 млрд долл¹⁸³. К концу 2016 года было продано 12 млн шлемов ВР и VRD (7 млн проводных шлемов высокого класса и 5 млн бюджетных беспроводных шлемов). Эта цифра более чем удвоится в 2017 и 2018 годах (рис. 22).

Рисунок 22. Число активных пользователей виртуальной реальности в мире, 2014–2018 гг. (млн)



Источник: Sebti (2016 г.)

На начальном этапе дети, а также определенная часть взрослых будут тратить все больше денег и жить в средах ВР, ДР и СР. Четвертая промышленная революция с ранее невиданной скоростью несет с собой массовые перемены в технологиях, работе компаний, государственных институтов и социальных сред. Футуристические технологии из голливудских фильмов не более чем 20-летней давности стали реальностью. Например, голографические компьютерные интерфейсы из фильма «Особое мнение» 2002 года* теперь существуют на самом деле. Носимый дисплей Джорди Ла Форжа из сериала «Звездный путь»**, с помощью которого мозг этого персонажа подключался к искусственному интеллекту и полной базе знаний Вселенной, похож на современный Интернет и носимые устройства со специализированными приложениями.

* «Minority Report», фильм Стивена Спилберга. — Прим. ред.

** «Star Trek», выходил в 1979–2002 гг. — Прим. ред.

Поставляемые по запросу и пригодные к использованию продукты первого поколения доступны ранним пользователям. Очень примечателен тот факт, что технологическое развитие позволяет создавать более быстрые и дешевые процессоры, а также более быстрое и дешевое оборудование, которое потребляет еще меньше энергии. Эти процессоры и оборудование позволяют создавать меньшие по размеру, более легкие и практичные системы интерфейса между компьютером и человеком. Это означает, что появятся более легкие носимые дисплеи и компьютеры, которые станут такими же модными и социально приемлемыми, как пара крутых наушников или очков. Останется лишь дополнить эти устройства обработкой естественного языка и искусственным интеллектом и можно говорить о наступлении нового будущего. Мы уже знакомы с Siri, Watson и Alexa и их системами искусственного интеллекта на мобильных и домашних устройствах, но в течение года мы увидим появление возможности взаимодействия с ВР, ДР, VRD и, возможно, голографическими вычислительными системами с помощью команд на естественном языке.

Основы ВР и ДР уже заложены. Мы уже знакомы с феноменом игры Pokemon Go, позволившей миру ощутить вкус дополненной реальности в двухмерном ее варианте. Расширение этого феномена по мере освоения соответствующих технологий системой образования позволит превратить его в новую форму обучения с иллюзией «реального мира». Учителя истории смогут приводить своих студентов на живые дебаты в римском сенате, а преподаватели биологии смогут вместе со всем классом погрузиться во внутренности хромосом для экспериментов по синтетической биологии. «Оживление» этих абстрактных пространств сделает обучение более мощным и обращающимся к чувствам и ощущениям учеников. Компьютеры будущего будут значительно отличаться от того, что считали компьютерами на протяжении последних 30 лет.

Новый компьютер с его интерфейсами, к которым нам придется привыкать, будет бесконечно далек от управляемых с клавиатуры персоналок IBM с 640 килобайтами памяти или от первого Apple iPhone. Новый компьютер и его парадигма ВР и ДР будут развиваться в сторону меньших по размеру и более легких форматов, а также привлекательного дизайна. Возможно, мы даже увидим закат эры носимых мобильных телефонов. Новые технологии интерфейсов могут сделать нас всех похожими на Джорди Ла Форжа, и мы станем рулевыми наших объединенных миров. Жребий брошен. Pokemon Go уже здесь. Наложение графики на смартфонах стало реальностью. Продажи систем ДР, ВР и VRD растут, а голосовая функциональность и искусственный интеллект внедряются во все мобильные устройства. В итоге различия между ДР и ВР, скорее всего, исчезнут, а устройства станут более единообразными и многофункциональными.

нальными. Их обширные возможности по объединению естественного и синтетического видения заставят нас переосмыслить все — от социальных норм взаимодействия людей до того, как люди создают и перемещаются в частном и общественном пространствах.

Точно так же, как автомобиль Model T* вытеснил конные экипажи, старые интерфейсы исчезнут раньше, чем мы предполагаем.

В ближайшем будущем мы увидим множество новых возможностей. В частности, в образовании или в обучении без отрыва от производства ДР можно задействовать для облегчения восприятия материала: удаленные эксперты могут помогать местным специалистам, оснащенным устройствами дополненной реальности, выполнить задачу, которую те не смогли бы выполнить самостоятельно. В массовых открытых дистанционных курсах** виртуальную реальность можно использовать, чтобы собрать учащихся с разных концов мира вместе в виртуальных классных комнатах. ВР может оживить уроки истории, например позволив ученикам принять участие в поездке Розы Паркс на автобусе в г. Монтгомери в штате Алабама в 1955 году***.

Точно так же ВР может повысить привлекательность повседневных дел. В 2016 году газета «Нью-Йорк таймс» выпустила ВР-видео «Битва за Фаллуджу» (The Fight for Falluja), в котором зритель может увидеть бой за освобождение сирийского города Фаллуджа от войск ИГИЛ глазами иракских военных. Удостоенный многих наград фильм «Беженцы» студии виртуальной реальности Scopic погружает зрителя в жизнь беженца, сбежавшего в Европу из раздираемой войной Сирии и не имеющего представления, что его ждет в будущем. ВР может применяться в прямых спортивных репортажах, создавая у пользователей ощущение присутствия на стадионе, а также для имитации посещения музеев и виртуальных магазинов и компаний.

ВР и ДР обладают огромным потенциалом для улучшения здоровья и самочувствия людей. ДР можно применять для помощи хирургам при проведении операций, например для создания объемного образа опухоли, которую нужно оперировать. ВР уже

* Классический пример доступного автомобиля производства Ford Motor. Выпущен в 1908–1927 гг., признан «автомобилем века». — *Прим. ред.*

** MOOC — массовые открытые онлайн-курсы. — *Прим. ред.*

*** Историческое событие — во время автобусной поездки 1 декабря 1955 года американская общественная деятельница Роза Паркс отказалась, несмотря на требования водителя, уступить свое место белому пассажиру в секции автобуса для цветных после того, как все места в секции для белых были заняты. — *Прим. пер.*

используется в больницах для сокращения использования обезболивающих средств во время хирургических вмешательств. Со временем ДР в связке с развитым искусственным интеллектом будет создавать у органов чувств человека иллюзию тех или иных объектов. Это позволит слепым ориентироваться и испытывать в ощущениях как реальный, так и виртуальный мир. Эксперименты с применением ВР для лечения посттравматических стрессовых расстройств показали перспективность этого подхода для восстановления пациентов за счет проживания заново травматического опыта в безопасной среде.

МНЕНИЕ ХУДОЖНИКА: БУДУЩЕЕ ВИРТУАЛЬНО И ЗАМАНЧИВО

Дрю Катаока (Drue Kataoka), художник и технолог, компания Drue Kataoka Studios, США

Посмотрите на Сикстинскую капеллу, одно из величайших творений человеческого гения, — она в одиночку изменила представление наших предков о том, что означает быть человеком. Дух Создателя, плывущий в небе, мощные, атлетические фигуры в излучающих силу позах и, конечно же, жесткое предупреждение о дне Страшного суда. Гений Микеланджело создал целую вселенную изображений, сообщений и эмоций, которые мы ощущаем и сегодня.

Но в не таком отдаленном будущем Леонардо и Микеланджело завтрашнего дня будут смотреть на Сикстинскую капеллу так, как художники Возрождения смотрели на наскальные рисунки в пещере Ласко — потрясающе, мощно, но все-таки как-то слишком двухмерно.

А все дело в появлении ВР — новой среды для творчества, социального общения и повседневной жизни, которая изменит абсолютно все, что мы делаем, настолько, что сейчас мы вряд ли сможем оценить масштаб возможных перемен. Но давайте все-таки попытаемся приподнять завесу будущего и с помощью наших слабых, близоруких и таких человеческих глаз и других органов чувств заглянуть в грядущие десятилетия.

ВР — это материализация мечты художников с доисторических времен: стать Господом Богом — создавать целые миры и вселенные, атом за атомом, пиксель за пикселем. Они мечтали строить миры, в которых можно жить, общаться, играть и, конечно же, творить. Миры, которые были бы такими поразительными и вдохновляющими, что смогли бы открыть новый уровень творчества и продуктивности че-

ловека. Миры, в которых любой другой человек, живой или мертвый, был бы доступен в мгновение ока или мысли (естественно, при обоюдном согласии). Миры, которые не просто видны глазу, но которые еще можно ощущать тактильно, обонять и слышать, то есть получать ощущение присутствия почти сверхъестественного масштаба.

Но не станем ли мы одинокими?

Некоторые спросят, не будет ли этот дивный новый мир виртуальной реальности унылым и одиноким, как одинок геймер, замкнувшийся в игре. Ничуть. Facebook — лидер по созданию VR. В корпорации считают виртуальную реальность будущим коммуникаций и социального взаимодействия. В Facebook представляют мир, в котором исчезнут расстояния и границы и люди смогут встречаться и объединяться намного удобнее, чем когда-либо ранее. Мир, где расстояние и отсутствие времени вряд ли смогут стать оправданием отказа встретиться друга или родственника. В таком мире намного легче реализовать прямую демократию. Когда граждане и избиратели будут намного более информированы и вовлечены в процесс, воля людей будет отражена намного точнее, чем когда-либо раньше. Будущее VR лежит в социальной сфере, и масштаб такой «социализации» огромен. В конце концов, в виртуальной реальности встреча членов семьи или одноклассников, собрание общественности и вечер свидания необязательно должны заканчиваться.

Это новый способ взаимно интересного общения.

А еще важнее то, что VR открывает новые пути общения, которые раньше невозможно было себе представить. Вместо того чтобы говорить, как мы себя чувствуем, мы можем передать любимому человеку или коллеге всю полноту чувств с помощью 3D-изображений с эффектом присутствия и участием всех органов чувств. Это открывает совершенно новый мир эмпатии со всеми людьми с открытым сердцем и умом и может способствовать созданию лучшего, более сплоченного общества.

Мы также сможем не только легко понять чувства других, но ощутить себя в теле другого человека и пережить то, что ощущает он. Можно стать афроамериканцем или латиноамериканцем, геем или транссексуалом, полностью парализованным человеком, хасидом или ортодоксальным мусульманином. А затем можно вернуться к своей исходной личности, познав новое и отчасти изменившись. Через несколько лет вместо отправки «смайлика» мы сможем отправить файл с виртуальной средой с эффектом присутствия — тогда получатель сможет с помощью собственных органов чувств ощутить то, что чувствуете вы.

Разве это не похоже на мир из фильма «ВАЛЛ-И»* компании Pixar?

Наверняка кто-то спросит: разве это не будет подавлять творчество? Что произойдет с нашим мозгом, если каждое изображение будет максимально четким, а звук и тактильные ощущения выверены до предела? Найдется ли здесь место воображению? Не станем ли мы пассивными, полностью удовлетворенными потребителями из того же фильма «ВАЛЛ-И»? На самом деле ВР сделает наше творчество намного более свободным, чем любой предыдущий опыт. Творчество порождается разнообразием. Самый страшный враг творчества — рутина. А что касается разнообразия, то ощущения в ВР будут совершенно не похожими на что-либо существовавшее ранее — и масштаб перемен будет не просто на порядок большим. Совсем не случайно, что большинство известных в истории творческих личностей путешествовали больше своих современников, посещая экзотические страны. Имея доступ к ВР, каждый сможет путешествовать по миру, достигая самых дальних уголков Вселенной и человеческого воображения. Кроме того, ВР — это не просто пассивное восприятие. Новые средства творчества позволят нам изменять свою среду намного больше и глубже, чем это возможно в «реальном мире», — как с физической, так и финансовой точки зрения. Буквально каждый станет художником и будет заинтересован в развитии и испытании возможностей своих способностей и воображения. Конечно, не каждый станет Микеланджело, но общий уровень творчества человека поднимется на невиданную ранее высоту.

Но готова ли к этому технология?

Современные устройства HTC Vive и Oculus Rift или Microsoft HoloLens по сравнению с будущим оборудованием ВР — все равно что старинный ПК Apple II по сравнению с современными супермощными игровыми компьютерами. Предстоит новый качественный скачок.

Это правда, однако важно то, что Vive, Rift и HoloLens впервые представляют собой жизнеспособный массовый товар, который начинает получать всеобщее признание. Да, они все еще дороги, не лишены недостатков и иногда громоздки, но в отличие от устройств ВР недавнего прошлого, для их обслуживания и, что более важно, для их использования не требуется целая команда инженеров. Эти два аспекта являются признаками начала революции. Медленно, но верно человечество втягивается в ВР-волну ускоренного развития сетевого эффекта: разработчики игр начинают создавать контент, Google Tilt Brush и Oculus Medium создают возможности для творчества и, как и в начале эры персональных вычислений, ран-

* «WALL-E», режиссер Эндрю Стэнтон. — *Прим. ред.*

ние пользователи, энтузиасты и умельцы работают в своих гаражах и подвалах в Северной и Южной Америках, Европе, Азии и на всех остальных континентах. И, как всегда бывает, когда действует сетевой эффект, каждый инженер, художник и пользователь делает платформу ВР еще мощнее и доступнее для использования всеми людьми. Мы находимся на самых начальных этапах экспоненциального роста. Изучая прототипы здесь, в Кремниевой долине, легко оценить, насколько новые массовые ВР-устройства станут меньше, мощнее, быстрее и понятнее. Не за горами то время, когда появится следующее поколение устройств высшего класса, поддерживающих новые каналы ощущений — осязание, обоняние и вкус. Со временем эти функции будут внедрены в более массовые устройства, а затем, с появлением интерфейсов «мозг-компьютер», откроются новые возможности. Будущее ВР не просто светлое — оно потрясающее. Революция начинается, но пока она незаметна.

РАЗМЫТЫЕ ГРАНИЦЫ

У технологий ВР, ДР и СР есть определенные проблемы. Когда в 2013 году было выпущено устройство Google Glass, его посчитали нарушающим неприкосновенность личной жизни других людей. Непрерывно работающая камера нарушала неписаное общественное соглашение о том, что, прежде чем делать видео или снимки других людей, надо явно или неявно спросить их разрешения. Она также создавала неловкость, потому что направленная к собеседнику просьба опустить телефон с камерой более социально приемлема, чем требование снять очки. Успех устройств ВР и ДР будет зависеть от того, будут ли пересмотрены границы социально приемлемого. Но в случае создающей эффект присутствия виртуальной реальности это не такая серьезная проблема. На самом деле в недавно выпущенных очках Snapchat AR часть этих проблем была решена, и они пользовались громким успехом.

Есть и практические вопросы, а именно удобство, время работы от батареи и стоимость. Текущие цены являются слишком высокими даже для массового рынка развитых стран и недоступны для большинства населения Земли. Даже если у всех людей появится достаточно быстрый и надежный доступ к Интернету, чего нельзя сказать о более чем половине населения земного шара, то и тогда на повсе-

местное внедрение такой технологии потребуются годы. Эта технология далека от глобальной доступности.

ВР также поднимает вопрос неприкосновенности личной жизни. ВР-устройства могут узнавать очень много о том, как пользователи реагируют на те или иные воздействия, отслеживая движения глаз, положение головы или даже эмоциональное состояние человека. Эта информация может использоваться для влияния на поведение или даже для инкриминирования тех или иных преступлений или для причинения беспокойства человеку. ВР может стать социальной проблемой, усиливая изоляцию пользователей путем размещения их в полностью закрытых мирах, где они взаимодействуют с цифровыми аватарами, а не с реальными людьми. Злоупотребление ВР может увеличивать дистанцию между членами семьи и размывать социальные структуры.

Для предотвращения таких проблем следует разработать свод законов, которые предоставят больше прав гражданам, повысят уровень демократии и не позволят технологиям превратиться в средства манипулирования. Все заинтересованные лица должны принять участие в обсуждении вопроса о том, как направить развитие и развертывание ВР, ДР и СР, чтобы это не разрушало доверие, способность к сопереживанию и совместной работе.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Виртуальная реальность (ВР), дополненная реальность (ДР) и смешанная реальность (СР) — все они представляют собой набор аудиовизуальных технологий с эффектом присутствия, позволяющих людям переноситься в виртуальную среду или добавлять виртуальные элементы в свою реальную среду. Такие изменяющие реальность цифровые технологии разрабатывались более 50 лет, но теперь прогресс происходит за счет объединения вычислительных мощностей, мобильности и интерактивных возможностей.
2. Возможность подключения ВР, ДР и СР к технологиям другого типа, предоставляющим тактильную обратную связь как с виртуальным, так и воображаемым миром, может создавать совершенно новые ощущения, допустимость которых с этической точки зрения может быть под вопросом, если потребуется использовать интерфейсы, устанавливаемые хирургическим путем. Внедрение этих технологий столкнется с теми же проблемами, с которыми сталкивались предыдущие развлекательные платформы, — это влияние на психологию человека, социализацию и понимание ответственности и субъектности.

3. ВР, ДР и СР можно считать следующим этапом эволюции интерфейса, которая началась с перфокарт, продолжилась клавиатурой и мышью, затем перешла к сенсорному экрану и голосовому управлению и сейчас переходит к жестам и естественным движениям.
4. ВР, ДР и СР продемонстрировали, что могут способствовать росту эмпатии и благополучия людей, а также помогать людям с ограниченной работоспособностью органов чувств. Они позволяют создавать новые обучающие материалы, а также дают возможность человеку почувствовать себя в другой части мира и ощутить повседневную жизнь других людей. Но остаются вопросы, как эти технологии повлияют на стабильность чувства реальности, потому что ограничение внешних раздражителей органов чувств, или сенсорная депривация, создает привлекательную среду для пользователей.
5. ВР, ДР и СР создают вполне определенные проблемы, связанные с неприкосновенностью личной жизни, социальной приемлемостью и общедоступностью из-за слишком высокой цены. Последствия стимулирования, сенсорной депривации и длительного использования технологии виртуализации еще не до конца понятны. Относиться к этим технологиям как к заменителям современных мультимедиа означает слишком упрощать ситуацию, потому что у них могут быть другие биологические последствия.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ВСТАВКА

Взгляд на искусство, культуру и Четвертую ПРОМЫШЛЕННУЮ РЕВОЛЮЦИЮ*

В награжденном «Эмми» фильме виртуальной реальности Линетт Уоллворт (Lynette Wallworth) Столкновения (Collisions), Найэрри Морган (Nyarrri Morgan), старик-абориген из пустыни на западе Австралии, сидит и смотрит видео Джулиуса Роберта Оппенгеймера (J. Robert Oppenheimer), американского физика-теоретика, руково-

* Предоставлено Нико Дасвани (Nico Daswani), Всемирный экономический форум, и Андреа Банделли (Andrea Bandelli), исполнительным директором галереи Science Gallery International, Ирландия.

дившего созданием первых атомных бомб. Перед Найэрри было открыто много путей, пока в один прекрасный момент в 1950-е годы он не увидел собственными глазами грибовидное облако. В то время он посчитал это посланием богов. Но оказалось, что Великобритания проводила на его земле испытание атомной бомбы.

60 лет спустя после этого судьбоносного события Найэрри снова сидит под небом этой же пустыни и смотрит отображаемый с проектора на экран видеоролик, в котором Оппенгеймер говорит о самом первом ядерном испытании. Мрачно нахмуренный, он делится своим осознанием, цитируя бога Вишну: «Я — Смерть, великий разрушитель миров». Найэрри медленно подходит к экрану. Мы видим двух мужчин в одном кадре и в тот момент осознаем, как тесно переплетены их жизни, хотя находятся они в совершенно разных мирах.

Содержание и форма фильма «Столкновения», для которого Всемирный экономический форум стал и исполнительным продюсером, и инициатором мировой премьеры на ежегодном Давосском форуме в 2016 году, дают пищу для размышлений о том, насколько важны искусство и культура для фундаментального понимания нашей связи с техникой и куда эта связь движется на протяжении последнего столетия. В фильме используются последние достижения технологий виртуальной реальности для создания среды, подталкивающей к диалогу о непреднамеренных последствиях наших действий и, в данном случае, о нашем стремлении к техническому прогрессу. Цель фильма — вдохновить на размышления о желании или вере в то, что человек сможет отгадать все загадки, что все во Вселенной, по меткому выражению философа Хайдеггера, представляет собой всего лишь «холодный резерв» — инертный набор ресурсов, существующий для того, чтобы человек мог его использовать.

В фильме исследуется технологическая гордыня, а также то, как часто ее упускают из виду и, наверное, как никогда по-настоящему не оценивают ее масштаб. Как и предназначение античных трагедий, функция виртуальной реальности — показать, как мы ограничиваем мир собственным зашоренным взглядом. Античные греческие трагедии говорят нам, что бороться с природой бесполезно и что судьба на одну половину состоит из провидения, а на вторую — из наших собственных действий. Многие общества до нынешней эры воспринимали мир по-своему — как наполненный ощущениями и суждениями, такими же богатыми, плотными и ценными, как любой технологический анализ. Но в современную эпоху техника позволила сформировать образ мышления, ориентированный на упорядоче-

ние мира, и поддержала человека в его стремлении победить природу и контролировать свою судьбу.

Искусство, или, как называли его греки, *техне*¹⁸⁴, дает нам что-то еще. Оно дает нам каналы для выражения и критического разбора наших проектов, до того как представляемые ими ценности и направления реализуются в технологии. В этом смысле роль гуманитарных наук заключается не столько в прогнозировании будущего, сколько в предоставлении эмоциональных средств и средств познания, позволяющих представить себе будущее и добиться творческих достижений. В Четвертой промышленной революции способность понимать эмоции особенно важна для приобретения новых навыков и гибкости, чтобы осваивать неизвестное, чтобы надеяться на лучшее и одновременно быть начеку перед лицом перемен, чтобы проявлять изобретательность, реагируя на сложность окружающих нас систем, а также чтобы быть достаточно смиренным, чтобы понимать, что мы не в силах узнать все.

Возьмем, к примеру, портретные жизнеописания в арт-проекте *Stranger Visions*, представленном Хетер Дьюи-Хагборг (Heather Dewey-Hagborg) на ежегодной встрече Всемирного экономического форума в 2016 году. Для создания этой работы художник взяла ДНК с подобранных на улице окурков и жевательной резинки, выполнила сканирование генома и попыталась восстановить лицо человека с такой ДНК. Такие работы вызывают бесконечные дискуссии о нашей личности и широкой доступности генетического сканирования. Для полной готовности технологии потребуется еще несколько лет, но ее реализация стала осязаемой в этом арт-проекте.

Но что, если это не просто неоднозначное произведение искусства, что, если такой процесс станет реальностью? Инициативные группы в больших городах сейчас используют эту технологию для определения людей, которые мусорят, по их ДНК в найденном на улице мусоре, и передают их портреты публичной огласке. Это «пограничная область» технологии, в которой пока не выработаны четкие правила, а ценности и технологии движутся по двум параллельным путям и пока никак не синхронизованы. Искусство позволяет определить нашу эмоциональную реакцию на технологию до того, как мы увидим реальные ее последствия.

Через искусство и культуру мы вырабатываем у себя способность воспринимать и оценивать то, что отличается от нас. Мы ставим под сомнение и изменяем свой образ мышления и можем воспринять то, что поначалу казалось недопустимым. Искусство позволяет нам рассматривать различия не как угрозы, а как новые горизонты

отношений между людьми, а это помогает вырабатывать эмпатию — способность понимать и разделять чувства других. Готовя себя к различным вариантам будущего, мы также становимся более стойкими и учимся противостоять тому, что кажется невозможным, и мыслить об этом как о реальности. Мы учимся подвергать сомнению основы собственных представлений о мире.

Фильм «Столкновения» жестко критикует тот взгляд, что задача технологии — управление миром. Фильм напоминает нам, что, хотя общепринятое представление о мире может восприниматься как что-то само собой разумеющееся, это не единственное представление, имеющее смысл. Через несколько недель после того, как Линетт Уоллворт представила фильм «Столкновения» членам австралийского парламента, парламент наконец впервые решил — после более чем полувековой дискуссии — включить в федеральный бюджет ассигнования на защиту здоровья людей, которые пострадали от испытаний Великобританией атомной бомбы в 1950-х годах. Этому решению помогло искусство. Но что, если бы Оппенгеймер и Найэрри встретились за много лет до ядерных испытаний? Могла бы эта встреча изменить ход истории?

Потребовалась созданная художником среда виртуальной реальности, чтобы создать у зрителей глубокий эффект присутствия в эмоциональном пространстве аборигенов. Здесь искусство техническими средствами предупреждает об опасности бездумной гонки за техническими достижениями и рабского следования технократическому образу мышления. Такие сложные отношения с техникой призывают к вдумчивому обсуждению того, как мы ее используем. Конечно, техника может уничтожить как наш физический мир, так и наше концептуальное знание о нем. Но в руках одухотворенных, творческих и ответственных людей искусство и технологии могут также стать средством передачи сопереживания и сближения между различными представлениями о мире. В рассказе об Оппенгеймере и Найэрри сталкиваются две культуры — в одной мир ценится как объект, который надо контролировать, а во второй мир представляется священным пространством. Отображение столкновения наших представлений и ожиданий — именно то место, где искусство обнаруживает мириады значений.

Раздел 4. ИНТЕГРАЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ГЛАВА 14

ПОЛУЧЕНИЕ, НАКОПЛЕНИЕ И ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ*

ОСНОВОЙ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕВОЛЮЦИЙ БЫЛИ преобразования в энергетике. Сначала это был переход к использованию энергии пара, а затем — к использованию электроэнергии. Сейчас, в начале Четвертой промышленной революции, энергетика находится на пороге нового исторического перехода: от ископаемых видов топлива к возобновляемым энергоресурсам. Экологически чистые энергетические технологии и более совершенные возможности аккумулирования энергии выходят из лабораторий на производство и завоевывают рынки. С учетом того, что широкая коалиция стран инвестирует средства в прорывные технологии, способные изменить ход истории (такие как термоядерный синтез), уже можно предвидеть контуры нового энергетического будущего.

Всеобщая доступность экологически чистых, доступных энергоресурсов положительно скажется на состоянии окружающей среды и в особенности на населении развивающихся стран, в которых системы электроснабжения не отличаются надежностью или вовсе отсутствуют. Кроме того, применение экологически рациональных энергетических технологий может снизить издержки для компаний и потребителей и преодолеть негативное воздействие на экологию, ставшее результатом промышленных загрязнений прошлого века. Однако, чтобы эти преобразования были успешными, потребуются международное сотрудничество, долгосрочный подход и многосто-

* Написано в сотрудничестве с советом по будущему энергетике (Future of Energy), входящим в состав советов по глобальному будущему (Global Future Councils) Всемирного экономического форума.



РАЗНЫЕ ЛЮДИ
ЦЕНЯТ РАЗНЫЕ ВЕЩИ.
ПОЭТОМУ РАЗНОГЛАСИЯ
В СОЦИАЛЬНЫХ
И КУЛЬТУРНЫХ ТОЧКАХ
ЗРЕНИЯ НА ТЕХНОЛОГИИ
БУДУТ СУЩЕСТВОВАТЬ
ВСЕГДА.



ронный диалог о необходимости инвестиций в технологии и инфраструктуру. Неверные шаги могут помешать всеобщему прогрессу на пути к этому потенциально революционному достижению.

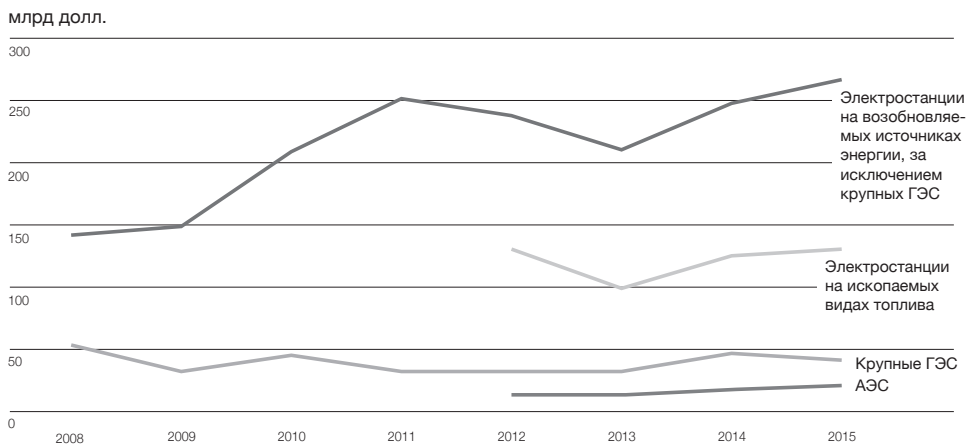
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭФФЕКТИВНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В МИРОВОМ МАСШТАБЕ

Многие технологии Четвертой промышленной революции, по всей видимости, имеют неоднозначные последствия. Наряду с обнадеживающими перспективами они могут вызывать социальное неравенство, безработицу, социальную разобщенность и вред для окружающей среды. Однако применительно к энергетическому сектору положение дел видится более оптимистичным. При условии надлежащего финансирования новые энергетические технологии могут привести к снижению цен, преодолению зависимости от ископаемых видов топлива, порожденной Первой промышленной революцией, и позволят создать экологически рациональное будущее для богатых и бедных, для городского и сельского населения.

Благодаря достижениям в области производства и распределения, достигнутым со времен Первой промышленной революции, человечество получило в свое распоряжение огромные запасы энергии. С помощью мышечных усилий человек способен вырабатывать мощность порядка 100 Вт. Этого достаточно для одной лампы накаливания. Спортсмены могут вырабатывать в три-четыре раза больше. Однако на каждого жителя планеты в среднем приходится мощность более 8000 Вт, а на каждого жителя некоторых развитых стран — более 35000 Вт¹⁸⁵. Проблема состоит в том воздействии, которое топливо, сжигаемое для получения этой энергии, оказывает на экологию планеты. По оценкам Управления по энергетической информации США (US Energy Information Administration), к 2040 году общемировая потребность в энергии увеличится почти вдвое и достигнет 39 трлн кВт·ч. Большая часть этой потребности будет приходиться на развивающиеся страны, которые пока имеют слаборазвитую инфраструктуру¹⁸⁶.

Обеспокоенность по поводу климатических изменений нашла отражение в целях в области устойчивого развития (Sustainable Development Goals), сформулированных ООН, и уже подстегнула

Рисунок 23. Инвестиции в энергетические мощности за период с 2008 по 2016 г.



Источник: материалы Франкфуртской школы финансов и управления (Frankfurt School of Finance & Management) (2017 г.), на основе данных, представленных на рис. 25

внедрение технологий возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергетика и ветроэнергетика. В 2015 году объем соответствующих инвестиций составил 265 млрд долл. (рис. 23), хотя в 2016 году имело место падение до уровня в 226 млрд долл¹⁸⁷. Росту инвестиций способствовало снижение цен на компоненты для солнечной и ветровой энергетик. В 2016 году доля возобновляемых источников в объемах нового производства электроэнергии впервые превысила 50%, хотя все еще составляла лишь 10% от общемирового объема производства электроэнергии. Чтобы удовлетворять растущие потребности в энергии, добиться снижения потребления традиционных видов топлива и замедлить климатические изменения, энергетическая отрасль нуждается в дальнейших инновациях.

Прогнозисты-оптимисты полагают, что прорывы в технологиях аккумулирования энергии помогут достичь целевых показателей. Однако такие технологии потребуют гораздо более значительного объема инвестиций. В связи с этим крайне важно сохранить ценовой ориентир в условиях продолжающегося падения цен на жидкие виды топлива. Сейчас объем инвестиций в научно-технические разработки в области возобновляемых источников энергии находится на уровне 8–9 млрд долл., что составляет примерно 1/27 от объема всех остальных

инвестиционных расходов за 2017 год¹⁸⁸. Более желательным, согласно оценкам Кэмерона Хепберна (Cameron Hepburn), руководителя программы в области экономики устойчивого развития (Economics of Sustainability) института нового экономического мышления (Institute for New Economic Thinking) школы Оксфорд Мартин (Oxford Martin School), было бы соотношение, близкое к 1:1¹⁸⁹. При условии надлежащего финансирования новые технологии, такие как биологические батареи, энергоэффективные наноматериалы, модульные блоки аккумулирования энергии, работающие в составе энергосистем, искусственное преобразование биологических отходов и приливные энергетические установки, могут развиваться и дальше.

На разработки в энергетике также будут влиять и другие технологии Четвертой промышленной революции. Искусственный интеллект позволит обеспечить интеллектуальное управление электросетями, способствуя повышению эффективности и снижению издержек¹⁹⁰. Нанотехнологии, такие как углеродные нанотрубки и нанопористые пеноматериалы или гелеобразные субстанции, будут способствовать повышению эффективности и снижению потерь на всех этапах энергетического цикла, от поставщика до потребителя. Автоматизированные транспортные системы позволят повысить эффективность использования ресурсов за счет оптимизации маршрутов и энергопотребления, а биотехнология способна предложить такие инновации, как бактериальная инженерия и использование энергии фотосинтеза для создания биотопливных элементов¹⁹¹.

Пожалуй, самой передовой является технология ядерного синтеза, которая — если она будет работать так, как предполагалось, — позволит в изобилии получать экологически чистую, неисчерпаемую и относительно недорогую энергию. Здесь целевым является 2035 год. К этому сроку, как рассчитывают 35 стран, участвующих в проекте, во Франции будет введен в эксплуатацию международный экспериментальный термоядерный реактор (International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER), который станет самым совершенным из всех когда-либо созданных реакторов для ядерного синтеза¹⁹². Ожидается, что его влияние на промышленные отрасли, экономику и геополитику будет грандиозным. И все же нельзя гарантировать, что эта огромная — объемом 18 млрд долл. — инвестиция в технологию ядерного синтеза будет успешной, поэтому диверсификация в разработке источников энергии представляется весьма разумной. Среди других набирающих силу разработок стоит отметить приливные энергетические установки и более экстравагантные идеи, такие как передача энергии с орбитальных солнечных электростанций при помощи микроволнового излучения¹⁹³.

Какими бы ни были будущие источники энергии, в приоритете также должна оставаться задача эффективного накопления энергии. В частности, поскольку солнечные и ветровые электростанции не могут вырабатывать энергию непрерывно, прогресс в технологиях аккумулирования энергии позволит значительно расширить масштаб применения возобновляемых источников энергии. Технологии аккумуляторов быстро совершенствуются, по крайней мере на лабораторном уровне, а в ближайшие 15–20 лет мы сможем увидеть дальнейшие инновации в области нанотехнологий¹⁹⁴. Снижение массы и габаритов аккумуляторных источников питания приведет к значительному росту привлекательности и практической полезности источников энергии с нерегулярной отдачей, а также позволит обеспечить электричеством еще 1,2 млрд людей, нуждающихся в нем.

Для раскрытия потенциала требуются совместные усилия

Для того чтобы конкурировать со сложившимися геополитическими и экономическими структурами, образовавшимися вокруг таких отраслей, как нефтяная и газовая, необходимо выработать новые стимулы для сотрудничества в сфере экологически чистых источников энергии. Такие структуры настолько укоренились, что пересмотр сложившейся зависимости от ископаемых видов топлива может породить серьезные системные риски. Падение цен на нефть уже оказало глубокий экономический и социальный эффект на такие нефтедобывающие страны, как Венесуэла, Россия и Нигерия. Прорыв в технологиях аккумуляторных источников энергии, к примеру, может иметь серьезные геополитические последствия для региональной безопасности из-за своего воздействия на налоговые системы и уровень занятости.

Однако, учитывая угрозу климатических изменений, на эти риски необходимо идти. Китай начал активно инвестировать средства в снижение объемов выбросов углекислого газа, но на полноценное воплощение этих усилий потребуются время. Тем не менее в мире растет понимание того, что, если страны будут действовать сообща, технологии позволят ускорить переход к экономике с нулевым уровнем выбросов углекислого газа.

На самом деле самая большая проблема перехода на экологически чистые источники энергии состоит в том, что этот процесс идет слишком медленно. Прежние преобразования энергетических систем

затрагивали науку, инфраструктуру, сферу нормативного регулирования и товарные экосистемы. Такие структуры складывались в течение многих поколений, поскольку внедрение материалоемких технологий требовало длительного времени. В условиях, когда рынок ставит краткосрочные цели, переход к экологически чистой энергетике, который требует общество, без поддержки со стороны государства будет идти медленнее. Хорошим примером здесь является Кремниевая долина, предприятия которой на протяжении последних 20 лет были важной движущей силой экономики. Это стало возможным благодаря государственным инвестициям, сделанным в 1960-е и 1970-е годы.

Помимо инвестиций, для достижения экологически рационального будущего также требуется диверсификация. К тому времени, когда термоядерный реактор ITER выйдет на свою пиковую мощность, возобновляемые источники энергии смогут обеспечивать до 50% производства электроэнергии в Европе¹⁹⁵. Если следующие 20 лет технологии аккумулирования энергии будут устойчиво развиваться и продолжится инвестирование в инфраструктуру, мы будем уверенно двигаться в направлении экологической рациональности, даже если миллиардные инвестиции в ITER окажутся потраченными впустую. В производстве электроэнергии существуют и другие новаторские подходы, такие как использование потенциала международной кооперации и интеллектуальные сети, обеспечивающие интеграцию рынков и снижение энергозатрат за счет более эффективного распределения электроэнергии.

Перед нами по-прежнему стоят задачи перехода к технологиям возобновляемых источников энергии, снижения объемов вредных выбросов и повышения доступности энергии в развивающихся странах. Экологически чистое производство и распределение электроэнергии станут жизненно важной задачей для столетия, в котором общая численность населения достигнет ошеломляющей численности в 11 млрд человек¹⁹⁶.

ЭНЕРГОСИСТЕМА БУДУЩЕГО

Дэвид Виктор (David Victor), профессор Калифорнийского университета, Сан-Диего (UCSD), США

При модернизации любой экономики уровень ее электрификации возрастает. Как правило, в наиболее развитых экономиках почти половина получаемой первичной энергии преобразуется в электрический ток, после чего электроэнергия поступает конечным потребителям по линиям электропередачи. Поскольку потребность в по-

вышении экологичности энергосистем возрастает, ожидается еще более значительный сдвиг в сторону электрической энергии.

По мере того как зависимость общества от электричества растет, возникает вопрос: будет ли энергосистема будущего по-прежнему оставаться такой, какой она была на протяжении прежних 100 лет? В современной энергосистеме крупные центральные электростанции и масса электрогенерирующих установок, использующих возобновляемые источники энергии, такие как парки ветряных электростанций, связаны с потребителями при помощи протяженных линий электропередачи и сложных распределительных сетей, которыми централизованно управляют энергетические компании и другие операторы. В таких энергосистемах задействованы самые крупные на планете машины. Станет ли энергосистема будущего децентрализованной системой, в которой частные потребители энергии будут одновременно и производителями?

Быстрые технологические изменения, характерные для Четвертой промышленной революции, в самом скором времени потребуют от нас выбора одной из этих конкурирующих концепций энергосистемы будущего. С одной стороны, значительное повышение эффективности центральных электростанций и протяженных линий электропередачи (к примеру, в Китае функционирует самая крупная в мире сеть линий электропередачи напряжением 1 млн В) делает централизованные энергосистемы более надежными и экономически эффективными. Еще более сильный интерес вызывает ряд технологий децентрализованного электроснабжения, которые идеально подходят для категории производителей-потребителей. Это, в частности, небольшие турбины и микроэнергетические установки, которые могут использоваться для энергоснабжения промышленных зданий и кампусов, а также еще более компактные тепловые насосы, способные с чрезвычайно высокой эффективностью обеспечивать тепло- и холодоснабжение.

Благодаря появлению недорогих датчиков, высокопроизводительных компьютеров и инструментов для анализа «больших данных», эти многочисленные децентрализованные системы получили возможность функционировать автономно, а потребители обрели больше свободы в отношении выбора нужных им услуг. Стоимость аккумуляторных систем, необходимых для локального накопления энергии и сглаживания пиков потребления, стремительно падает.

Хотя победители этого масштабного соперничества пока еще неизвестны, можно предположить, что технологии децентрализации имеют преимущество и что энергосистема будущего станет гораздо более децентрализованной, чем нынешняя. Хотя центральные электростанции по-прежнему будут играть определенную роль, энергокомпании сейчас внедряют технологии, которые позволят повысить

уровень автоматизации и оперативности управления на местном уровне. Это даст возможность увеличить надежность, так что в случае отказа некоторых компонентов энергосистемы (что периодически случается после снежных бурь и других явлений) система местного управления сможет автоматически перестроить свою структуру и сохранить бесперебойное энергоснабжение. Инвестиции в микро-энергосистемы, как и во многие другие составляющие революции в структуре производителей-потребителей, стремительно растут. Некоторые регулирующие органы также принимают новые нормы, специально разработанные для того, чтобы уменьшать финансирование централизованных поставщиков в пользу местных поставщиков и систем управления. Одним из примеров такого подхода является концепция по реформированию энергетического сектора в штате Нью-Йорк («New York's Reforming the Energy Vision»).

На вопрос, хороша ли такая децентрализация для энергосистем, довольно трудно ответить. Теоретически децентрализация и более совершенное управление на местном уровне дадут возможность потребителям воспользоваться всеми преимуществами повышения надежности сетей. Расширение возможностей управления со стороны потребителей позволит высвободить рыночные силы, которые слабы или отсутствуют в сегодняшних электроэнергетических системах. Это связано с монополизмом во многих сферах и с тем, что энергосистемы зачастую управляются государственными предприятиями или коммунальными предприятиями, деятельность которых регулируется государством. Возможность микроэкономического регулирования применительно к энергетическим компаниям также может стать благом для директивных органов, которые стремятся направлять субсидии и другие пособия наиболее сильно нуждающимся потребителям. Это важный момент в свете решения задачи предоставления услуг по энергоснабжению всему населению Земли по доступной цене.

И все же, если говорить о мировых энергосистемах в целом, данная концепция остается в значительной мере лишь рабочей гипотезой. Многое может пойти не так. Плохо организованное децентрализованное управление может ухудшить стабильность энергосистем. До настоящего времени централизованные энергосистемы показали достаточную устойчивость к несанкционированным внешним вмешательствам (хакерским атакам), несмотря на ряд инцидентов, таких как взлом элементов энергосистемы Украины в конце 2015 года. Но более децентрализованная система управления может стать уязвимее для злоумышленников. Кроме того, для создания по-настоящему децентрализованной энергосистемы потребуются масштабные инвестиции, возможно еще более значительные, чем для централизованных систем. Чтобы эти инвестиции окупились, потребуются проверенные

бизнес-модели и хорошее управление. Хотя децентрализация благоприятствует появлению более экологически чистых технологий, ряд экономически эффективных подходов к децентрализации не предполагает полного отказа от вредных выбросов.

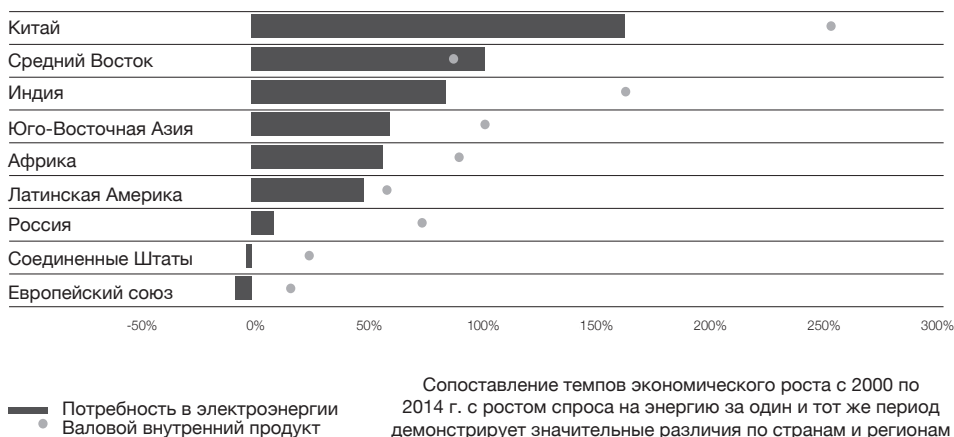
В большинстве микроэнергосистем, к примеру, используются высокоэффективные энергоустановки, работающие на природном газе. Это экологически чистый вид топлива, но, принимая во внимание общемировую задачу свести к нулю выбросы парниковых газов, применение данного вида топлива должно быть резко сокращено (или оно должно быть заменено на безуглеродное).

Важно, чтобы потребители, энергетические компании и директивные органы ответственно отдали себе отчет в том, реальны ли преимущества децентрализации. Поскольку технологии меняются быстро, необходимо иметь возможность корректировать нормативно-правовые положения и соблюдать надлежащий баланс между централизованной и децентрализованной энергетическими системами.

Эта проблема особенно актуальна в ситуации, когда на регионы с высокими темпами роста приходится наивысшая доля общемировых потребностей в энергии (рис. 24). Для того чтобы принимать обоснованные решения в области построения физической инфраструктуры с такими сложными составляющими, как связь, системы управления, средства измерения и технического обслуживания, а также создавать интегрированные международные энергетические рынки, требуется долгосрочный подход, ориентированный на множество заинтересованных сторон. Чтобы ориентироваться на перспективу, нужно сосредоточиться на инвестициях в разработку технологий, полностью свободной от углеродистых соединений, а не поощрять формирование инфраструктуры с низким уровнем выбросов CO₂, рассчитанной на ближайшие 20–30 лет.

Как и для других актуальных глобальных проблем, необходима стойкая приверженность государств к договоренностям, учитывающим интересы множества различных кругов. Как отмечается в большинстве исследований, для того чтобы добиться значительного снижения уровня вредных выбросов, требуется строительство капиталоемких электрических сетей. История показывает, что частные компании и правительства готовы к масштабным инвестициям в электрические сети только в том случае, если у них есть уверенность в предсказуемости законодательной и нормативно-правовой базы. Для смягчения международных рисков требуется наличие соглашений, таких как инвестиционные договоры, и арбитражных ме-

Рисунок 24. Динамика изменений ВВП и спроса на энергию в некоторых странах и регионах за 2000–2014 гг.



Источник: материалы Франкфуртской школы финансов и управления (Frankfurt School of Finance & Management) (2017 г.), на основе данных, представленных на рис. 25

ханизмов, а также координация национальных энергетических законов с международными стандартами.

Как отмечается в докладе Всемирного экономического форума о глобальных рисках 2017 года (*Global Risks Report 2017*), новые технологии в энергетике занимают завидное место среди группы технологий, негативные последствия от которых считаются наименее вероятными. Одновременно с этим они удерживают второе место среди технологий, обещающих наибольшие выгоды. Если не использовать этот потенциал, это станет катастрофическим провалом в деле соблюдения принципа коллективной ответственности.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Четвертая промышленная революция может покончить с мировой зависимостью от ископаемых видов топлива и от процесса производства энергии, сопровождаемого выбросами парниковых газов, которая сложилась в результате предыдущих промышленных революций. Эта задача как никогда актуальна, поскольку по мере роста мирового населения и индустриализации экономики климатические изменения становятся все более заметными, а общемировой спрос на энергию к 2040 году, по прогнозам, удвоится.

2. Чтобы ускорить темпы роста и охватить большее число секторов экономики, необходимо продолжить переход к возобновляемым источникам энергии. Нужно уже сейчас делать долгосрочные инвестиции, чтобы воспользоваться их плодами в предстоящие десятилетия, в особенности это касается быстрорастущих регионов. Инвестиции в научные исследования в сфере возобновляемых источников энергии должны опережать затраты на внедрение. Вместе с достижениями технологий аккумулирования энергии это позволит удовлетворить растущий спрос на электроэнергию.
3. Исследуются новые технологии в энергетике — от использования энергии приливов до термоядерного синтеза, а также передовые материалы и нанотехнологии. Это позволит повысить эффективность и снизить потери энергии. Интеллектуальные сети, дополненные возможностями искусственного интеллекта, а также динамическое перераспределение электроэнергии и использование транспортных средств с аккумуляторным питанием создадут возможность обеспечить широкомасштабное повышение эффективности на всех уровнях.
4. Масштабный переход к возобновляемым источникам энергии порождает опасения для индустрии ископаемых видов топлива, а также создает угрозу для соответствующих давно сложившихся геополитических структур. В этой связи крайне важно организовать коллективное взаимодействие, направленное на смягчение социальных и политических последствий такого перехода.
5. Если мы хотим, чтобы правительства были готовы к долгосрочным инвестициям, требуется сотрудничество всех заинтересованных кругов и всеобщая стабильность. Предсказуемость законодательства и нормативно-правовых баз поможет обеспечить доверие к такому сотрудничеству.

ГЕОИНЖЕНЕРИЯ*

ИДЕЯ ГЕОИНЖЕНЕРИИ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОМ ЭФФЕКТИВНОМ управлении поведением чрезвычайно сложной биосферы Земли. Многие ученые, однако, находят, что технологии, предназначенные для вмешательства в эту область, в лучшем случае являются незрелыми и небезопасными, а в худшем — несут угрозу существованию человечества и могут иметь непредсказуемые и неконтролируемые последствия.

Эту главу не стоит рассматривать как попытку узаконить геоинженерию как практическую методику. Попытки масштабных вмешательств в столь сложную систему, какой является природная среда, будь то намеренное выведение новых биологических видов или уничтожение значительных площадей лесов, часто заканчивались катастрофами. Авторы чрезвычайно озабочены неспособностью прогнозировать так называемые трофические каскадные эффекты и управлять их последствиями.

Тем не менее для борьбы с различными глобальными проблемами, от загрязнения воздуха и засух до глобального потепления, предлагают именно технологические вмешательства. Так, одно из предложений состоит в том, чтобы разместить в стратосфере гигантские зеркала для преломления солнечных лучей, распылять в атмосфере химические вещества для увеличения количества осадков, использовать машины большой мощности для удаления из воздуха диоксида углерода.

Технологические вмешательства в такие системы возможны, но, учитывая наше ограниченное понимание возможных последствий,

* При участии Энн Мэри Энгтофт Ларсен (Anne Marie Engtoft Larsen), Всемирный экономический форум, в сотрудничестве с Яношем Паштором (Janos Pasztor), исполнительным директором Инициативы Совета Карнеги по управлению климатической геоинженерией, США (Carnegie Climate Geoengineering Governance Initiative, USA) и Джеком Стилго (Jack Stilgoe), лектором по научно-техническим дисциплинам в Университетском колледже Лондона, Великобритания (University College London, United Kingdom).

такие действия могут нанести нашему миру непоправимый ущерб. Таким образом, геоинженерия – это достаточно противоречивая тема, которая требует создания новых регулирующих структур и вдумчивого изучения целесообразности любых действий, которые могут повлиять на ресурсы природной среды Земли. Это заставляет нас посвятить данной теме отдельную главу.

МОЖЕТ ЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВО НАПРЯМУЮ СПОСОБСТВОВАТЬ ГЛОБАЛЬНОМУ ПОТЕПЛЕНИЮ?

В широком смысле геоинженерия – это намеренные вмешательства в природные системы планеты. Некоторые многообещающие направления ее применения: изменение структуры выпадения осадков, создание искусственных источников солнечного света и изменение биосферы при помощи биотехнологий. Однако большинство обсуждений геоинженерии сосредоточено вокруг задачи противодействия изменению климата. Концепция геоинженерии аналогична понятию «терраформирование» (terraforming), которое означает колонизацию человечеством других планет. К примеру, этот термин часто упоминается в дискуссиях в духе научной фантастики об изменении состава атмосферы Марса, чтобы она стала пригодной для долговременного проживания людей.

Хотя методики климатической геоинженерии на настоящий момент по большей части являются теоретическими, они предлагают ответные меры для сдерживания эмиссии парниковых газов в биосферу (рис. 25). К таким мерам относятся ограничение выбросов диоксида углерода, насыщение океана питательными веществами (удобрение океана), строительство искусственных островов и создание природных систем поглощения диоксида углерода за счет широкомасштабной высадки зеленых насаждений (рис. 26). В последнее время стали предлагаться различные методики для снижения температуры на планете. Их можно разделить на две категории: методики для удаления из атмосферы диоксида углерода, направленные на устранение основной причины изменения климата, и методики управления солнечной радиацией с целью отражения части солнечного излучения обратно в космос, что позволит временно ограничить рост температуры. Некоторые рассматриваемые технологии (например, гигантские зеркала и распыление аэрозолей в атмосфе-

ре) основаны на идеях, предлагаемых уже давно, однако в настоящее время задумываются и о новых подходах, в которых находит применение ряд технологий Четвертой промышленной революции (например, использование наночастиц и других передовых материалов).

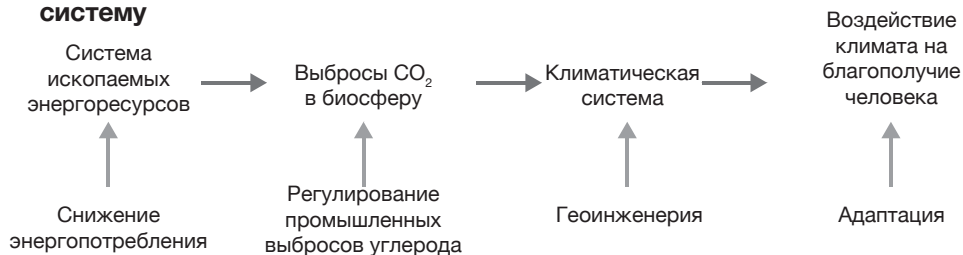
Сторонники геоинженерии утверждают, что можно нейтрализовать накопленные за несколько веков загрязнения окружающей среды и экологический ущерб, нанесенный Первой промышленной революцией. Забывая, что история повторяется, они стоят на том, что потенциальные преимущества от снижения угроз для климата и возможность выиграть время для решения проблем эмиссии углекислого газа перевешивают риски появления дальнейших побочных эффектов. Более осмотрительные эксперты считают, что, с учетом ограниченности современных научных знаний, потенциальные негативные побочные эффекты слишком непредсказуемы, а риски неясны. Они указывают на пугающие эффекты домино, которые имели место после естественных нарушений в радиационном балансе Земли. К примеру, в результате извержения вулкана Тамбора в Индонезии, которое произошло в 1815 году, следующий 1816 год в Европе стал «годом без лета», что привело к неурожаю, голоду и болезням.

В любом случае, геоинженерия не должна всерьез рассматриваться как панацея. Чтобы добиться стабильности климата, экономическая и социальная системы Четвертой промышленной революции должны обеспечить достижение нулевой эмиссии соединений углерода, т. е. значительного сокращения общего объема выбросов и противодействия всем остальным загрязнениям за счет удаления диоксида углерода. Достижение этих целей невозможно при условии чисто технического подхода, хотя для решения соответствующих задач потребуются новые технологии и регулятивные меры. В этой связи некоторые сторонники геоинженерии полагают, что правящие круги должны сочетать обе эти стратегии, чтобы не допустить еще более тяжелых последствий изменения климата.

ГЛОБАЛЬНАЯ РЕГУЛИРУЮЩАЯ СТРУКТУРА

Геоинженерия теоретически может принести выгоду для некоторых регионов, но при этом вызывать разрушения, засуху или наводнения в других¹⁹⁷. Такой сценарий поднимает важные вопросы относительно того, как продвигаться вперед, как соблюсти баланс между приобретениями и издержками и как компенсировать ущерб постра-

Рисунок 25. Геоинженерия как прямое вмешательство в климатическую систему



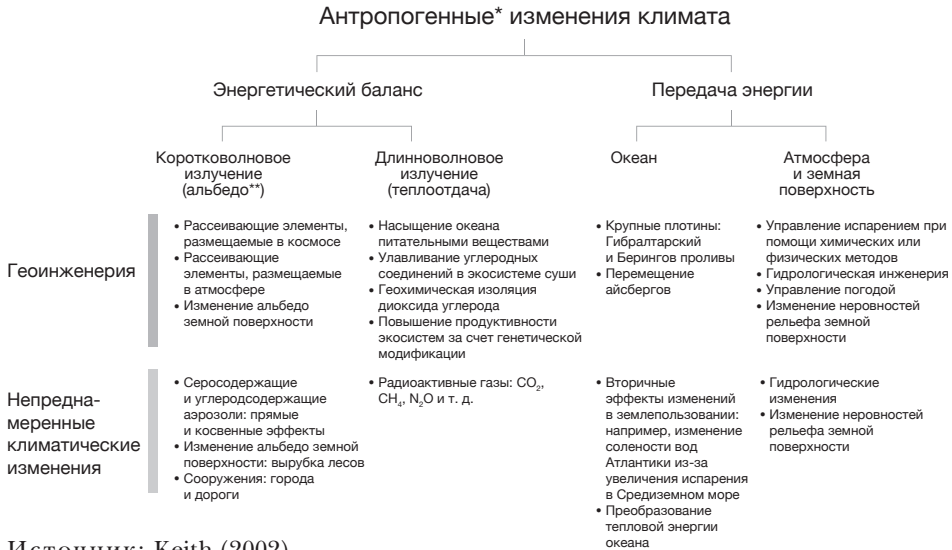
Источник: Keith (2002)

давшему населению. Сторонники геоинженерии подчеркивают необходимость слаженной межправительственной рамочной структуры регулирования, которая направляла бы процессы исследования и принятия решений для любого случая потенциального внедрения. Несмотря на то что есть общее видение необходимости глобального сотрудничества, на настоящий момент имеются лишь ограниченные элементы такой системы руководства. Параллельно с разработкой собственно технологий необходимо создать полноценную рамочную инфраструктуру, поскольку внедрение технологий без хорошо налаженного межправительственного сотрудничества грозит потенциальными рисками общественным благам.

Янош Паштор (Janos Pasztor), исполнительный директор организации Carnegie Climate Geoengineering Governance Initiative (Инициатива Совета Карнеги по управлению климатической геоинженерией), утверждает, что при отсутствии многосторонних соглашений существует риск, что небольшая группа стран, одна страна, крупная компания или даже состоятельное частное лицо могут предпринять односторонние действия в области климатической геоинженерии¹⁹⁸. Те, кому не понравятся такие действия и их последствия, могут предпринять ответные меры по изменению климата, что приведет к геотехнологической гонке вооружений¹⁹⁹. Поскольку развивающиеся страны обладают меньшими ресурсами для изменения климата, может создаться плачевная ситуация, когда население стран, на которых климатические изменения сказались наиболее сильно, окажется беззащитным перед лицом дальнейших экологических потрясений.

Потенциал климатической геоинженерии уже давно является предметом обсуждений в научном сообществе, однако для политических кругов это относительно новая тема. В 2013 году данный вопрос нашел отражение в резюме для политиков Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) (Intergovernmental Panel

Рисунок 26. Подходы к климатической геоинженерии с разбивкой по категориям



Источник: Keith (2002)

on Climate Change, IPCC)²⁰⁰. Недавно научные консультанты программы по исследованию глобальных изменений (US Global Change Research Program) убедили Конгресс США выделить средства на общегосударственные исследования в области геоинженерии²⁰¹. В апреле 2017 года Гарвардский университет запустил самую большую и всеобъемлющую на сегодня программу исследований в области геоинженерии. Проект стоимостью 20 млн долл. призван установить, можно ли при помощи технологий воспроизвести эффект охлаждения атмосферы, который имеет место при вулканических извержениях²⁰².

Задачи регулирования, возникающие применительно к предлагаемым геоинженерным методикам, имеют самый широкий спектр, от вопросов контроля и принятия решений до обеспечения эффективного участия всех затрагиваемых сообществ. В современной архитектуре мирового регулирования только Генеральная Ассамблея ООН обладает законным правом предоставлять соответствующим профессиональным международным организациям полномочия на создание рамочной системы руководства и регулирования²⁰³. Наличие такого мандата является столь же обязательным, как и для миротворческих миссий или для контроля за распространением ядерно-

* Вызванные деятельностью человека. — Прим. ред.

** Коэффициент отражения поверхности. — Прим. ред

го оружия. Впрочем, существуют возможности для выработки иных, возможно, лучших подходов, позволяющих охватить все соответствующие заинтересованные стороны.

Любой механизм регулирования, ориентированный на соблюдение интересов множества сторон, должен учитывать следующие вопросы:

- Не слишком ли велика неопределенность в отношении методик геоинженерии, чтобы приступать к их практическому внедрению?
- Как соблюсти баланс между присущими геоинженерии рисками и благоприятными перспективами, с одной стороны, и разнообразными методиками смягчения последствий изменения климата, с другой стороны?
- Какие варианты международного сотрудничества, мандаты, ограничения и директивные указания потребуются в области геоинженерных исследований, чтобы перейти от компьютерного моделирования и анализа различных сценариев в лабораторных условиях к практическим экспериментам в природной среде?
- Как найти баланс между необходимостью снижения общемировой температуры и разнородными региональными и локальными последствиями, которые будут усиливать остроту этических проблем, возникающих между странами и поколениями, и затрагивать аспекты соблюдения справедливости и прав человека?
- Как соблюсти баланс между необходимостью демократического контроля и необходимостью гибко адаптироваться к геополитическим изменениям на протяжении десятилетий, если принимать во внимание, что мероприятия геоинженерии ориентированы на долгосрочные цели, а любое решение относительно ввода в действие геоинженерных технологий должно указывать, каким образом будут регулироваться последующие решения по их изменению или приостановке (например, если методики по управлению солнечной радиацией уже начали применяться, отказ от них приведет ли к быстрому росту температуры)?

ЭТИЧЕСКИЕ ДИЛЕММЫ ПОДЧИНЕНИЯ ПРИРОДЫ

Уэнделл Уоллак, научный сотрудник междисциплинарного центра по биоэтике Йельского университета, США

Различные подходы к климатической геоинженерии порождают множество этических, экологических, политических и экономических дилемм. Существуют компромиссы и риски. Глобальное изменение климата можно замедлить, если потребности в энергии будут удовлетворяться при помощи экологически чистых, эффективных и воз-

обновляемых энергоресурсов. Спрос на энергию, источники энергии, глобальное изменение климата и тенденция обращаться к геоинженерным методикам воздействия на климат тесно связаны между собой.

Чтобы хотя бы частично смягчить нарастающее с каждым годом глобальное потепление, необходимо в массовом порядке вводить в действие менее спорные инструменты управления климатом, такие как переработка отходов, посадка лесов для поглощения углекислого газа из атмосферы или окрашивание крыш домов в белый цвет для отражения солнечного света обратно в атмосферу. Некоторые технологические методы, такие как рассеивание сульфатных соединений или наночастиц в верхних слоях атмосферы, гипотетически более опасны, чем та проблема, которую они изначально призваны решить. Кроме того, сторонники сохранения природы и экологически чистой энергии озабочены тем, что иллюзия действенности каких-либо технологических мер против глобального изменения климата может подорвать стремление внести необходимые, но нелегкие поправки в поведение человечества или ослабить политическую волю к использованию экологически чистых источников энергии.

Если мы хотим добиться чего-то большего, нежели краткосрочных местных эффектов, все стратегии, нацеленные на решение проблемы глобального изменения климата, требуют широкомасштабных вмешательств. Даже массовое восстановление лесонасаждений не может возместить ежегодно продолжающуюся вырубку лесов в Амазонии и в других местах мира. Можно построить специальные высокие башни, которые высасывают углекислый газ из атмосферы и изолируют его, но это не даст быстрого эффекта или весомого результата. Масштабное внедрение такого способа удаления диоксида углерода может оказаться еще более дорогостоящим, чем экономические издержки, связанные с соблюдением строгих мер по сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу.

Постоянное, из года в год, насыщение верхних слоев атмосферы частицами сульфатных соединений или специально разработанными наночастицами кажется относительно недорогим способом сокращения количества солнечного света, достигающего земной поверхности. Компьютерные модели демонстрируют, что данная форма управления солнечной радиацией позволит снизить ежегодное повышение температуры, имеющее место при глобальном потеплении, на целых 50%. Это не решит проблему глобального потепления, хотя поможет замедлить темпы его роста. Но не приведет ли постоянное насыщение стратосферы к таким нарушениям климатических условий, которые будут еще более разрушительными, чем глобальное потепление, которое предполагалось подобным способом приостановить? Это нам неизвестно. Без надлежащих тщательных исследований невозможно установить, повлечет ли насыщение стратосферы непредвиденные

последствия. Даже экспериментов малого масштаба может оказаться недостаточно, чтобы полностью выявить сложные взаимосвязи между различными слоями атмосферы. Сложные системы могут проявлять себя в непредсказуемых, а порой и разрушительных действиях.

Принимая во внимание политическую деликатность геоинженерных экспериментов, ученые с полным основанием воздерживаются от продвижения этой темы без выработки необходимых международных соглашений. Однако очень сложно достичь договоренности относительно создания международной структуры регулирования, которая бы определяла, какие эксперименты допустимы в природной среде. В отсутствие эффективного международного надзора государства политические силы, не признающие международные нормы, могут начать реализовывать свои собственные геоинженерные проекты для удовлетворения краткосрочных потребностей, игнорируя долгосрочные последствия своих действий. К примеру, учитывая простоту методики насыщения атмосферы особыми химическими соединениями, можно предположить, что одна страна решит применить этот метод для изменения местного климата, не думая о его влиянии на погоду в соседних регионах. Действительно, поскольку климат становится все более важной проблемой, страна может посчитать необходимым действовать самостоятельно в интересах своих граждан.

Некоторые геофизики и экологи выступают против испытаний геоинженерных стратегий. Они отмечают три основные проблемы, связанные с разрешением проводить геоинженерные исследования. Во-первых, инвестиции в геоинженерию будут отвлекать ресурсы от экологически обоснованных подходов, таких как меры по охране окружающей среды и разработке чистых источников энергии. Во-вторых, коллективы исследователей могут превратиться в заинтересованные группы, отстаивающие внедрение любых технологий, которые они разрабатывают. В-третьих, геоинженерия может означать собой «конец естественной сущности природы». Как только страны и регионы начнут напрямую манипулировать погодными условиями, беспрестанное давление и настоятельная потребность воздействовать на погоду как для местных, так и для глобальных нужд станет постоянным явлением.

Учитывая наше ограниченное понимание климатологии, любые попытки изменения климата при помощи методик геоинженерии могут привести к ряду непродуманных и потенциально катастрофических экспериментов. Когда-то контроль над природой был лишь мечтой ученых, но постепенно эта мечта превратилась в предмет недостаточно обоснованных устремлений. Даже если предположить, что успешное управление погодой является вполне достижимой целью, урегулировать конкурирующие потребности различных регионов и стран будет чрезвычайно сложно.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Геоинженерия — это широкомасштабное вмешательство в природные системы планеты. В большинстве случаев, однако, под этим термином понимаются технологические вмешательства (пока еще теоретические), нацеленные на сокращение эмиссии парниковых газов или изменение атмосферных процессов для борьбы с изменением климата.
2. Многие ученые утверждают, что при нынешнем уровне научных знаний вмешательство в климатические системы является опасным и безответственным, в то время как сторонники геоинженерии видят в нем возможность нейтрализовать воздействие человека на климат и окружающую среду, складывавшееся на протяжении столетий.
3. Для того чтобы добиться стабильного климата, т. е. нулевой эмиссии загрязнений, необходимо сократить общий объем выбросов и противодействовать выделениям диоксида углерода. Этой цели нельзя достичь оперативными технологическими мерами, однако технология должна играть важную роль в решении данной проблемы.
4. Любые ответственные шаги в области геоинженерии требуют создания рамочной инфраструктуры для глобального межправительственного сотрудничества. На сегодня существуют лишь ограниченные элементы такой инфраструктуры, а без нее риски для общественных благ становятся заметно выше.
5. Геоинженерия — это новый предмет обсуждения в политических кругах. Это направление очень слабо финансируется, по этой теме ведется мало активной экспериментальной работы. При организации управления этой группой технологий следует учитывать обширный спектр проблем, от полномочий на внедрение технологий до выбора менее рискованных альтернатив вмешательствам, имеющим общемировые последствия.

ГЛАВА 16



КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ВЕЛИКА ВЕРОЯТНОСТЬ, ЧТО К 2030 ГОДУ МЫ УВИДИМ ВСПЛЕСК РАЗВИТИЯ технологий, связанных с освоением космоса. Крупные достижения в области аэрокосмических технологий, астрономических наблюдений, разработки микроспутников, наноматериалов, 3D-печати, робототехники и машинного зрения обещают беспрецедентные возможности для исследований, множество научных открытий и большую экономическую отдачу. Извлекать выгоду из того, что происходит за пределами атмосферы, смогут и развитые, и развивающиеся страны. Исследовательские и коммерческие организации будут получать огромные объемы данных, ведущие к появлению совершенно новых способов создания и обмена ценностей. Новые научные знания ускорят прогресс и усилят экологическую восприимчивость, а огромный потенциал коммерческого использования ресурсов, добытых в космосе, изменит промышленную торговлю будущего. Однако всему этому может помешать отсутствие международных соглашений в таких вопросах, как управление космическим трафиком, устранение орбитального мусора, космическая добыча ресурсов и общие нормы поведения в космическом пространстве.

ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И ПОСЛЕДНИЙ РУБЕЖ*

Четвертая промышленная революция делает космос доступнее. Коммерческие компании, такие как SpaceX и Blue Origin, стремятся значительно снизить стоимость космических полетов, упростив выход на орбиту. Аэрокосмическая компания BAE Systems инвестировала более 20 млн фунтов стерлингов в компанию Reaction Engine, разрабатывающую технологию SABRE (Synergetic Air-Breathing Rocket Engine, синергетический воздушно-реактивный ракетный двигатель), которая позволит летательным аппаратам совершать выходы на низкую околоземную орбиту с непосредственным возвращением на Землю, не требуя специальных посадочных полос и космодромов²⁰⁴. НАСА стремится отправить людей в космос, на Луну и Марс, и SpaceX разделяет это стремление. Новое поколение первопроходцев ждет начала эпохи космического туризма и разработки недр астероидов и ищет пути расширения космического сектора глобальной экономики. Добавим сюда улучшенные возможности телескопов и спутников, как наземных, так и космических, и получим новый взгляд на роль космоса во всех аспектах нашей жизни, от инноваций до взглядов на мир.

В следующие несколько десятилетий добыча производственных ресурсов в космосе может стать реальностью, оправдав ожидания первых инвесторов в коммерциализацию космоса. Кроме того, повышенная доступность космоса приведет к появлению новых индустрий, таких как космические путешествия, очистка орбиты от мусора и разработка платформ виртуальной реальности для «посещения» объектов Солнечной системы. Все эти сценарии помогут снизить нагрузку на земные ресурсы и предотвратить их истощение. Потенциал этой области объясняет, почему инвестиционные компании в одном только 2015 году вложили 1,8 млрд долл. в стартапы, связанные с коммерческим освоением космоса²⁰⁵. Эти инвестиции относятся не только к полетам людей в космос, хотя космический туризм будет пользоваться большим спросом, если туры будут предлагаться по разумной цене. Кроме того, для разработки и производства космических скафандров требуются новые и улучшенные материалы²⁰⁶, для защиты от солнечной радиации предлагается использовать наноматериалы²⁰⁷, а многие

* При участии Брайана Уидена (Brian Weeden), технического советника фонда «За безопасный мир» (Secure World Foundation), США, с дополнениями Совета по глобальным вопросам развития космических технологий.

новые космические технологии будут получать и использовать данные, позволяющие преобразовать жизнь на Земле.

Затраты, необходимые для производства любых космических технологий, кроме самых передовых, постоянно снижаются. Даже спутники становятся все меньше, а их запуск обходится дешевле. Более доступные данные спутниковой съемки помогут следить за урожаями, дикой природой, численностью населения, цепочками поставок и развитием городов. Сами спутники покроют планету сетями связи, к которым можно будет подключить более четырех миллиардов человек, у которых все еще нет доступа к Интернету. Необходимы новые подходы к управлению нашими действиями и окружающей средой, такие как применение искусственного интеллекта и новых вычислительных технологий для обработки экзабайтов полученных данных — с этой задачей современные компьютеры не могут эффективно справляться. Чтобы человечество смогло получать максимум выгоды от использования этих технологий, потребуются совместные и добросовестные усилия заинтересованных сторон по всему миру.

Например, возможность использовать собранные по всему миру данные для повышения эффективности энергетических и транспортных систем поможет решать проблемы мирового уровня, такие как уменьшение выбросов вредных веществ, оптимальное распределение энергии и ее передача с меньшими потерями. В настоящее время несколько молодых инновационных компаний используют алгоритмы машинного зрения для анализа спутниковых снимков и получения информации, полезной для торговли, сельского хозяйства, разработки инфраструктуры и других практических применений. Такие аналитические средства окажут большую помощь тем, кому необходимо принимать решения на основе анализа социальных и экологических данных. Если добавить сюда научные знания, полученные с помощью исследовательских зондов, телескопов, полетов в дальний космос беспилотных, а возможно, и пилотируемых аппаратов, то окажется, что мы стоим на пороге новой эры, в которой понимание места человека на Земле и в космосе будет совершенно иным.

Несмотря на такой потенциал, в докладе о глобальных рисках в 2017 году (*Global Risks Report 2017*), представленном на Всемирном экономическом форуме, говорится, что освоение космоса представляется менее выгодным по сравнению с развитием других технологических областей. Это может показаться странным, с учетом того, что для создания спутников, исследования космоса, моделирования

климата, развития аэронавтики и наук о Земле требуются передовые технологии и оборудование, не говоря уже об исследовательских задачах, для выполнения которых затеваются такие амбициозные проекты. Однако на это можно посмотреть и с другой точки зрения: необходимы годы многостороннего сотрудничества, чтобы получить результат от инвестиций в технологии, позволяющие активно использовать орбиту нашей планеты для выполнения задач, кажущихся фантастическими и выходящих за пределы понимания большинства людей, если кто-то вообще о них думает.

Вера людей в развертывание технологий в космосе хорошо обоснована. Кроме того, космические технологии представляют собой объединение передовых материалов, вычислительных и энергетических технологий — а все эти технологии занимают верхние места на шкале полезности, представленной в прошлогоднем отчете о глобальных рисках. Стремление к открытиям и получению новых конкурентных преимуществ создаст новые возможности для экономики и общества. Может оказаться, что к 2030 году мы не сможем планировать космические путешествия. Но, возможно, мы сможем управлять планетоходами или орбитальными дронами с помощью устройств виртуальной реальности. Космические технологии уже предоставляют связь почти половине населения планеты и вскоре смогут повсеместно обеспечивать общедоступные возможности коммуникации.

ИННОВАЦИИ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Эллен Стофен (Ellen Stofan), старший научный специалист НАСА (2013–2016 гг.), почетный профессор Центра исследования опасных явлений Университетского колледжа Лондона, Великобритания

Со времени запуска Международной космической станции (МКС) на ней проведено и еще проводится более 1,9 тыс. исследований в различных областях, включая здоровье человека. На МКС имеется несколько многоцелевых лабораторий с уникальным оборудованием, позволяющим проводить исследования в условиях невесомости. Микрогравитация вызывает в человеческом организме много уникальных биологических эффектов, например изменяет иммунную и сердечно-сосудистую системы, уменьшает плотность костей, ведет к потере мышечной массы и ухудшению зрения. Эти воздействия



НОВЕЙШИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕНЯЮТ
НЕ ТОЛЬКО ТО,
КАК МЫ СОЗДАЕМ,
ОБМЕНИВАЕМ
И РАСПРОСТРАНЯЕМ
ЦЕННОСТИ,
НО И ТО, КАКОЙ МЫ
В ЭТОМ ВИДИМ СМЫСЛ.



заставили ученых искать способы уменьшения рисков и расширили наши знания о многих проблемах со здоровьем, с которыми мы сталкиваемся на Земле.

Результаты исследований, ведущихся на МКС, продолжают оказывать влияние на методы и технологии, применяемые во многих областях медицины. Выяснилось, что прием препаратов, относящихся к классу бисфосфонатов, здоровое питание и регулярные физические упражнения позволяют сократить потерю костной массы. Плазма, легко поддающаяся изучению в условиях микрогравитации, помогает заживлять раны и бороться с раком, ускоряя инактивацию опухолей. Текущие исследования роста высококачественных белковых кристаллов в условиях микрогравитации могут привести к открытию более эффективных методов лечения мышечной дистрофии Дюшенна. Это лишь несколько примеров работ, ведущихся на высоте более 200 миль (320 км) над Землей.

Многие из исследований в области человеческого здоровья, ведущихся на МКС международными группами ученых, дали важные результаты и позволили создать новые технологии. Отметим лишь некоторые из разработанных устройств и технологий для спасения жизней, с большим успехом применяющиеся по всему миру: ультразвуковой сканер нового поколения, в настоящее время использующийся на МКС и в отдаленных уголках Земли для быстрого и точного установления диагноза у травмированных или больных людей; портативный прибор NIOX MINO для мониторинга астмы и предотвращения будущих приступов; усовершенствованная технология обнаружения иммунных изменений и остеопороза на ранних стадиях; и даже технологии, изначально не предназначавшиеся для медицинских целей, такие как *neuroArm*. С помощью роботизированной хирургической системы *neuroArm*, разработанной с использованием тех же материалов и методов, что и роботизированные манипуляторы *Canadarm*, применяемые на МКС для перемещения грузов и обслуживания, врачи теперь могут выполнять операции на мозге, в то время как пациенты находятся внутри магнитно-резонансного томографа.

Кроме подготовки полета на Марс, специалисты НАСА сотрудничают с другими правительственными агентствами и частными компаниями, занимающимися поиском методов лечения рака в рамках инициативы правительства США *Cancer Moonshot*.

Ученые обсуждают возможности изменения иммунной системы, позволяющие лучше понять, как предотвращать заболевания и ускорять их обнаружение и лечение. В поисках способов защиты людей от радиации в космосе исследователи из НАСА разработали технологию, помогающую изучать альтернативные методы лечения рака, — радиотерапию пучками элементарных частиц, при которой

опухолевые клетки получают определенную дозу радиации с меньшим ущербом для окружающих здоровых клеток. Это не новая область для НАСА — исследования в области разработки микрокапсул на МКС позволили продвинуться в лечении рака и создать новую технологию производства уникальных микрошариков, содержащих лекарственные препараты, высвобождающиеся через 12–14 дней после попадания в организм.

Благодаря исследованиям, ведущимся на низкой околоземной орбите, мы далеко продвинулись в понимании функционирования человеческого тела на Земле и в условиях микрогравитации, но впереди еще много работы. Чем дольше будет длиться космический полет, тем больше проблем со здоровьем возникнет у людей, и мы должны продолжать искать решения этих проблем совместными усилиями. По мере того как мы раздвигаем границы, появляются новые идеи и партнерские отношения, позволяющие проводить новые исследования и создавать космические технологии во благо всего человечества.

СНИЖЕНИЕ ПОРОГА ВХОЖДЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ПЛАНКИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ УСПЕХА

Человеческое общество получило от космических технологий огромную пользу. Спутники позволяют синхронизировать работу международных финансовых сетей, вести мониторинг земного климата, экологически рационально управлять природными ресурсами, поддерживать работу жизненно важных служб и образовательных организаций в отдаленных населенных пунктах, предупреждать о природных катастрофах. Однако космический сектор, как и многие другие, находится на пике крупнейших изменений, вызванных техническим прогрессом. Эти изменения обещают еще больше преимуществ для общества, но лишь при условии решения ряда важных вопросов.

Освоение космоса часто считают передним краем технического прогресса, но в действительности все гораздо сложнее. Огромные правительственные инвестиции в начале космической эры, в 1950-х и 1960-х годах, позволили получить множество научных открытий и инноваций. Сопутствующие технологии положили начало мно-

гим отраслям промышленности, включая производство микрочипов и разработку программного обеспечения. Однако высокая стоимость космических запусков и суровые условия космической среды повысили требования к надежности и функциональности, что ограничило инновации и создало очень высокие барьеры для входа в эту область.

Сегодня в космическом секторе появляется множество инноваций, но большинство из них связано с достижениями в других секторах. Например, индустрии микрочипов и программного обеспечения, развившиеся во многом благодаря космической гонке, стали самостоятельными и теперь возвращают «долг» космической индустрии. Производственная инфраструктура, дающая миру смартфоны, ноутбуки и другие вычислительные устройства, позволяет разрабатывать новое поколение более интеллектуальных, быстрых и дешевых спутников и компонентов космических ракет. Облачные вычисления сделали доступными средства обработки и хранения данных — основного продукта работы большинства спутников. Новые технологии, такие как 3D-печать, передовая робототехника и искусственный интеллект, тоже вносят свой вклад в устранение барьеров для производства спутников и раздвижение границ их возможностей. Например, компания Made in Space продемонстрировала возможности 3D-печати на МКС, а компания NovaWurks разрабатывает модульные компоненты спутников, которые могут самостоятельно собираться или изменять свою конфигурацию прямо на орбите.

К преимуществам, предоставляемым другими технологиями, относится также обеспечение финансами и рабочей силой. Технический мир переживает наплыв венчурных инвесторов, которые ищут многообещающие возможности вложения средств, и молодых высококвалифицированных инженеров, желающих решать новые интересные задачи. Многие инвесторы и инженеры выросли, мечтая о космосе, наблюдая за космонавтами или увлекаясь научной фантастикой. Эти целеустремленные специалисты обретают новый интерес, внося вклад в развитие космических технологий. Например, компания Planet — один из стартапов Кремниевой долины, учрежденный бывшими инженерами НАСА, — активно привлекает из ИТ-сообщества талантливых специалистов по программной и аппаратной инженерии.

Результатом такого притока технологий, капитала и людей становятся глубокие изменения и инновации в космическом секторе. Традиционные способы применения космических технологий, та-

Рисунок 27. Новые компании для полетов в космос и их цели

	Компания	Космический транспорт	Предназначение
Выход в космос	Blue Origin	New Shepard, биконический космический корабль	Суборбитальные и орбитальные полеты, в том числе пилотируемые
	Masten Space Systems	Xaero, Xogdor	Суборбитальные полеты с малыми грузами
	Virgin Galactic	SpaceShipTwo, LauncherOne	Суборбитальные полеты с малыми грузами, суборбитальные пилотируемые полеты, запуск наноспутников с воздушным стартом
	XCOR Aerospace	Lynx	Суборбитальные полеты с малыми грузами, суборбитальные пилотируемые полеты, запуск наноспутников
	Orbital Sciences Corporation	Pegasus, Taurus, Antares, Cygnus	Вывод спутников на орбиту и доставка грузов на МКС
	SpaceX	Falcon 9, Falcon Heavy, Dragon	Вывод спутников на орбиту и доставка грузов на МКС с человеком на борту, план до 2017 г.
	Stratolaunch Systems	Stratolauncher	Орбитальные полеты с воздушным стартом
	United Launch Alliance	Atlas V, Delta IV	Орбитальные полеты
Дистанционное зондирование	Planet Labs	Dove, Flock 1	Спутниковые снимки Земли и открытый доступ к ним через веб-сайт
	Skybox Imaging	SkySat	Спутниковые снимки и видеосъемка Земли в HD-качестве, открытый доступ к полученным данным через веб-сайт
Полеты человека на низкую околоземную орбиту	Bigelow Aerospace	BA 330	Надувные жилые модули для использования на орбите или на Луне
	Boeing	CST-100	Вывод транспорта с экипажем на низкую околоземную орбиту
	Sierra Nevada Corporation	Dream Chaser	Вывод транспорта с экипажем на низкую околоземную орбиту
	Space Adventures	«Союз»	Вывод экипажа на низкую околоземную орбиту и экспедиции на Луну
Выход за пределы низкой околоземной орбиты	B612 Foundation	Sentinel	Обнаружение и определение характеристик потенциально опасных астероидов
	Inspiration Mars Foundation	Inspiration Mars	Полет к Марсу с экипажем
	Moon Express	Moon Express	Разведка и добыча ресурсов на Луне
	Planetary Resources	Arkyd 100, Arkyd 200, Arkyd 300	Разведка и добыча ресурсов на астероидах

Источник: НАСА (2014)

кие как удаленное зондирование, коммуникации, точная навигация и временная привязка, становятся еще более эффективными. Стоимость проектирования, производства, запуска и обслуживания спутников уменьшается, как и расходы на хранение, обработку и структурирование полученных с помощью этих спутников данных. Одновременно с этим появляются новые возможности, включая более дешевые способы запуска спутников, планы по их производству и обслуживанию прямо в космосе, средства доставки на орбиту грузов и новых компонентов, расширяющих возможности космических аппаратов. И даже добыча в недрах астероидов воды и ценных минералов уже в пределах возможного (рис. 27).

Несмотря на все это, изменения в космическом секторе усложняют некоторые существующие проблемы и создают новые. Значительное снижение порога вхождения позволяет государствам и частным компаниям запускать свои космические программы, а технологические достижения на порядки увеличивают число запускаемых спутников. Сегодня более 70 стран владеют или управляют спутниками на земной орбите; недавно в этот список добавились Ирак, Уругвай, Туркменистан и Лаос. В следующие десять лет планируется запуск около 12 тыс. новых коммерческих спутников для широкополосного

доступа к Интернету и выполнения других задач. В результате этого усиливается загроможденность орбиты, затрудняющая слежение за космическим трафиком, управление орбитальными аппаратами и предотвращение их столкновений. Радиочастотный диапазон электромагнитного спектра тоже становится все более загруженным по мере того, как растут потребности космических и наземных служб в передаче сигналов. К тому же космическое пространство все чаще используется для решения военных задач и обеспечения национальной безопасности, поэтому высоки шансы на то, что будущие конфликты на Земле распространятся и за ее пределы, создавая угрозу для использования космоса в целом.

Все эти проблемы можно решать, и для этого уже предпринимаются усилия. Государства ведут двусторонние и многосторонние переговоры по некоторым актуальным вопросам и разрабатывают меры по обеспечению прозрачности и надежности, чтобы преодолеть взаимное недоверие. Совместно с частным сектором создаются рекомендации по рациональному долгосрочному использованию космического пространства, включающие требования к уменьшению создаваемого космического мусора, увеличению ситуационной осведомленности в вопросах освоения космоса и предотвращению столкновений орбитальных аппаратов. Однако международному сообществу потребуется больше усилий, чтобы космический сектор смог реализовать свой полезный потенциал в обозримом будущем.

Для разработки технологий в космосе необходимо лидерство и инновационные методы управления в следующих направлениях:

- Создание дополнительных механизмов, позволяющих капиталу участвовать в определении международных рамок регулирования. В настоящее время не существует механизмов для формальной подачи предложений Комитету по использованию космического пространства в мирных целях, созданному в 1959 году для надзора за всеми правовыми нормами, относящимися к деятельности в космосе. В «Деловой двадцатке» — группе корпоративных лидеров, представляющих бизнес-сообщество стран «Большой двадцатки», — необходима аналогичная структура, которая объединяла бы все новые компании, выходящие на космическую арену, и предоставляла платформу для обмена информацией, создания новых возможностей и совместного решения проблем.
- Устранение разногласий между национальными и международными нормами добычи ресурсов в космосе и другой косми-

ческой деятельности с частным финансированием. С ростом негосударственных инвестиций правительствам необходимо обеспечить соответствие деятельности частных предприятий национальным законам, согласованным с международными нормами. Чем раньше начнут решаться вопросы регулирования, тем добросовестнее будут действовать новые участники.

- Новая система управления космическим трафиком. С ростом числа действующих в космосе организаций усиливается необходимость в надежной системе управления объектами, находящимися на околоземной орбите. Распространенность коммерческих спутников требует коллективного подхода к разработке орбитальных протоколов и норм, необходимых для успешного развития космического сектора.
- Борьба с космическим мусором. Хотя более широкие нормы предусматривают необходимость рационального управления спутниками и отработавшими ракетными блоками, нет никаких формальных механизмов правоприменения, гарантирующих, что все участники будут поддерживать безопасность и чистоту околоземных орбит. При тех скоростях, с которыми движутся объекты на орбите, такие протоколы необходимы для защиты инвестиций и человеческих жизней.
- Возможное отсутствие в небольших государствах необходимых механизмов контроля деятельности, имеющей отношение к космосу, происходящей на их территории. Это может привести к непредвиденным конфликтам, по мере того как все больше государств и негосударственных организаций запускают космические программы. Во всех странах необходимо четкое соблюдение принятых норм поведения в космосе.

ПЯТЬ КЛЮЧЕВЫХ ИДЕЙ

1. Для космических и имеющих отношение к космосу технологий наступил переломный момент. По всему миру идет бурное развитие этих технологий, направляемое частными инвестициями и новыми государственными программами, нацеленными на освоение и коммерциализацию космоса. Инженеры и инвесторы, которые ищут способы применения своих способностей и средств, находят их в космическом секторе, который дает широкие возможности для участия в формировании будущего человечества.
2. Годы многостороннего сотрудничества инженеров, регуляторов и инвесторов укрепляют веру в то, что развертывание технологий в космосе относительно безопасно. Необходимы непрерывные совместные усилия по решению важных проблем, таких как увеличение объема космического мусора, неуправляемый космический трафик и отсутствие универсальных норм поведения в космосе.
3. Космический сектор способствовал развитию сопутствующих отраслей, таких как производство микрочипов и разработка программного обеспечения. Однако это замкнутый цикл, и космическая отрасль тоже развивается благодаря достижениям сопутствующих технологий. Мобильные компьютеры, аккумуляторы, 3D-печать и искусственный интеллект помогают повышать эффективность существующих космических технологий и создавать новые.
4. К новым сложностям, возникающим на последнем рубеже, относятся необходимость координации действий новых игроков, входящих в космическую отрасль и выводящих свои аппараты на орбиту, загроможденность пространства новыми спутниками и другими космическими объектами, совместное использование радиочастотного диапазона, определение правил и процедур использования космических ресурсов.
5. Необходимы многосторонние переговоры и соглашения, позволяющие установить доверительные отношения между государствами и частным сектором, разработать нормы использования космического пространства для общего блага, предотвращающие обострение геополитических конфликтов, создать механизмы управления, доступные международному сообществу, в том числе небольшим государствам, и определить рамки поведения в космосе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СИСТЕМНОЕ ЛИДЕРСТВО:

ЧТО ВЫ МОЖЕТЕ СДЕЛАТЬ,
ЧТОБЫ ПОМОЧЬ ФОРМИРОВАНИЮ
ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ
РЕВОЛЮЦИИ

РАМКИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ, ОПИСАННЫЕ В ЭТОЙ книге, — ее динамика, ценности, участники и технологии меняющегося мира — дают лидерам и рядовым гражданам возможность глубже задуматься о связи общества с технологиями, чтобы понять, как наши коллективные действия (или бездействие) определяют будущее.

Однако, хотя Четвертая промышленная революция требует смены образа мышления, недостаточно просто принять во внимание скорость изменений, масштаб преобразований и новые типы ответственности, связанные с развитием и внедрением новейших технологий. Все организации, секторы и отдельные люди должны предпринимать активные действия и проявлять качества «системного лидерства», требующего новых подходов к технологиям, управлению и ценностям.

Правительства в первую очередь должны позаботиться о выработке более гибких стратегий и подходов к управлению, чтобы открыть новые возможности для людей и привлечь бизнес и гражданское общество к активному участию в преобразованиях. Для бизнеса приоритетом должно стать понимание возможностей, предоставляемых технологиями Четвертой промышленной революции, и проведение экспериментов по разработке и внедрению новых способов работы, принимая во внимание их воздействие на сотрудников, потребителей и общество. Для отдельных граждан приоритетом долж-

но быть участие в обсуждении вопросов, освещенных в этой книге, на местном, национальном и международном уровнях, а также использование каждой возможности для самостоятельного изучения и практического применения новых технологий.

Жизнь во времена серьезных технологических изменений обязывает действовать. Чем более зрелыми становятся технологии и техническая архитектура, тем больше способов их использования и привычек формируется по умолчанию, тем сложнее привести системы в равновесие, обеспечивающее соблюдение интересов максимально широкого среза сообществ, наций и индустрий. Скорость и масштабность Четвертой промышленной революции таковы, что задержки становятся непозволительными. Мы должны сообща активно вырабатывать нормы, стандарты, правила и бизнес-практики — ради интересов всего человечества в будущем, в котором мы будем активно пользоваться широкими возможностями искусственного интеллекта, геномной инженерией и автономным транспортом, а проблемы виртуального мира будут стоять так же остро, как и материального.

Риски и сложности, с которыми сталкивается экономика и общество и которые каждый день освещаются в СМИ, — усиление неравенства, политической поляризации, всеобщего недоверия и экологической нестабильности — создают как барьеры, так и мотивацию к многостороннему сотрудничеству и лидерским действиям, необходимым для решения этих вопросов. Как следует из нашей книги, такое множество проблем нельзя решить силами одного предприятия, сектора, государства или даже континента. Для решения системных проблем и обеспечения лучшего будущего для планеты и живущих на ней людей потребуются коллективное лидерство и совместные усилия.

Сложная, революционная и распределенная природа Четвертой промышленной революции требует лидерства нового типа, которое мы называем «системным лидерством».

Системное лидерство предполагает формирование общего видения изменений при участии представителей всех слоев мирового общества, а затем воплощение этого видения в жизнь для изменения принципов распределения выгод и их получателей. Системное лидерство — это не призыв к построению вертикали контроля или скрытой передаче управления влиятельным группам, это парадигма, дающая всем гражданам и организациям возможность создавать инновации, вносить свой вклад и создавать ценность в условиях взаимной ответственности и сотрудничества. В конечном счете это набор взаимосвязанных действий, цель которых — изменение соци-

альных и экономических структур для достижения успеха в том, что не удалось предыдущим промышленным революциям, а именно обеспечить устойчивые положительные результаты для всех граждан, включая будущие поколения.

В контексте Четвертой промышленной революции системное лидерство можно разбить на три направления: технологическое лидерство, управленческое лидерство и лидерство в формировании ценностей. Системное лидерство требует действий от всех — отдельных граждан, руководителей компаний, общественных деятелей и политиков.

Когда необходим совместный подход к решению проблем, каждый из нас несет ответственность за принятие на себя роли системного лидера. Однако, как говорится в конце этой главы, правительства, коммерческие организации и отдельные граждане также имеют и свои особые задачи.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЛИДЕРСТВО

Чтобы быть лидером в технологическом секторе или быстро следовать примеру лидера в любом другом секторе, необходимо принимать решения о том, какую долю капитала выделить на инвестиции в технологии, какие технологии и платформы выбрать, как адаптировать организационные структуры, какие навыки и связи развивать, чтобы создаваемый продукт представлял для общества больше ценности. Как показал опыт предыдущих трех промышленных революций, источником подавляющего большинства выгод будут коммерческие организации, применяющие новые технологии для создания ценности в виде более качественных и дешевых товаров и услуг.

Самые инновационные коммерческие, правительственные и общественные организации мира объединяют новые технологии с новыми продуктами, услугами и процессами, позволяющими изменить существующие способы создания ценности. Например, приложение сингапурской компании myResponder помогает спасти жизни людей, используя данные геолокации для оповещения волонтеров, находящихся в радиусе 400 метров, о случаях остановки сердца. Компании Adidas и Carbon используют 3D-печать для производства легких и прочных промежуточных подошв для спортивной обуви²⁰⁸. Но как использовать возможности новейших технологий организациям, еще не начавшим внедрять инновации?

Во-первых, тот факт, что все технологии Четвертой промышленной революции основаны на цифровых системах, означает, что организациям необходимы максимальные инвестиции в цифровые коммуникации, кибербезопасность, средства управления данными и организации совместной работы. Сегодня говорят, что «данные — это новая нефть»²⁰⁹. Это неплохая аналогия, ведь данные — важный и во многих случаях недостаточно используемый ресурс. Кроме того, данные необходимо «очищать», чтобы можно было извлекать из них пользу. Однако их использование требует значительных инвестиций в системы, позволяющие принимать стратегические решения, и техническую инфраструктуру, помогающую структурировать, хранить, распространять и анализировать разнородные, а иногда и чрезмерно большие потоки данных.

Утечка данных, как и утечка нефти, может привести к катастрофическим последствиям. Появляется все больше способов использования персональных данных, и в сочетании с новыми компьютерными технологиями и искусственным интеллектом это значительно повышает темпы появления новых киберрисков. Как нефть, данные нужно защищать, но, чтобы получить от них максимум пользы, необходимо обращаться с ними, как с коллективным ресурсом, используемым для общего блага, а не как с частным активом, эксплуатируемым несколькими влиятельными организациями и полностью им подконтрольным.

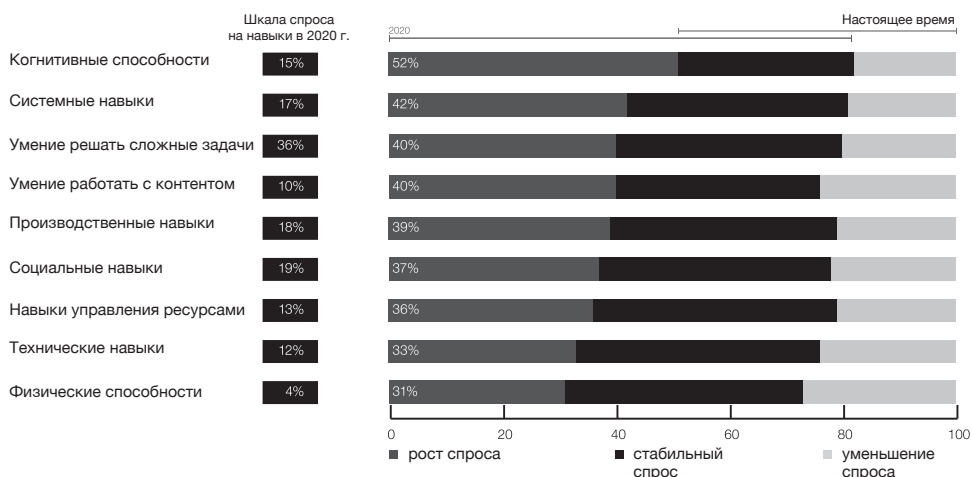
Во-вторых, как показывают примеры myResponder и Adidas, чтобы быть технологическим лидером, нужно применять коллективные инновационные стратегии. Процесс обучения, специализации и повышения квалификации внутри организации делает корпоративные научно-исследовательские модели очень эффективными для постепенного внедрения инноваций в определенную категорию продуктов со сложившейся потребительской базой. Однако исследования Клейтона Кристенсена (Clayton Christensen) и других специалистов показывают, что эти модели гораздо менее эффективны для создания продуктов, способных преобразовать мир, и их распространения на совершенно новых рынках, а именно такие условия и готовит нам Четвертая промышленная революция. Технологическое лидерство во время Четвертой промышленной революции потребует сотрудничества с разными внешними партнерами, от молодых, динамичных и предприимчивых компаний до научных учреждений и организаций из других секторов, предлагающих совершенно другие точки зрения, подходы и выходы на новые рынки.

В-третьих, чтобы получить максимум пользы от новых технологий, руководителям и сотрудникам необходимы новые умения и

новый образ мышления. В докладе о будущем рынка труда («Future of Jobs»), представленном на Всемирном экономическом форуме в 2016 году, показано, что новые технологии, бизнес-модели и рынки приведут к изменению 35% навыков и умений, требуемых в разных сферах. Исследования консалтинговой компании McKinsey показывают, что, хотя доступные в настоящее время технологии позволяют полностью автоматизировать лишь 5% профессий, современные компьютеры могут справиться как минимум с 30% задач, выполняемых почти на 60% рабочих мест²¹⁰.

Рисунок 28. Изменение спроса на основные трудовые навыки, 2015–2020, все индустрии

Доля профессий, в основные трудовые навыки которых входят следующие группы навыков и умений, %



Источник: Доклад о будущем рынка труда, Всемирный экономический форум

Новое исследование, проведенное консалтинговой фирмой AlphaBeta, показало, что технологии ведут не к росту безработицы, а к смещению акцента на выполнение задач, требующих творческого подхода, межличностного общения и синтеза информации. Так, по оценкам исследователей, в Австралии доля рутинной физической и административной работы в типичной рабочей неделе уменьшилась на два с лишним часа в пользу более приятных для сотрудников и полезных для компании задач²¹¹.

Навыки и умения, которые по прогнозам будут наиболее востребованными в результате этих изменений, показаны на рис. 28. Вырастет значимость творческих и коммуникативных навыков, а значит, чтобы успешно работать в условиях Четвертой промышленной

революции, организациям следует уделять больше внимания обучающим программам, развивающим умение решать проблемы, навыки управления и творческие способности, и набирать персонал с соответствующими навыками.

УПРАВЛЕНЧЕСКОЕ ЛИДЕРСТВО

Хотя выгоды новых технологий раскрываются в основном через частный сектор, качество и широта распространения этих выгод напрямую зависят от управления технологиями. Однако в данном случае управление подразумевает не только формальные структуры для создания законов и регулятивных норм, но и разработку и использование стандартов, появление социальных норм, ограничивающих или поощряющих использование технологий, частные схемы стимулирования, сертификацию и надзор соответствующих органов, промышленные соглашения и политики, применяемые организациями добровольно или в рамках договоров с конкурентами, поставщиками, партнерами и потребителями.

Одна из характеристик Четвертой промышленной революции и, возможно, XXI века в целом — растущая скорость изменений, слишком высокая для многих государственных организаций. Ускоряющиеся темпы технологических изменений несут особенно много затруднений законодателям и правительствам.

Настоящие и будущие преобразования, связанные с Четвертой промышленной революцией, требуют лидерства в вопросах управления, которые можно разделить на две категории.

Во-первых, лидеры должны переосмыслить, «чем и почему мы управляем». Во время предыдущих промышленных революций в дебатах по управлению технологиями обычно решался вопрос о роли государственного сектора в обеспечении безопасности инноваций для человеческого здоровья и окружающей среды. Этот вопрос остается приоритетным и для технологий Четвертой промышленной революции, но, как говорилось в предыдущих главах нашей книги, новые технологии поднимают новые проблемы — от влияния на рынки труда до защиты прав человека.

Чтобы пользоваться преимуществами и эффективно управлять рисками Четвертой промышленной революции, особенно важны восемь комплексных управленческих вопросов:

- Какие механизмы могут способствовать уменьшению, а не увеличению неравенства в доходах и богатстве различных слоев населения в ходе Четвертой промышленной революции?
- Как страны с развивающейся экономикой могут использовать новые технологии и системы, чтобы быстро поднять уровень жизни граждан, ускорить экономическое развитие и уменьшить неравенство между государствами?
- Какие новые политики, подходы и системы социальной защиты требуются для управления изменениями на рынке труда, связанными с Четвертой промышленной революцией?
- Как должны измениться развиваемые навыки, модели трудоустройства и технологические системы, чтобы человеческий труд и креативность дополнялись, а не заменялись?
- Учитывая возможности, предоставляемые людям и организациям технологиями Четвертой промышленной революции, как избежать конфликтов между индивидуальной свободой и коллективным процветанием?
- Какие нормы, стандарты и правила потребуются для сохранения демократического участия граждан в жизни общества в условиях развития влиятельных технологий с широкими возможностями прогнозирования?
- Как динамика и преобразования Четвертой промышленной революции повлияют на различные гендерные группы, культуры и сообщества, имеющие меньше влияния на происходящее, и какие новые роли и возможности могут потребоваться?
- Как сохранить основными источниками ценности в обществе чувство общей цели, значимость человека, духовность и отношения между людьми?

Во-вторых, необходимо изменить подход к управлению, начать думать не только о том, «чем» управлять, но и переосмыслить то, «как» это делать. Стандарты, действующие на отраслевом и межотраслевом уровнях, — достаточно мощные механизмы управления, сыгравшие важную роль во время Второй и Третьей промышленных революций. Разработка технических стандартов для Четвертой промышленной революции уже началась: в 2016 году Международная организация по стандартизации (ISO) выпустила стандарт 15066:2016, определяющий требования к безопасности коллаборативных роботизированных промышленных систем²¹². В настоящее время ISO разрабатывает четыре стандарта для беспилотных авиационных систем

и гражданского использования дронов²¹³. С 1946 года под эгидой ISO объединилось более 160 национальных организаций по стандартизации и было опубликовано около 22 тыс. международных стандартов, охватывающих почти все аспекты технологий и производства и множество видов деятельности в сфере услуг.

Профессиональные сообщества играют решающую роль в определении корректных стандартов, особенно тех, что отражают консенсус ценностей и приоритетов. Например, стандарты института IEEE основаны на работе 423 тыс. членов, которые ищут компромисс между организациями в решении вопросов безопасности, надежности и совместимости электрических и цифровых систем. Рекомендации IEEE, касающиеся искусственного интеллекта, показывают, что те, кто их разрабатывал, не только думали о технических требованиях и соблюдении действующих норм, но и учитывали более широкое влияние технологий. Такая забота о контексте отчасти связана с богатой историей этого института, уходящей корнями в самое начало Второй промышленной революции, в 1884 год*, когда электричество стало менять общество с помощью телеграфа, телефона и электроэнергии.

Разработка стандартов — существенная часть технологического лидерства, но масштаб, влияние и скорость изменений в ходе Четвертой промышленной революции предъявляют требования, с которыми не справляются существующие подходы к разработке технических стандартов и правительственных регулятивных мер. Управленческое лидерство во время Четвертой промышленной революции требует поиска новых, более гибких и адаптивных подходов к управлению, позволяющих действовать на опережение.

Для достижения этих целей Всемирный экономический форум в марте 2017 года открыл в Сан-Франциско Центр Четвертой промышленной революции. Этот Центр предоставляет новую платформу для международного сотрудничества в области разработки принципов и рамок, помогающих ускорить применение достижений науки и технологий в интересах мирового общества. Предлагаемые рамки будут проверяться на практике при участии государственного и частного секторов и представителей гражданского общества, и первоначально будут охватывать девять критически важных областей управления (рис. 29). Цель Центра — способствовать созданию сети похожих организаций во всех регионах

* В действительности тогда был основан не IEEE, а AIEE, который был назван IEEE после объединения с IRE. — *Прим. пер.*

мира и совместному многостороннему поиску решения проблем, связанных с новыми технологиями. Кроме того, Центр изучает различные инновационные подходы к гибкому управлению с помощью Советов по глобальным вопросам будущего, среди которых особую роль играет Совет по технологиям, ценностям и политике.

Рисунок 29. Проекты Центра Четвертой промышленной революции

Проект Центра	Соответствующая системная инициатива Всемирного экономического форума
Ускорение внедрения производственных инноваций на малых и средних предприятиях	Будущее производства
Искусственный интеллект и машинное обучение	Межинициативный проект
Блокчейн — технологии распределенных реестров	Межинициативный проект
Автономный транспорт	Будущее транспорта
Гражданское использование дронов	Будущее транспорта
Цифровая торговля и межгосударственные потоки данных	Будущее международной торговли и инвестиций, Будущее цифровой экономики и общества
Новый подход к использованию океанов	Будущее окружающей среды и безопасность природных ресурсов
Интернет вещей и подключенные устройства	Будущее цифровой экономики и общества
Точная медицина	Будущее здоровья и здравоохранения

Источник: Всемирный экономический форум

Хотя правительства обычно играют ключевую роль в определении более гибких структур управления для общества, лидерство в области технологического управления в условиях Четвертой промышленной революции не должно и не может быть прерогативой правительства — это задача, требующая многостороннего обсуждения и затрагивающая каждый сектор, каждую отрасль и организацию. Поэтому организации, вносящие вклад в создание более эффективных и устойчивых подходов к технологическому управлению, могут оказать огромное позитивное влияние на формирование нашего будущего.

ЛИДЕРСТВО В ВОПРОСАХ ЦЕННОСТЕЙ

Системное лидерство — это больше, чем инвестиции в технологическое лидерство и новые модели управления. Чтобы создать необходимый импульс и показать важность совместной работы, лидеры должны рассматривать Четвертую промышленную революцию и с точки зрения ценностей. Общественные ценности дают мотивацию и убеждения, необходимые для поиска способов использования технологий ради достижения общего блага, а не повышения прибыли отдельных участников.

Обсуждение ценностей может быть сложным, но существование разных точек зрения, мотивов и культурных контекстов не означает отсутствия общих интересов. Независимо от индивидуальных целей, важность сохранения планеты для будущих поколений, ценность человеческой жизни, международные принципы прав человека и искреннее беспокойство о глобальных проблемах могут быть отправной точкой для того, чтобы признать, что подлинная цель развития технологий — благо планеты и ее населения. Другими словами, в условиях Четвертой промышленной революции путь вперед должен лежать через возрождение человеко-ориентированного подхода.

В первой главе мы определили, что ориентированный на человека подход расширяет возможности людей и сообществ, предоставляя им цели и средства для изменения мира. На практике это значит, что необходимо помнить о влиянии технологий на окружающую среду и общество и стремиться к тому, чтобы новые технологии поддерживали цели в области устойчивого развития, а также экономические институты и механизмы для справедливого распределения материального благосостояния. Ориентированный на человека подход требует также защиты и расширения прав человека внутри государств и в международном пространстве, особенно прав наименее влиятельных граждан, занимающих в обществе самое низкое положение. Наконец, в то время как цифровые технологии оказывают все большее влияние на наше поведение и фрагментируют наш жизненный опыт, ориентация на человека ведет к появлению новых возможностей для поиска жизненных целей и осмысления повседневной деятельности. Чтобы стать ориентированными на человека, новые технологии должны облегчать взаимодействие между людьми, делая его более гармоничным и значимым.

Таким образом, лидерство в вопросах ценностей предполагает упреждающие действия: ценности необходимо сознательно и заблаговременно включать в технологические системы, а не думать о них задним числом.

У общества нет причин лишь пассивно реагировать на технологические изменения. Общество может решать, какое будущее оно хочет получить и какие технологии служат достижению его целей. Для принятия ценностно-ориентированного подхода к технологиям необходимо признать их политическую природу, сделать общественные ценности приоритетом и глубоко задуматься о том, какой вклад вносят организации в формирование ценностей, входящих в создаваемые и используемые нами технологии. Для этого требуется понять, как наши собственные индивидуальные ценности и точки зрения формируются под влиянием технологий, по мере того как мы решаем, каким быть техническому прогрессу. Наконец, ценностно-ориентированный подход к выбору направления технологического развития должен учитывать интересы всех слоев населения, даже тех, которые обычно не имеют права голоса, но также зависят от технологий.

Лидеры имеют прекрасный шанс, чтобы изменить принципы участия бизнеса и общества в развитии технологий. В долгосрочном плане важна способность отстраниться от экономических стимулов, по большей части определяющих направление технологического развития, и увидеть системное влияние технологий на будущее, в которое они нас ведут. В культуре стартапов и более общей корпоративной культуре очень важен пример лидеров, показывающих, как принимаются трудные решения, особенно касающиеся ценностей. Твердая приверженность лидера общественным ценностям может вызвать в организации цепную реакцию, мотивировать сотрудников и оказать влияние на репутацию организации внутри и вне нее.

СТРАТЕГИИ УЧАСТНИКОВ: ЧТО ДОЛЖНЫ ДЕЛАТЬ ПРАВИТЕЛЬСТВА?

Вклад в системное лидерство — дело каждого. Однако разные роли участников создают разные возможности для правительств, коммерческих организаций и отдельных граждан, предполагая использование разных стратегий.

Стратегия 1: использование методов гибкого управления.

Самая неотложная задача, стоящая перед правительствами, — открыть пространство для новых подходов к управлению технологиями.

Как описано в представленном на форуме документе «Гибкое управление: переосмысление формирования политики в условиях Четвертой промышленной революции» («Agile Governance: Reimagining Policy-making in the Fourth Industrial Revolution»)²¹⁴, темпы технического прогресса и некоторые характеристики технологий делают циклы и процессы принятия политических решений, существовавшие ранее, устаревшими. Так, новым условиям не соответствует скорость работы этих процессов, их отношение к разным юрисдикциям, дисциплинам и регулятивным мерам, а также их политическая природа, определяющая то, как они внедряют и отражают человеческие ценности и предубеждения. Идея изменения моделей управления в соответствии с требованиями технологий не нова, но в свете преобразований, которые сулят нам новейшие технологии, эта задача становится гораздо более срочной.

Гибкое управление — важнейшая стратегия для адаптации способов создания, рассмотрения, принятия и применения регулятивных мер, нацеленных на получение более эффективных результатов управления в условиях Четвертой промышленной революции. Концепция гибкого управления, формировавшаяся под влиянием Манифеста гибкой разработки программного обеспечения (Agile Manifesto)²¹⁵ и доклада о будущем программного обеспечения и общества, представленного на Всемирном экономическом форуме Советом по вопросам глобальной повестки дня²¹⁶, должна соответствовать скорости изменчивости, гибкости и адаптивности самих технологий и применяющих их частных компаний.

Правительства должны усердно работать, чтобы справиться с определенными рисками или даже противоречиями, возникающими при попытках достичь большей гибкости. В конце концов, разработка политики в государственном секторе часто имеет советательный и инклюзивный характер, что может работать против стремления к ускорению процессов и получения результатов. Действительно, существует много ситуаций, в которых самым подходящим решением будет взять паузу и тщательно все взвесить, чтобы получить наилучший результат. Как говорится в упомянутом выше документе, уникальная ответственность, возлагаемая на правительства, обязывает их следить за тем, чтобы, стремясь к скорости, они не приносили в жертву тщательность, эффективность и репрезентативность²¹⁷.

Однако важнейшей причиной, по которой правительствам следует незамедлительно переходить на гибкие подходы к управлению, является то, что гибкость позволяет создавать новые, более инклю-

живные и ориентированные на человека процессы, вовлекающие больше разных участников и позволяющие быстрее и эффективнее удовлетворять нужды заинтересованных сторон.

Гибкое управление позволяет также поддерживать более устойчивые в долгосрочном плане политики, постоянно следя за ними и чаще обновляя их, облегчая осуществление политики и предоставляя возможность разделять с частным сектором и гражданским обществом работу по формированию соответствующих сдержек и противовесов.

Но как в действительности выглядит гибкое управление? Правительствам следует изучать, стимулировать и применять следующие модели управления, адаптированные для Четвертой промышленной революции²¹⁸:

- Создание «лабораторий политики» — защищенных отделов в правительстве, имеющих четкий мандат на эксперименты с новыми, гибкими методами разработки политики. Пример — Лаборатория политики (Policy Lab) Секретариата кабинета министров Великобритании²¹⁹.
- Стимулирование взаимодействия между правительственными и коммерческими организациями для создания тестовой среды и экспериментальных моделей разработки регулятивных мер с использованием циклических гибких межотраслевых подходов, как предлагает Джефф Малган (Geoff Mulgan)²²⁰.
- Поддержка политики краудсорсинга и нормативного содержания для создания более инклюзивных и коллективных процессов определения правил. Пример — платформа CrowdLaw, дающая общественности возможность предлагать законопроекты, следить за их вводом в действие и предоставлять данные для поддержки новых законов или изменения существующих²²¹.
- Содействие созданию экосистем частных регуляторов, которые будут конкурировать на рынке за предоставление качественных услуг управления, согласующихся с общими социальными целями, как предлагает Джиллиан Хэдфилд (Gillian Hadfield) в книге «Правила для плоского мира» (*Rules for a Flat World*)²²².
- Разработка, популяризация и требование применения принципов внедрения инноваций для помощи исследователям, предпринимателям и коммерческим организациям, получающим государственное финансирование, от идеи «ответственных ин-

новаций»²²³, разработанной Ричардом Оуэном (Richard Owen) и другими специалистами, до принципов устойчивых инноваций, предлагаемых Хилари Сатклифф (Hilary Sutcliffe)²²⁴.

- Содействие общественному участию в научно-исследовательских проектах и интеграции в них подходов к прогнозированию на основе конкретных сценариев, а также методов социальных и гуманитарных наук, как предлагает Дэвид Гастон (David H. Guston) в своей модели предупреждающего управления²²⁵.
- Поддержка роли глобальных координирующих органов, обеспечивающих надзор, организующих публичные дебаты и оценивающих этические, юридические, социальные и экономические последствия развития технологий. Гэри Марчант (Gary Marchant) и Венделл Валлах (Wendell Wallach) предлагают организовать для этой цели комитеты по координации управления²²⁶, а Джим Томас (Jim Thomas) — принять международную конвенцию по оценке новых технологий²²⁷.
- Внедрение новых подходов к оценке технологий, предполагающих гораздо более активное участие общественности, признающих и отражающих ценности, мотивы и политические меры, влияющие на принятие решений относительно исследований и коммерциализации технологий, как предлагают Роудмайер (Rodemeyer), Саревиц (Sarewitz) и Уилсдон (Wilsdon)²²⁸.
- Применение принципов, предлагаемых Советом Всемирного экономического форума по глобальной повестке будущего программного обеспечения и общества (2014–2016) в «Призыве к обсуждению принципов гибкого управления» («A Call for Agile Governance Principles»). Эти принципы предназначены для «повышения эффективности, качества государственных услуг и общественного благосостояния, а также для повышения уровня подготовленности правительственных органов к реагированию на изменения»²²⁹.

Стратегия 2: трансграничное сотрудничество.

Вторая стратегия, которую правительствам, желающим применять методы гибкого управления, следует принять как можно раньше, — поиск новых способов сотрудничества, пересекающих традиционные границы секторов, институтов и государств.

Ни разработка, ни влияние технологий, описанных во втором разделе книги, не ограничиваются какой-то одной сферой или юрисдикцией. Как подробно обсуждалось в книге «Четвертая промышленная революция», это значит, что существование дисциплинарных и ин-

ституциональных границ — между областями исследования, министерствами или департаментами организаций — будет снижать, а не повышать эффективность правительственных мер реагирования.

Эти барьеры можно преодолеть. Например, сингапурский Колледж гражданской службы, предоставляющий правительственным учреждениям возможности для обучения и организации взаимодействия разных государственных служб, управляется советом директоров, в который входят постоянные секретари четырех министерств, представители канцелярии премьер-министра и местных академических партнеров²³⁰.

Разрушение барьеров не означает создание атмосферы общедоступности, особенно когда дело касается обмена данными. Существуют веские причины для защиты источников данных и тщательного выбора подходящего уровня подключения к каналам связи, особенно когда идет речь о потенциальном нарушении прав человека. Поэтому мы должны найти новые модели, обеспечивающие компромисс между риском неавторизованного или неэтичного использования новых технологий и преимуществами, которые невозможно получить без многостороннего сотрудничества. Хороший пример — медицинские данные: обмен крупными наборами геномных данных между поставщиками услуг здравоохранения и исследовательскими организациями предоставляет широкие возможности для спасения жизней. Однако при этом высок риск злоупотребления генетической информацией, поэтому в большинстве юрисдикций сохраняются строгие правила распространения данных и получения согласия пациентов.

Одна из новых моделей межсекторального сотрудничества пытается преодолеть эти ограничения в гуманитарном пространстве, предлагая соглашения о государственно-частном обмене данными, работающем по принципу «в экстренном случае разбейте стекло». Эти соглашения вступают в силу только в заранее оговоренных чрезвычайных ситуациях (таких как пандемия) и позволяют уменьшить задержки и повысить эффективность координации служб быстрого реагирования, временно разрешая обмен данными, незаконный в обычных обстоятельствах²³¹.

СТРАТЕГИИ УЧАСТНИКОВ: ЧТО ДОЛЖНЫ ДЕЛАТЬ КОММЕРЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ?

Стратегия 1: Обучение на опыте и инвестиции в людей.

Самая важная стратегия для бизнес-лидеров — экспериментировать. Четвертая промышленная революция все еще находится на раннем этапе, и мы еще далеки от полного понимания потенциала новых технологий. Однако, как говорилось в главе 2, мы можем делать некоторые прогнозы относительно динамики этой революции, в том числе признавать тот факт, что преобразования все чаще начинаются на периферии индустрий и организаций. Компании должны получить минимально необходимое понимание технологий, чтобы увидеть общую картину и возможности, которые могут лежать на периферии. Коммерческим организациям необходимо проявлять любопытство, находить время для ознакомления с новостями о прогрессе в разных областях и иметь желание пробовать новые технологии. Только непосредственно экспериментируя с технологиями, компании смогут понять, что с ними можно делать.

Бизнес не должен бояться применять новые технологии, такие как искусственный интеллект, передовые материалы, биотехнологии и Интернет вещей. Экспериментировать проще, чем кажется, — даже для небольших или молодых компаний. Пример творческого применения передовых технологий в новой ситуации показал японский фермер Макото Коике (Makoto Koike), использовавший библиотеку для машинного обучения TensorFlow, чтобы создать сортировочный конвейер для огурцов на семейной ферме²³².

Эксперименты открывают новые перспективы, показывая не только то, на что способны технологии, но и то, на что они не способны: некоторые широко разрекламированные технологические решения не оправдывают больших вложений. С помощью экспериментов можно получить представление о том, когда и в какой степени имеет смысл полагаться на те или иные технологии.

Чтобы получить максимум пользы от экспериментов с новыми технологиями, компании должны ценить людей, владеющих институциональными знаниями и способных применять их в новых начинаниях, а также инвестировать в обучение сотрудников данным навыкам. Развивать следует не только технологические навыки, но и коллаборативную культуру компании, приветствующую способность идти на

риск и терпимость к неудачам. Компании, обладающие предпринимательским мышлением, смогут создавать ценные ресурсы, если их сотрудники овладеют знаниями о предметной области на переднем крае инновационного пространства и будут находить возможности для создания дочерних компаний, способствуя росту бизнеса.

Стратегия 2: Принятие и продвижение новых подходов к управлению.

Коммерческие организации должны тщательно изучать связь их внутреннего управления и внешнего мира с использованием новых технологий и соответствующим образом выбирать источники этих технологий и способы их разработки, развертывания, интеграции и поддержки. От создания новых организационных структур до принятия новых политик и новаторских бизнес-практик, подходы к управлению, применяемые отдельными фирмами, могут формировать нормы и влиять на корпоративную культуру и поведение в целых индустриях, распространяясь вверх и вниз по цепочкам создания ценности.

За пределами своих организационных структур компании должны активно, согласованно и целенаправленно укреплять новые нормы управления и разработки технологий, направленных на поддержку описанных выше многосторонних подходов к управлению. Внутри организации большое преобразующее влияние могут оказать усилия по выработке четкого представления цели, этических кодексов поведения и широкого понимания влияния технологий. Изменение внутренних структур, сотрудничество с другими участниками и воспитание соответствующего образа мыслей и поведения — эффективные способы согласования мотивов и стимулов с более общими целями.

В рамках этого процесса компании должны принять соответствующие стратегии реагирования на новые риски, включив их в свой управленческий репертуар. В частности, многие компании недостаточно подготовлены к управлению киберрисками, связанными с быстрым развитием искусственного интеллекта, Интернета вещей, блокчейна и других новых цифровых технологий. Повторяющиеся случаи утечки данных, кражи биткоинов и взлома уязвимых IoT-устройств показывают, что с развитием взаимосвязанных цифровых технологий развиваются и способы их эксплуатации. Компании должны разработать надежные стратегии управления киберрисками для защиты ресурсов, приобретения соответствующих навыков и построения доверительных отношений с партнерами и потребителями.

Стратегия 3: Разработка и внедрение технологий с учетом перспективных возможностей.

Наконец, самая фундаментальная стратегия заключается в пересмотре отношения бизнеса к техническому прогрессу. Выходя далеко за рамки исследований и разработки продуктов, компании должны стремиться предвидеть будущее, в котором технологии будут служить ресурсом или продуктом, и критически оценивать, как формируемая организационная культура может повлиять на других в процессе разработки, приобретения или распространения этих технологий.

Как неоднократно доказано в этой книге, влияние, которое технологии Четвертой промышленной революции будут оказывать на нас, должно зависеть от нас самих. Например, последствия автоматизации будут во многом определяться тем, как и для какой цели разработаны роботизированные системы. Влияние многих технологий на окружающую среду будет зависеть от того, кто принимал участие в их проектировании, из каких источников были получены материалы, какие были заключены соглашения относительно хранения, переработки и утилизации отходов.

Компании должны разработать процедуры анализа этих широких нелинейных последствий и стремиться понять, как организационные процессы и стимулы, способствующие реализации тех или иных вариантов развития, помогают открывать новые перспективы и расширять возможности сотрудников, потребителей и местных сообществ. Для этого нужно «уменьшить масштаб», чтобы увидеть потенциальные конфликты и негативные последствия и реалистично посмотреть на перспективы влияния новых технологий на компанию, ее клиентов и общество. Например, фирме, внедряющей в своем городе IoT-устройства, следует подумать о том, к каким негативным последствиям для различных сообществ может привести доступность данных, получаемых с помощью датчиков.

Принятие этой стратегии позволит компаниям прийти к построению доверительных отношений с потребителями и регулирующими инстанциями. Кроме того, если начать строить отношения с этими инстанциями заранее, с более широким пониманием того, как новые технологии могут нарушить сложившееся положение вещей, это может помочь сформировать нормативно-правовую среду. Чтобы создать инклюзивное и устойчивое будущее, к которому мы стремимся, в принятии решений необходимо учитывать интересы всех вовлеченных сторон и все прогнозируемые негативные последствия.

СТРАТЕГИИ УЧАСТНИКОВ: ЧТО ДОЛЖНЫ ДЕЛАТЬ ОТДЕЛЬНЫЕ ЛЮДИ?

Стратегия 1: Изучать, экспериментировать, прогнозировать.

Отдельным людям, как и коммерческим организациям, следует активно интересоваться новыми технологиями. Иногда это необходимо для предотвращения негативных последствий для себя и для других. Например, многие киберриски возникают у людей, не принявших мер защиты, таких как использование надежных паролей или двухфакторной аутентификации. В других случаях «демократизация» новых технологий предоставляет людям, даже если они не руководители и не инженеры, возможности для участия в формировании направлений развития этих технологий, о чем говорилось в главе 2. Сегодня существует множество возможностей для знакомства с новыми технологиями на собственном опыте — от похода в местный фаблаб^{*233} и печати самостоятельно спроектированных изделий на 3D-принтере до участия в мастер-классах по биохакингу²³⁴.

Понимание процессов, скрывающихся за интерфейсом цифровых технологий и услуг, необходимо людям для предоставления обратной связи бизнесу и законодателям, представляющим интересы и ценности общества. Приобрести навыки, необходимые для использования многих передовых технологий, описанных в разделе 2, проще, чем может показаться. Например, некоммерческая организация fast.ai предлагает семинедельный курс глубокого обучения, доступный каждому, кто владеет основами программирования. После прохождения этого курса даже неспециалист сможет использовать новейшие инструменты машинного обучения для решения практических задач в любой области.

Изучение технологий и экспериментирование с ними помогают задуматься о будущем, которое мы хотим создать, и мы все должны помнить, что будущее принадлежит нашим потомкам. Очень важно представлять, какими будут взаимоотношения технологий и общества, и один из способов лучше понять потенциальные цели и способы применения новых технологий — прислушиваться к молодежи и учиться у нее. Любое будущее, достойное того, чтобы к нему стре-

* От английского «fabrication laboratory» — небольшая мастерская, предоставляющая всем желающим возможность индивидуального самостоятельного изготовления необходимых им изделий и деталей. — *Прим. пер.*

миться, должно создаваться с учетом мнений тех, кто будет жить в нем и на кого развивающиеся сегодня технологии окажут наибольшее влияние.

Стратегия 2: Участвовать в политике.

В конце концов, именно люди будут жить в будущем, которое создается с помощью технологий. Когда у отдельных людей собственное видение будущего, они могут политически реагировать на разработку и применение технологий, принимая решения о том, когда занять определенную позицию и выражать свое мнение. Делиться взглядами на то, как технологии влияют на жизни людей и сообществ, важно, потому что технологии — продукт отдельных групп, действующих в своих интересах и, возможно, не знакомых с мнениями других социальных групп или не осознающих более широкие последствия. Обратная связь очень важна, она дает обществу возможность коллективно определять наиболее желательные способы применения технологий Четвертой промышленной революции и сообщать бизнесу и регуляторам, какие проблемы вызывают больше всего беспокойства.

Отдельные люди могут выражать свое мнение не только как потребители и избиратели, но и как участники общественных организаций и движений, тоже преобразующихся в процессе Четвертой промышленной революции. Эти важные проводники социальных стремлений защищают права граждан, удовлетворяют те социальные нужды, которые не может удовлетворить бизнес, и оказывают поддержку в тех областях, где сталкиваются интересы общества и правительства. Общественные организации помогают донести мнение групп населения, обычно игнорируемых и лишенных политического влияния, до тех, кто непосредственно принимает решения, и дают предпринимателям, компаниям, инвесторам и инженерам возможность лучше понять, как разрабатываемые ими технологии влияют на общество в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние 50 лет мы стали более отчетливо понимать взаимную преобразующую связь между обществом и производимыми им технологиями. Первые две промышленные революции и две мировые войны показали, что технологии — это гораздо больше, чем просто

набор машин, инструментов и систем, связанных с производством и потреблением. Технологии оказывают огромное влияние на формирование социальных точек зрения и наших ценностей. Они требуют нашего внимания именно потому, что с их помощью мы создаем экономику, общество и собственные взгляды на мир. Они формируют наше видение мира, отношение к окружающим и перспективы на будущее.

Проблемы, с которыми мы сталкиваемся в начале Четвертой промышленной революции, такие как влияние автоматизации, этические вопросы применения искусственного интеллекта и социальные последствия генной инженерии, стали частью общественного сознания уже в 1960-х годах, когда ядерные, генные и космические технологии вышли из зачаточного состояния, а компьютеры стали заменять людей. Краткосрочные ожидания превышали возможности того времени, но благодаря достижениям цифровых технологий, возникших во время Третьей промышленной революции, теперь эти ожидания начали превращаться в реальность, быстро входя в повседневную жизнь все большей части мирового населения.

К счастью, за последние 50 лет научные исследования и прогнозы позволили разработать аналитические инструменты, помогающие лучше понять, как технологии и общества формируют друг друга и влияют друг на друга. Осознание того, как технологии провоцируют широкие социальные преобразования и как в создаваемые людьми технологии внедряются ценности, помогло нам распознать сигналы грядущих перемен и позволило написать эту книгу.

Чтобы адекватно действовать в этих сложных условиях, необходима новая точка зрения на технологии, учитывающая многогранность технологических изменений и позволяющая принимать практические решения на личном и организационном уровнях.

Мы не сможем этого достичь, если продолжим считать передовые технологии «простыми инструментами», которыми человечество может пользоваться с предсказуемыми и контролируемыми последствиями. Однако мы не сможем также в полной мере использовать открывающиеся возможности, если сдадимся перед сложностью технологий и будем считать их внешними, детерминированными силами, неподвластными нашему контролю.

Вместо этого все заинтересованные стороны должны усвоить тот факт, что результаты технического прогресса связаны с решениями, принимаемыми нами на каждом этапе разработки и вне-

дрения, и влияние может оказывать каждый — обычный гражданин, руководитель компании, общественный активист, крупный инвестор или влиятельный политик. Как выбор потребителей влияет на будущее компаний и доступных нам продуктов, так и наш коллективный выбор технологий влияет на структуру экономики и общества.

Технологии помогут найти решение многих проблем, с которыми мы сталкиваемся сегодня, но они сами и усугубляют некоторые из этих проблем, а также создают новые. Ни одна группа не сможет решить эти проблемы в одиночку, и мы не можем рассчитывать, что решим их исключительно с помощью технологий. Мы должны шире смотреть на наши коллективные приоритеты и укреплять те области, в которых мы сходимся во мнениях, создавая позитивные изменения посредством сотрудничества, построения доверительных отношений и проявления доброй воли. Со сложностями Четвертой промышленной революции можно справиться только совместными усилиями и открытыми действиями.

Если мы сможем проявить мужество и действовать в общих интересах, можно надеяться, что нам удастся продолжить повышать благосостояние человечества и продвигаться по пути развития. Прошлые промышленные революции стали крупным источником прогресса и обогащения, хотя нам приходится бороться с их негативными последствиями, такими как ущерб окружающей среде и растущее неравенство. Привлечение к участию всех заинтересованных сторон поможет нам преодолеть основные сложности — справедливо распределить выгоды, которые дают технологические преобразования, сократить пагубные последствия и убедиться, что передовые технологии расширяют возможности человечества, а не определяют их.

Преодоление сложностей управления в условиях Четвертой промышленной революции потребует от правительств, коммерческих организаций и отдельных граждан принятия правильных стратегических решений относительно разработки и внедрения новых технологий. Мы должны также отстаивать общественные ценности и искать более эффективные механизмы координации совместных действий. Отдельным людям и организациям необходимо принимать во внимание точки зрения многих других участников, а государствам и многонациональным корпорациям придется найти более эффективные способы заключения формальных и неформальных международных соглашений. Все это непросто выполнить, и нас на-

верняка ждет немало неудач, но мы не можем снять с себя эту ответственность.

Масштаб, сложность и неотложность проблем, перед которыми стоит сегодня мир, требуют лидерских действий для быстрого и ответственного реагирования. Если все отрасли будут работать над системным лидерством и ориентироваться на общественные ценности, у нас появится шанс создать будущее, в котором передовые технологии будут помогать в создании инклюзивного, справедливого и процветающего общества.

Б Л А Г О Д А Р Н О С Т И

ЭТА КНИГА — РЕЗУЛЬТАТ МНОГОГРАННОЙ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ. Ее созданию предшествовали 1,5 года исследований, интервью, семинаров, брифингов и саммитов, в которых участвовали тысячи экспертов, лидеров организаций и политиков, а также подробных обсуждений и переписки более чем с 240 ведущими мыслителями.

Огромный вклад в главы второго раздела внесли Советы по проблемам глобального развития, а также Сеть экспертов Всемирного экономического форума. Они поделились большим количеством статей, а также множеством информативных и детальных комментариев о представленных технологиях, которые не только крайне сложны, но и постоянно изменяются.

Таким образом, невозможно назвать поименно каждого, кто внес свой вклад в создание этой книги. Достойны благодарности все члены Советов по проблемам глобального развития (GFC), особенно тех, что занимаются технологиями Четвертой промышленной революции. Значительная часть экспертов, на которых мы ссылаемся в тексте и в сносках, входят в GFC. Список соавторов всех глав представлен ниже, а полный список GFC и их участников можно найти по ссылке: <https://www.weforum.org/communities/global-future-councils>.

Мы хотели бы выразить особую благодарность всем экспертам, которые нашли время для участия в интервью, неформальных обсуждениях, переписках, телефонных и личных беседах в процессе создания этой книги. В их число входят:

Асма Абу Мезид (Asmaa Abu Mezied), Small Enterprise Center
Ашиш Адвани (Asheesh Advani), JA Worldwide
Дапо Аканде (Dapo Akande), Оксфордский университет
Анна-Мари Олгроув (Anne-Marie Allgrove), партнер Baker & McKenzie
Дмитрий Альперович (Dmitri Alperovitch), Crowdstrike

Майкл Альтендорф (Michael Altendorf), Adtelligence
 Кис Артс (Kees Arts), Protix
 Алан Аспуру-Гузик (Alán Aspuru-Guzik), Гарвардский университет
 Навдип Сингх Байнс (Navdeep Singh Bains), министр инноваций,
 науки и экономического развития Канады
 Бэнни Банерджи (Banny Banerjee), Стэнфордский университет
 Брайан Белендорф (Brian Behlendorf), Hyperledger
 Эмили Белл (Emily Bell), Колумбийский университет
 Марк Р. Беньефф (Marc R. Benioff), Salesforce.com
 Йоби Бенджамин (Yobie Benjamin), Avegant
 Никлас Бергман (Niklas Bergman), Intergalactic
 Сангита Бхатия (Sangeeta Bhatia), Массачусетский технологиче-
 ский институт
 Бурхард Блехшмидт (Burkhard Blechschmidt), Cognizant
 Адам Блай (Adam Bly), Spotify
 Айрис Боннет (Iris Bohnet), Гарвардский университет
 Дана Бойд (Danah Boyd), Microsoft Research
 Эдвард Бойден (Edward Boyden), Массачусетский технологиче-
 ский институт
 Кирк Бресникер (Kirk Bresniker), Hewlett Packard Enterprise
 Винни Бьяньйима (Winnie Byanyima), Oxfam
 Джон Каррингтон (John Carrington), Stem
 Кон Као (Cong Cao), Ноттингемский университет
 Альвин Карпио (Alvin Carpio), The Fourth Group
 Жустин Кэсселл (Justine Cassell), Университет Карнеги-Меллона
 Сань Кьун Ча (Sang Kyun Cha), Национальный университет Се-
 ула
 Деррик Чем (Derrick Cham), Группа по стратегии в составе прави-
 тельства Сингапура
 Джошуа Чен (Joshua Chan), управление «Умная страна и цифро-
 вое правительство» (Smart Nation and Digital Government) прави-
 тельства Сингапура
 Эндрю Чарлтон (Andrew Charlton), AlphaBeta
 Фади Чехаде (Fadi Chehadé), Chehadé Inc.
 Деван Ченой (Devan Chenoy), Confederation of Indian Industry
 (СИ)
 Ханна Чиа (Hannah Chia), Группа по стратегии в составе прави-
 тельства Сингапура
 Кэрол Чон (Carol Chong), Совет экономического развития Син-
 гапура

Джэ Юнь Чон (Jae-Yong Choung), Корейский институт передовых технологий (KAIST)

Эрнесто Чиорра (Ernesto Ciorra), Enel

Алан Кон (Alan Cohn), Джорджтаунский университет

Стефен Коттон (Stephen Cotton), Международная федерация транспортных рабочих

Эрон Крамер (Aron Cramer), Business for Social Responsibility (BSR)

Джеймс Кроуфорд (James Crawford), Orbital Insight

Молли Крокетт (Molly Crockett), Оксфордский университет

Пань Ти Кин Дамьен (Pang Tee Kin Damien), Денежно-кредитное управление Сингапура

Пол Догерти (Paul Daugherty), Accenture

Эрик Дэвид (Eric David), Organovo

Чарли Дэй (Charlie Day), Управление инноваций и науки Австралии

Ангус Дитон (Angus Deaton), Принстонский университет

Филл Диккенс (Phill Dickens), Ноттингемский университет

Чжан Доньсяо (Zhang Dongxiao), Пекинский университет

П. Мюрали Дорайсвами (P. Murali Doraiswamy), Дюкский университет

Дэвид Ивес (David Eaves), Школа управления им. Джона Ф. Кеннеди

Имад Эладж (Imad Elhajj), Американский университет Бейрута

Шериф Ельсайед-Али (Sherif Elsayed-Ali), Amnesty International

Хельми Эльтухи (Helmy Eltoukhy), Guardant Health

Эзекиль Эммануил (Ezekiel Emanuel), Пенсильванский университет

Виктория А. Эспинель (Victoria A. Espinel), BSA — The Software Alliance

Альдо Файсаль (Aldo Faisal), Имперский колледж Лондона

Аль Фальчоне (Al Falcione), Salesforce.com

Дэн Фарбер (Dan Farber), Salesforce.com

Нита Фарахани (Nita Farahany), Дюкский университет

Кристофер Филд (Christopher Field), Стэнфордский университет

Брайан Форде (Brian Forde), Массачусетский технологический институт

Примавера Де Филиппи (Primavera De Filippi), Центр изучения Интернета и общества им. Беркмана в Гарвардском университете

Лучано Флориди (Luciano Floridi), Оксфордский университет

Трейси Фуллертон (Tracy Fullerton), Южно-Калифорнийский университет

Паскаль Фань (Pascale Fung), Гонконгский университет науки и технологий

Эндрю Фарсман (Andrew Fursman), 1QBit

Мэри Галети (Mary Galeti), Shiplake Partners

Брайан Галлагер (Brian Gallagher), United Way

Дилип Джордж (Dileep George), Vicarious

Куналь Гош (Kunal Ghosh), Inscopix

Боб Гудсан (Bob Goodson), Quid

Кристофф Грабер (Christoph Graber), Цюрихский университет

Генри Т. Грили (Henry T. Greely), Стэнфордский университет

Вань Гаою (Wang Guoyu), Фуданьский университет

Санджай Гупта (Sanjay Gupta), LinkedCap

Сет Гаргел (Seth Gurgel), PILnet

Джиллиан Хэдфилд (Gillian Hadfield), Южно-Калифорнийский университет

Вань Хаойи (Wang Haoyi), Зоологический институт Академии наук КНР

Демис Хассабис (Demis Hassabis), Google DeepMind

Рикардо Хаусманн (Ricardo Hausmann), Гарвардский университет

Джон Хэвенс (John Havens), Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE)

Янь Хе (Yan He), Чжэцзянский университет

Имоджен Хип (Imogen Hear), предприниматель и музыкант

Джон Хегель (John Hegel), Deloitte

Кэмерон Хепберн (Cameron Hepburn), Оксфордский университет

Энджи Хоббс (Angie Hobbs), Шеффилдский университет

Тимоти Хуань (Timothy Hwang), FiscalNote

Джейн Хайнс (Jane Hynes), Salesforce.com

Нэнси Ип (Nancy Ip), Гонконгский университет науки и технологий

Дэвид Айрленд (David Ireland), ThinkPlace

Пол Джейкобс (Paul Jacobs), Qualcomm

Эми Майерс Джаффи (Amy Myers Jaffe), Калифорнийский университет

Дэвид Ратика Яин (Davis Ratika Jain), Confederation of Indian Industry (CII)

Шейла Ясановф (Sheila Jasanoff), Школа управления им. Джона Ф. Кеннеди

Аджай Джасра (Ajay Jasra), Indigo

Чи Хьюнь Джень (Chi Hyung Jeon), Корейский институт передовых технологий

Фэнь Цянфэнь (Feng Jianfeng), Фуданьский университет
 Янь Цяньхуа (Yan Jianhua), Чжэцзянский университет
 Санджей Джоши (Sunjoy Joshi), Observer Research Foundation (ORF)

Калестоус Джума (Calestous Juma), Школа управления им. Джона Ф. Кеннеди

Анья Касперсен (Anja Kaspersen), Международный Комитет Красного Креста (МККК)

Стефан Касриэль (Stephane Kasriel), Upwork

Нил Касселл (Neal Kassell), Focused Ultrasound Foundation

Дрю Катаока (Drue Kataoka), Drue Kataoka Studios

Леанн Кемп (Leanne Kemp), Everledger

Со Юнь Ким (So-Young Kim), Корейский институт передовых технологий (KAIST)

Эрика Кочи (Erica Kochi), ЮНИСЕФ

Дэвид Кракауэр (David Krakauer), Институт Санта-Фе

Рамаяя Кришнан (Ramayya Krishnan), Университет Карнеги-Меллона

Дженнифер Казма (Jennifer Kuzma), Университет штата Северная Каролина

Джанетт Квек (Jeanette Kwek), Группа по стратегии в составе правительства Сингапура

Донь Су Квонь (Dong-Soo Kwon), Корейский институт передовых технологий

Питер Лейси (Peter Lacy), Accenture

Коринна Е. Лейтан (Corinna E. Lathan), AnthroTronix

Джим Лиапи (Jim Leape), Стэнфордский университет

Йонь Квань Ли (Jong-Kwan Lee), Университет Сонгюнган

Джей Кью Ли (Jae Kyu Lee), Корейский институт передовых технологий

Сань Йюп Ли (Sang Yup Lee), Корейский институт передовых технологий

Стив Леонард (Steve Leonard), SG Innovate

Джофффри Линь (Geoffrey Ling), Военно-медицинский университет США

Су Ли Пинь (Xu LiPing), Чжэцзянский университет

Саймон Лонгстафф (Simon Longstaff), The Ethics Centre

Стюарт Макклур (Stuart McClure), Cylance

Уильям Макдоно (William McDonough), McDonough Innovation

Чери Макгвайр (Cheri McGuire), Standard Chartered Bank

Крис Маккенна (Chris McKenna), Оксфордский университет

Катерина Мах (Katherine Mach), Стэнфордский университет

Раффи Мардиросан (Raffi Mardirosan), Ouster
 Хью Мартин (Hugh Martin), Verizon
 Бернард Мейерсен (Bernard Meyersen), IBM Corporation
 Кристиан Мендоза (Cristian Mendoza), Папский университет Святого Креста

Флоренс Мок (Florence Mok), Денежно-кредитное управление Сингапура

Бен Мур (Ben Moore), Цюрихский университет
 Саймон Малкахи (Simon Mulcahey), Salesforce.com
 Джефф Малган (Geoff Mulgan), NESTA
 Сэм Мюллер (Sam Muller), HiiL

Венкатеш Нараянамурти (Venkatesh Narayanamurti), Школа управления им. Джона Ф. Кеннеди

Патрик Ни (Patrick Nee), Universal Bio Mining

Тимоти Дж. Нунан (Timothy J. Noonan), Международная конфедерация профсоюзов (ITUC)

Бет Симона Новек (Beth Simone Novack), Нью-Йоркский университет

Джереми О'Брайен (Jeremy O'Brien), Бристольский университет

Тим О'Рейли (Tim O'Reilly), O'Reilly Media

Рут Окиджи (Ruth Okediji), Школа права Гарвардского университета

Иан Опперманн (Ian Oppermann), правительство Нового Южного Уэльса, Австралия

Майкл Осборн (Michael Osborne), Оксфордский университет

Оливье Олье (Olivier Oullier), Emotiv

Тони Пэн (Tony Pan), Modern Electron

Янош Пасзтор (Janos Pasztor), Carnegie Climate Geoengineering Governance Initiative (C2G2)

Сафак Пави (Safak Pavey), Великое национальное собрание Турции

Ли Чор Фарн (Lee Chor Pharn), Группа по стратегии в составе правительства Сингапура

Кристофер Писсаридес (Christopher Pissarides), Лондонская школа экономики и политических наук

Майкл Платт (Michael Platt), Йельский университет

Джаред Пун (Jared Poon), Группа по стратегии в составе правительства Сингапура

Майкл Познер (Michael Posner), Нью-Йоркский университет

Цзя Цинь (Jia Qing), SG Innovate

Лиминь Цю (Limin Qiu), Чжэцзянский университет

Хуань Цюньсин (Huang Qunxing), Чжэцзянский университет
 Яуд Рахван (Jayd Rahwan), Медиалаборатория Массачусетского
 технологического института

Мандип Рай (Mandeep Rai), Creative Visions Global
 Рафаэль Рамирез (Rafael Ramirez), Оксфордский университет
 Андреас Раптопулос (Andreas Raptopoulos), Matternet
 Мэттью Рикард (Matthieu Ricard), Karuna-Shechen
 Дэни Родрик (Dani Rodrik), Школа управления им. Джона Ф. Кен-
 неди

Дженнифер Рапп (Jennifer Rupp), Швейцарская высшая техниче-
 ская школа Цюриха

Вон Рюкин (Wong Ruqin), управление «Умная страна и цифровое
 правительство» (Smart Nation and Digital Government) правитель-
 ства Сингапура

Стюарт Расселл (Stuart Russell), Калифорнийский университет
 в Беркли

Хирад Сабети (Heerad Sabeti), Fourth Sector Networks

Даниэль Сахс (Daniel Sachs), Proventus

Эрик Салобир (Eric Salobir), Медиакomitee Ватикана

Самир Саран (Samir Saran), Observer Research Foundation (ORF)

Марк Сазер (Marc Saxer), Friedrich-Ebert-Stiftung

Чей Пуй Сан (Chay Pui San), управление «Умная страна и циф-
 ровое правительство» (Smart Nation and Digital Government) прави-
 тельства Сингапура

Сатьен Сангани (Satyen Sangani), Alation

Оуэн Шеффер (Owen Schaeffer), Национальный университет
 Сингапура

Нико Селл (Nico Sell), Wikr

Ананд Шах (Anand Shah), Accenture

Лам Уи Шенн (Lam Wee Shann), Управление наземного транспор-
 та Сингапура

Хуань Шаофей (Huang Shaofei), Управление наземного транспор-
 та Сингапура

Праньял Шарма (Pranjal Sharma), экономический аналитик и пи-
 сатель

Дэвид Шим (David Shim), Корейский институт передовых техно-
 логий

Вань Шоюань (Wang Shouyan), Фуданьский университет

Каранвир Сингх (Karanvir Singh), Visionum

Петер Смит (Peter Smith), Blockchain

Дэвид Снг (David Sng), SG Innovate

Деннис Дж. Сноуэр (Dennis J. Snower), Кильский институт мировой экономики

Ричард Соули (Richard Soley), Object Management Group

Милдред Ц. Соломон (Mildred Z. Solomon), The Hastings Center

Джек Стилго (Jack Stilgoe), Университетский колледж Лондона

Натали Стингелин (Natalie Stingelin), Имперский колледж Лондона

Карстен Стекер (Carsten Stöcker), RWE

Эллен Стофен (Ellen Stofan), Университетский колледж Лондона

Мустафа Сулейман (Mustafa Suleyman), Google DeepMind

Арун Сундарараян (Arun Sundararajan), Нью-Йоркский университет

Хилари Сатклифф (Hilary Sutcliffe), SocietyInside

Мариярозария Таддео (Mariarosaria Taddeo), Оксфордский университет

Нина Тендон (Nina Tandon), Epibone

Дон Тапскотт (Don Tapscott), The Tapscott Group

Омар Тайеб (Omar Tayeb), Blippr

Нитиш Текор (Nitish Thakor), Национальный университет Сингапура

Эндрю Томпсон (Andrew Thompson), Proteus Digital Health

Чарис Томпсон (Charis Thompson), Калифорнийский университет в Беркли

Петер Туфано (Peter Tufano), Оксфордский университет

Онур Тюрк (Onur Türk), Turkish Airlines

Ричард Тайсон (Richard Tyson), frog design inc

Кристиан Амбах (Christian Umbach), XapiX.io

Эффи Вайена (Effy Vayena), Цюрихский университет

Рама Вешари (Rama Vedashree), Data Security Council of India (DSCI)

Марк Вентреска (Marc Ventresca), Оксфордский университет

Кирилл Веселков (Kirill Veselkov), Имперский колледж Лондона

Дэвид Виктор (David Victor), Калифорнийский университет в Сан-Диего

Фарида Вис (Farida Vis), Шеффилдский университет

Мелани Уокер (Melanie Walker), Всемирный банк

Венделл Валлах (Wendell Wallach), Йельский университет

Стюарт Уоллис (Stewart Wallis), независимый мыслитель, лектор, сторонник новой экономической системы

Пунь Кинь Вань (Poon King Wang), Центр городских инноваций им. Ли Куаня Ю

Анкур Варику (Ankur Warikoo), nearbuy.com
 Брайан Уиден (Brian Weeden), Secure World Foundation
 Ли Вей (Li Wei), Зоологический институт Академии наук КНР
 Ли Вэйдун (Li Weidong), Шанхайский университет Джао Тонг
 Эндрю Уайт (Andrew White), Оксфордский университет
 Тофер Уайт (Topher White), Rainforest Connection
 Will.i.am, предприниматель и музыкант
 Джефффри Вон (Jeffrey Wong), EY
 Лорен Вудман (Lauren Woodman), Nethope
 Нгаир Вудс (Ngair Woods), Оксфордский университет
 Цзюньли Ву (Junli Wu), Совет экономического развития Сингапура
 Алекс Вьятт (Alex Wyatt), August Robotics
 Линь Сю (Lin Xu), Шанхайский университет Джао Тонг
 Сюэ Лань (Xue Lan), Университет Цинхуа
 Брайан Йео (Brian Yeoh), Денежно-кредитное управление Сингапура
 Евгения Завалишина (Jane Zavalishina), Яндекс.Деньги
 Чэнхань Чжэн (Chenghang Zheng), Чжэцзянский университет
 Джузеппе Цокко (Giuseppe Zocco), Index Ventures

Также для создания этой книги потребовались время, знания и опыт почти сотни наших коллег из отделений Всемирного экономического форума в Женеве, Нью-Йорке, Сан-Франциско, Пекине и Токио.

Особой благодарности заслуживают те, кто предоставлял бесценные стратегические рекомендации и техническую поддержку, тратил свое время на работу с черновыми версиями и разработку материалов, а также использовал свои связи для улучшения книги. Томас Филбек (Thomas Philbeck) помог выстроить структуру книги, работал с соавторами, а также раскрыл важные нюансы того, как технологии влияют на общество и приводят к системным изменениям. Энн Мэри Энгтофт Ларсен (Anne Marie Engtoft Larsen) потратила несчетное количество часов на изучение идей и работу с соавторами, а также предоставила свои собственные знания по теме инноваций и экономического развития — всё это было крайне важно для конечной работы. Создание этой книги было бы невозможно без глубоких знаний, советов и моральной поддержки Мела Рождерса (Mel Rogers). Кэтрин Эггенбергер (Katrin Eggenberger) сыграла роль «внутреннего издателя» книги и оказывала неоценимую, постоянную и неутомимую поддержку на всем протяжении работы. Среди других участников, которые заслуживают особенной благодарности,

стоит назвать Кимберли Ботрайт (Kimberley Botwright), Ангуса Коллинса (Aengus Collins), Скотта Дэвида (Scott David), Дэвида Глейшера (David Gleicher), Берит Глейкснер (Berit Gleixner), Ригаса Хадцилакоса (Rigas Hadzilacos), Одри Хельштроффер (Audrey Helstroffer), Джереми Юргенса (Jeremy Jurgens), Шерил Мартин (Cheryl Martin), Стефана Мергенталера (Stephan Mergenthaler), Фульвию Монтресор (Fulvia Montresor), Дерека О'Хэллорена (Derek O'Halloran), Ричарда Саманса (Richard Samans), Ша Сонь (Sha Song), Мурата Сонмеца (Murat Sönmez), Джада Сванборо (Jahda Swanborough) и Мэнди Йинь (Mandy Ying).

Мы хотели бы также поблагодарить председателей Советов по проблемам глобального развития, связанных с темами Четвертой промышленной революции, за их усилия по организации релевантных обсуждений в рамках их сообществ: Нанайю Аппентенг (Nanayaa Appenteng), Ванессу Кандейес (Vanessa Candeias), Дэниэля Доброговски (Daniel Dobrygowski), Дэниэля Гомеза Гавирию (Daniel Gomez Gaviria), Манджу Джордж (Manju George), Фернандо Гомеза (Fernando Gomez), Амиру Гоаибии (Amira Gouaibi), Ригаса Хадцилакоса (Rigas Hadzilacos), Николая Хлыстова (Nikolai Khlystov), Марину Кромменекер (Marina Krommenacker), Цзяозяо Ли (Jiaojiao Li), Джесси Макуотерса (Jesse McWaters), Лизу Вентура (Lisa Ventura) и Карен Вон (Karen Wong).

Среди других членов Форума, которые принимали участие в онлайн-дискуссиях, обмене знаниями и поддержке проекта, можно выделить: Дэвида Эйкмана (David Aikman), Вадью Айт Хамза (Wadia Ait Hamza), Чидього Аканьи́ли (Chidiogo Akunyili), Силию Боллер (Silja Baller), Пола Бичера (Paul Beecher), Андрея Бердичевского (Andrey Berdichevskiy), Арно Бернара (Arnaud Bernaert), Стефано Бертоло (Stefano Bertolo), Катерину Браун (Katherine Brown), Себастьяна Бакапа (Sebastian Buckup), Оливера Канна (Oliver Cann), Жемму Корриган (Gemma Corrigan), Сандрин Рахер (Sandrine Raher), Шимер Дао (Shimer Dao), Лизу Драйер (Lisa Dreier), Маргарету Држенник (Margareta Drzeniek), Джона Даттона (John Dutton), Джаки Айзенберг (Jací Eisenberg), Ниму Элми (Nima Elmi), Эмили Форнворт (Emily Farnworth), Сузанну Грассмейер (Susanne Grassmeier), Мехрана Галя (Mehran Gul), Майкла Хэнли (Michael Hanley), Уильяма Хоффмана (William Hoffman), Мари Софи Мюллер (Marie Sophie Müller), Дженни Соффель (Jenny Soffel), Кирико Хонда (Kiriko Honda), Рави Канерию (Ravi Kaneriyá), Михоко Кашивакура (Mihoko Kashiwakura), Данила Керими (Danil Kerimi), Аканкшу Хатри (Akanksha Khatri), Андрея Кирна (Andrej Kirn), Звику Крейгера

(Zvika Krieger), Вольфганга Лемахера (Wolfgang Lehmacher), Тилля Леопольда (Till Leopold), Хелену Лорен (Helena Leurent), Марайю Левин (Mariah Levin), Элиз Липман (Elyse Lipman), Питера Лайонса (Peter Lyons), Сильвию Маньони (Silvia Magnoni), Катерину Миллиган (Katherine Milligan), Джона Мовензадеха (John Moavenzadeh), Адриана Монка (Adrian Monck), Валери Пейр (Valerie Peyre), Гоя Фамтима (Goy Phumtim), Катерину Рендел (Katherine Randel), Весселину Стефанову Ратчеву (Vesselina Stefanova Ratcheva), Филипа Шетлер-Джонса (Philip Shetler-Jones), Марка Спелмана (Mark Spelman), Тану Салливан (Tanah Sullivan), Кая Келлера (Kai Keller), Кристофа фон Тоггенбурга (Christoph von Toggenburg), Терри Тойота (Terri Toyota), Питера Ванхема (Peter Vanham), Жан-Люка Веза (Jean-Luc Vez), Сильвию Фон Гантен (Silvia Von Gunten), Доминика Уогрея (Dominic Waughray), Брюса Уайнелта (Bruce Weinelt), Барбару Вэтсиг-Лайнам (Barbara Wetsig-Lynam), Алекса Вонга (Alex Wong), Андреа Вонг (Andrea Wong), Кирю Юдину (Kira Youdina) и Саадию Захиди (Saadia Zahidi).

СОАВТОРЫ

Глава 3: Внедрение ценностей в технологии

Стюарт Уоллис (Stewart Wallis), независимый мыслитель, лектор, сторонник новой экономической системы, Великобритания

Совет по вопросам глобальной повестки дня в сфере ценностей Всемирного экономического форума

Сообщество молодых ученых Всемирного экономического форума

Томас Филбек (Thomas Philbeck), руководитель Научно-технологической секции, Всемирный экономический форум

Специальная вставка: Стандарты в области прав человека

Хилари Сатклифф (Hilary Sutcliffe), директор, SocietyInside, Великобритания

Анн-Мари Олггроув (Anne-Marie Allgrove), партнер, Baker & McKenzie, Австралия

Глава 4: Охват всех заинтересованных сторон

Энн Мэри Энгтофт Ларсен (Anne Marie Engtoft Larsen), ведущий эксперт по Четвертой промышленной революции, Всемирный экономический форум

Глава 5: Новые вычислительные технологии

Жустин Кэсселл (Justine Cassell), заместитель декана по технологической стратегии и влиянию технологий, Университет Карнеги-Меллона, США

Джереми О'Брайен (Jeremy O'Brien), директор Центра квантовой оптики (CQR), Бристольский университет, Великобритания

Дженнифер Рапп (Jennifer Rupp), адъюнкт-профессор, Швейцарская высшая техническая школа (ETH), Швейцария

Кирк Бресникер (Kirk Bresniker), главный архитектор, лаборатории Hewlett Packard, Hewlett Packard Enterprise, США

Совет по проблемам глобального развития вычислительных технологий Всемирного экономического форума

Глава 6: Блокчейн и технологии распределенного реестра

Джесси Макуотерс (Jesse McWaters), руководитель проекта Революционные инновации в финансовых услугах, Всемирный экономический форум

Карстен Стекер (Carsten Stöcker) ведущий ИТ-евангелист по инновациям в машинной экономике, innogy SE, Германия

Бурхард Блехшмидт (Burkhard Blechschmidt), ведущий консультант для CIO, Cognizant, Германия

Глава 7: Интернет вещей

Дерек О'Хэллорен (Derek O'Halloran), соруководитель Секции по цифровой экономике и обществу, Всемирный экономический форум

Ричард Соули (Richard Soley), председатель и главный исполнительный директор, Object Management Group, США

Специальная вставка: Этические нормы работы с данными

Лучано Флориди (Luciano Floridi), профессор философии и этики информации, Оксфордский университет, Великобритания

Мариярозария Таддео (Mariarosaria Taddeo), исследователь, Оксфордский университет, Великобритания

Специальная вставка: Киберриски

Жан-Люк Вез (Jean-Luc Vez), глава Глобального Кибер Центра, Всемирный экономический форум

Ушанг Дамачи (Ushang Damachi), руководитель проекта, Глобальные преступления и общественная безопасность, Всемирный экономический форум

Николас Дэвис (Nicholas Davis), руководитель отдела Общество и инновации, Всемирный экономический форум

Глава 8: Искусственный интеллект и роботы

Стюарт Расселл (Stuart Russell), профессор информатики, Калифорнийский университет в Беркли, США

Совет по проблемам глобального развития искусственного интеллекта и робототехники Всемирного экономического форума

Глава 9: Передовые материалы

Алан Аспуру-Гузик (Alán Aspuru-Guzik), профессор, Отдел химии и химической биологии, Гарвардский университет, США

Бернард Мейерсон (Bernard Meyerson), директор по инновациям, IBM Corporation, США

Глава 10: Аддитивное производство и многомерная печать

Филл Диккенс (Phill Dickens), профессор производственных технологий, Университет Ноттингема, Великобритания

Специальная вставка: Преимущества и недостатки дронов

Дэвид Шим (David Shim), адъюнкт-профессор аэрокосмического отдела Корейского института передовых технологий (KAIST), Республика Корея

Андреас Раптопулос (Andreas Raptopoulos), генеральный исполнительный директор Matternet, США

Дапо Аканде (Dapo Akande), профессор международного публичного права юридического факультета Оксфордского университета, Великобритания

Томас Филбек (Thomas Philbeck), руководитель Научно-технологической секции, Всемирный экономический форум

Глава 11: Биотехнологии

Совет по проблемам глобального развития биотехнологий Всемирного экономического форума

Глава 12: Нейротехнологии

Оливье Олье (Olivier Oullier), президент, Emotiv, США

Совет по проблемам глобального развития нейротехнологий и исследований мозга Всемирного экономического форума

Глава 13: Виртуальная и дополненная реальность

Энн Мэри Энгтофт Ларсен (Anne Marie Engtoft Larsen), ведущий эксперт по Четвертой промышленной революции, Всемирный экономический форум

Йоби Бенджамин (Yobie Benjamin), сооснователь, Avegant, США

Дрю Катаока (Drue Kataoka), художник и технолог, Drue Kataoka Studios, США

Специальная вставка: Взгляд на искусство, культуру и Четвертую промышленную революцию

Нико Дасвани (Nico Daswani), руководитель Секции искусства и культуры, Всемирный экономический форум

Андреа Банделли (Andrea Bandelli), исполнительный директор, Science Gallery International, Ирландия

Глава 14: Получение, накопление и передача энергии

Совет по проблемам глобального развития энергетики Всемирного экономического форума

Дэвид Виктор (David Victor), профессор, Калифорнийский университет в Сан-Диего, США

Глава 15: Геоинженерия

Энн Мэри Энгтофт Ларсен (Anne Marie Engtoft Larsen), ведущий эксперт по Четвертой промышленной революции, Всемирный экономический форум

Венделл Валлах (Wendell Wallach), ученый, Междисциплинарный центр биоэтики, Йельский университет, США

Янош Паштор (Janos Pasztor), ведущий исследователь и исполнительный директор Carnegie Climate Geoengineering Governance Initiative (Ини-

циатива Совета Карнеги по управлению климатической геоинженерией), (C2G2), США

Джек Стилго (Jack Stilgoe), профессор науки и технологии Университетского колледжа Лондона, Великобритания

Глава 16: Космические технологии

Брайан Уиден (Brian Weeden), технический консультант, Secure World Foundation, США

Эллен Стофен (Ellen Stofan), научный руководитель, НАСА (2013–2016 гг.), почетный профессор Центра по исследованию опасных природных явлений при Лондонском университетском колледже (UCL), Великобритания

Совет по проблемам глобального развития космических технологий Всемирного экономического форума

Редактирование

Фабьенна Штассен (Fabienne Stassen), EditOr Proof, Женева, Швейцария

Куртис Карбонель (Curtis Carbonell), Университет Халифа, Абу-Даби

Эндрю Райт (Andrew Wright)

Дизайн и оформление

Камал Кимаоуи (Kamal Kimaoui), глава Секции разработки и дизайна, Всемирный экономический форум

БИБЛИОГРАФИЯ

Введение

Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. 138 с.

Глава 1: Контекст Четвертой промышленной революции

Центры по контролю и профилактике заболеваний США (Centers for Disease Control and Prevention). 2016. “Mortality in the United States, 2015”. Национальный центр по статистике здравоохранения (National Center for Health Statistics), Data Brief No. 267.

Crafts, N. F. R. 1987. “Long-term unemployment in Britain in the 1930s”. Журнал *The Economic History Review*, 40: 418–432.

Gordon, R. 2016. *The Rise and Fall of American Growth*. Princeton: Princeton University Press.

McCloskey, D. 2016. *Bourgeois Equality*. Chicago: University of Chicago Press.

Smil, V. 2005. *Creating the Twentieth Century: Technical Innovations of 1867–1914 and Their Lasting Impact*. New York: Oxford University Press.

UNDP. 2017. About Human Development. Сайт: <http://hdr.undp.org/en/humandev>. [доступно с 1 мая 2017 г.].

The World Bank Data Bank. 2017. “Poverty headcount ratio at \$1.90 a day (2011 PPP) (% of population)”. Сайт: <http://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.DDAY>. [доступно с 1 июня 2017 г.].

Глава 2: Составляем полную картину

Autor, D., F. Levy and R. Murnane. 2003. “The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration”. Журнал *The Quarterly Journal of Economics* 118(4): 1279–1334.

Berger, T. and C. B. Frey. 2015. “Industrial Renewal in the 21st Century: Evidence from US Cities”, *Regional Studies*. Сайт: http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/regional_studies_industrial_renewal.pdf.

Международная инвестиционная компания BlackRock. 2014. “Interpreting Innovation: Impact on Productivity, Inflation & Investing”. Сайт: <https://www.blackrock.com/corporate/en-us/literature/whitepaper/bii-interpreting-innovation-us-version.pdf>.

Аналитическая компания CB Insights. 2017. “The Race For AI: Google, Twitter, Intel, Apple In A Rush To Grab Artificial Intelligence Startups”, *Research Briefs*. Сайт: <https://www.cbinsights.com/blog/top-acquirers-ai-startups-ma-timeline/>.

Katz, L. and A. Krueger. 2016. "The Rise and Nature of Alternative Work Arrangements in the United States, 1995–2015". Princeton University and NBER Working Paper 603. Princeton University. Сайт: <http://dataspace.princeton.edu/jspui/bitstream/88435/dsp01zs25xb933/3/603.pdf>.

Новостная компания New Atlas. 2015. "Amazon to begin testing new delivery drones in the US". N. Lavars, New Atlas, 13 апреля 2015 г. Сайт: <http://newatlas.com/amazon-newdelivery-drones-us-faa-approval/36957/>.

Газета «Нью-Йорк таймс». 2017. "Is it time to break up Google?" J. Taplin, Газета «Нью-Йорк таймс» 22 апреля 2017 г. Сайт: <https://www.nytimes.com/2017/04/22/opinion/sunday/is-it-time-to-break-up-google.html?mcubz=1&r=0>.

Организация экономического сотрудничества и развития, ОЭСР (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD). 2016. "Big Data: Bringing Competition Policy to the Digital Era", Background note, 29–30 ноября 2016. Сайт: [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP\(2016\)14/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP(2016)14/en/pdf).

Газета San Francisco Examiner. 2017. "San Francisco talks robot tax". J. Sabatini, San Francisco Examiner, 14 марта 2017. Сайт: <http://www.sfoxaminer.com/san-francisco-talks-robot-tax/>.

Всемирный экономический форум, ВЭФ (World Economic Forum). 2017a. *The Inclusive Growth and Development Report 2017*. Insight Report. Geneva: World Economic Forum. Сайт: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Forum_IncGrwth_2017.pdf.

Всемирный экономический форум, ВЭФ (World Economic Forum). 2017b. "Realizing Human Potential in the Fourth Industrial Revolution: An Agenda for Leaders to Shape the Future of Education, Gender and Work", White Paper. Geneva: World Economic Forum. Сайт: http://www3.weforum.org/docs/WEF_EGW_Whitepaper.pdf.

Глава 3: Внедрение ценностей в технологии

Газета The Boston Globe. 2016. "The gig economy is coming. You probably won't like it." B. Ambrosino, *The Boston Globe*, 20 апреля 2016. Сайт: <https://www.bostonglobe.com/magazine/2016/04/20/the-gig-economy-coming-you-probably-won-like/i2F6Yicao9OQVL4dbX6QGI/story.html>.

Brynjolfsson, E. and A. McAfee. 2014. *The Second Machine Age*. New York and London: W. W. Norton & Company.

Cath, C. and L. Floridi. 2017. "The Design of the Internet's Architecture by the Internet Engineering Task Force (IETF) and Human Rights". *Science and Engineering, Ethics*, 23(2): 449–468.

Devaraj, S. and M. J. Hicks. 2017. "The Myth and the Reality of Manufacturing in America", июнь 2015 and апрель 2017, Ball State University. Сайт: <http://conexus.cberdata.org/files/MfgReality.pdf>.

Совет по инженерным и физическим научным исследованиям (Engineering and Physical Sciences Research Council, EPSRC). 2017. "Principles of robotics". The Engineering and Physical Sciences Research Council. Сайт:

<https://www.epsrc.ac.uk/research/ourportfolio/themes/engineering/activities/principlesofrobotics/>. [доступно с 1 мая 2017].

Общий регламент по защите данных Европейского союза (EU General Data Protection Regulation). 2017. "An overview of the main changes under GDPR and how they differ from the previous directive". Сайт: <http://www.eugdpr.org/key-changes.html>. [доступно с 1 июня 2017].

Компания Florida Ice and Farm Company, FIFCO. 2015. *Living Our Purpose*. 2015 Integrated Report. Сайт: <https://www.fifco.com/files/documents/1715515fb6ab1e74f29d3da4aefa30c7b36a05.pdf>.

Институт инженеров электротехники и электроники (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE). 2017. The IEEE Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems "Executive Summary". Сайт: https://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/ead_executive_summary.pdf.

Keeley, B. 2015. *Income Inequality: The Gap between Rich and Poor*. OECD Publishing. Paris: OECD Publishing.

Latour, B. and S. Woolgar. 1979. *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University Press.

Mitcham, C. 1994. "Engineering design research and social responsibility". In K. S. Shrader-Frechette (Ed.) *Ethics of Scientific Research*. Lanham: Rowman & Littlefield.

Нуффелдский Совет по биоэтике (Nuffield Council on Bioethics). 2014. "Emerging biotechnologies, Introduction: A guide for the reader". Сайт: http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/2014/07/Emerging_biotechnologies_Introduction.pdf.

Оппенгеймер Д. Р. (Oppenheimer, J. R.) 2017. "Speech to the Association of Los Alamos Scientists". Los Alamos, New Mexico, 2 ноября 1945. Сайт: <http://www.atomicarchive.com/Docs/ManhattanProject/OppeyFarewell.shtml>. [доступно с 1 июня 2017].

Pretz, K. 2017. "What's Being Done to Improve Ethics Education at Engineering Schools". The Institute, 18 мая 2017. Сайт: <http://theinstitute.ieee.org/members/students/whats-being-done-to-improve-ethics-education-at-engineering-schools>.

Rankin, J. 2015. "Germany's planned nuclear switch-off drives energy innovation". Газета *The Guardian*, 2 ноября 2015. Сайт: <https://www.theguardian.com/environment/2015/nov/02/germanys-planned-nuclear-switch-off-drives-energy-innovation>.

Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. 138 с.

Всемирный экономический форум, ВЭФ (World Economic Forum). 2013. "A New Social Covenant". Global Agenda Council on Values, White Paper. Geneva: World Economic Forum. Сайт: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC_Values_2013.pdf.

Всемирный экономический форум, ВЭФ (World Economic Forum). 2017. *The Global Risks Report 2017*. Insight Report. Geneva: World Economic Forum.

*Специальная вставка: Стандарты в области прав человека**Глава 4: Охват всех заинтересованных сторон*

Компания Bloomberg. 2016. “Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels”. T. Randall, Bloomberg, 6 апреля 2016. Сайт: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels>.

Бостонская консалтинговая группа (The Boston Consulting Group). 2016. *Self-Driving Vehicles, Robo-Taxis, and the Urban Mobility Revolution*. Boston: BCG. Сайт: http://www.automotivebusiness.com.br/abinteligencia/pdf/BCG_SelfDriving.pdf.

Компания Catalyst. 2016. “Women In Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM)”. Catalyst, 9 декабря 2016. Сайт: <http://www.catalyst.org/knowledge/women-science-technology-engineering-and-mathematics-stem>.

Ceballos, G. et al. 2015. “Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction”. *Science Advances* 1(5), e1400253. Сайт: <http://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253>.

Deloitte. 2016. “Women in IT jobs: it is about education, but also about more than just education”. *Technology, Media & Telecommunications Predictions*. Deloitte. Сайт: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/tmt-pred16-tech-women-in-it-jobs.html>.

Dietz, S. et al. 2016. “Climate value at risk’ of global financial assets”. Журнал *Nature Climate Change* 6: 676–679. Сайт: <http://www.nature.com/nclimate/journal/vaor/ncurrent/full/nclimate2972.html>.

Enbakom, H.W., D.H Feyssa and S. Takele. 2017. “Impacts of deforestation on the livelihood of smallholder farmers in Arba Minch Zuria Woreda, Southern Ethiopia”, журнал *African Journal of Agricultural Research* 12(15): 1293–1305, 13 апреля 2017.

Fortune. 2017. “Robots Are Replacing Humans at All These Wall Street Firms”. L. Shen, журнал *Fortune*, 30 марта 2017. Сайт: <http://fortune.com/2017/03/30/blackrock-robots-layoffs-artificial-intelligence-ai-hedge-fund/>.

Фонд глобальных проблем (Global Challenges Foundation). 2017. “Earth statement: The result of the Global Challenges Foundation and Earth League joining forces”. Global Challenges Foundation. Сайт: <https://www.globalchallenges.org/en/our-work/earthstatement-2015>.

Hausmann, R., C. Hidalgo et al. 2011. *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*, first edition. Сайт: http://atlas.cid.harvard.edu/media/atlas/pdf/HarvardMIT_AtlasOfEconomicComplexity_Part_I.pdf.

Межправительственный совет по борьбе с изменением климата (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. Geneva: IPCC.

Juma, C. 2017. “Leapfrogging Progress: The Misplaced Promise of Africa’s Mobile Revolution”. Журнал *The Breakthrough* 7. Summer 2017. Сайт: <https://thebreakthrough.org/index.php/journal/issue-7/leapfrogging-progress>.

Milanovic, B. 2016. *Global Inequality: A New Approach for the Age of Globalization*. Cambridge: Harvard University Press.

MIT Technology Review. 2017. "As Goldman Embraces Automation, Even the Masters of the Universe Are Threatened". N. Byrnes, *MIT Technology Review*, 7 февраля 2017. Сайт: <https://www.technologyreview.com/s/603431/asgoldman-embraces-automation-even-the-masters-of-the-universe-are-threatened/>.

Newshub. 2016. "How drones are helping combat deforestation". S. Howe, Newshub, 22 сентября 2016. Сайт: <http://www.newshub.co.nz/home/world/2016/09/how-drones-are-helping-combat-deforestation.html>.

Oxford Internet Institute. 2011. "The Distribution of all Wikipedia Articles". Taken from Graham, M., S. A. Hale and M. Stephens (2011), *Geographies of the World's Knowledge*. London: Convoco! Edition. Сайт: <http://geography.ox.ac.uk/?page=the-distribution-of-all-wikipedia-articles>.

Oxford Internet Institute. 2017. "The Location of Academic Knowledge". Taken from Graham, M., S. A. Hale and M. Stephens (2011), *Geographies of the World's Knowledge*. London: Convoco! Edition. Сайт: <http://geography.ox.ac.uk/?page=the-location-of-academic-knowledge>.

Philbeck, Imme. 2017. "Connecting the Unconnected: Working together to achieve Connect 2020 Agenda Targets". International Telecommunication Union (ITU). A background paper to the special session of the Broadband Commission and the World Economic Forum at Davos Annual Meeting 2017. Сайт: http://broadbandcommission.org/Documents/ITU_discussion-paper_Davos2017.pdf.

Population Reference Bureau. 2017. "Human Population: Urbanization: Largest Urban Agglomerations, 1975, 2000, 2025". Сайт: <http://www.prb.org/Publications/Lesson-Plans/HumanPopulation/Urbanization.aspx>.

Rockström, J. et al. 2009. "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity". Журнал *Ecology and Society* 14(2) art. 32. Сайт: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>.

Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: «Эксмо», 2016. 138с.

Steffen et al. 2015. "Sustainability. Planetary Boundaries: guiding human development on a changing planet". Журнал *Science* 347(6223), 1259855. Сайт: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25592418>.

Tay, B.T.C. et al. 2013. "When Stereotypes Meet Robots: The Effect of Gender Stereotypes on People's Acceptance of a Security Robot". In *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Understanding Human Cognition*, D. Harris, ed., EPCE2013. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8019. Springer, Berlin, Heidelberg.

Университет Суссекса (University of Sussex). 2008. *Technology Leapfrogging: A Review of the Evidence, A report for DFID*. Sussex Energy Group. Сайт: <https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=dfid-leapfrogging-reportweb.pdf&site=264>.

Международная организация ООН по вопросам образования, науки и культуры, ЮНЕСКО (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization UNESCO). 2015. "Women in Science: The gender gap in science". Fact Sheet No. 34. UNESCO Institute for Statistics. Сайт: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs34-women-in-science-2015-en.pdf>.

Международная организация ООН по вопросам образования, науки и культуры, ЮНЕСКО (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization UNESCO). 2016. “Leaving no one behind: How far on the way to universal primary and secondary education?” Policy paper 27/Fact Sheet No. 37. UNESCO Institute for Statistics. Сайт: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002452/245238E.pdf>.

Международная организация ООН по вопросам образования, науки и культуры, ЮНЕСКО (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization UNESCO). 2017. “Global Investments in R&D”. Fact Sheet No. 42, FS/2017/SCI/42. UNESCO Institute for Statistics. Сайт: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002477/247772e.pdf>.

Департамент ООН по экономическим и социальным вопросам, Отдел народонаселения (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division). 2015. “World Population Prospects: The 2015 Revision, Key findings & advance tables”. Working Paper No. ESA/P/WP.241. Сайт: https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf.

Всемирная организация интеллектуальной собственности, ВОИС (World Intellectual Property Organization, WIPO). 2017. WIPO IP Statistics Data Center. Сайт: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm>. [доступно с 1 июня 2017].

Всемирный банк (The World Bank Data Bank). 2017. “Poverty headcount ratio at \$1.90 a day (2011 PPP) (% of population)”. Сайт: <http://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.DDAY>. [доступно с 1 июня 2017].

Всемирный банк и Институт показателей и оценки здоровья (World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation). 2016. *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action*. Washington, DC: World Bank. License: Creative Commons Attribution CC BY3.0 IGO. Сайт: <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2016. *The Global Gender Gap Report 2016*. Insight Report. Geneva: World Economic Forum.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2016a. *The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics*. Industry Agenda. Geneva: World Economic Forum. Сайт: http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf.

Институт мировых ресурсов (World Resources Institute). 2014. “The History of Carbon Dioxide Emissions”. J. Friedrich and T. Damassa, WRI, 21 мая 2014. Сайт: <http://www.wri.org/blog/2014/05/history-carbon-dioxide-emissions#fn:1>.

Yale Environment 360. 2016. “How Satellites and Big Data Can Help to Save the Oceans”. Yale School of Forestry & Environmental Studies. Сайт: http://e360.yale.edu/features/how_satellites_and_big_data_can_help_to_save_the_oceans.

Глава 5: Новые вычислительные технологии

Cameron, D. and T. Mowatt. 2012. “Writing the Book in DNA”. Wyss Institute, 16 августа 2012. Сайт: <https://wyss.harvard.edu/writing-the-book-in-dna/>.

Cockshott, P., L. Mackenzie and G. Michaelson. 2010. "Non-classical computing: feasible versus infeasible". Paper presented at ACM-BCS Visions of Computer Science 2010: International Academic Research Conference, University of Edinburgh, 14–16 апреля 2010.

Cortada, J. W. 1993. *The Computer in the United States: From laboratory to market, 1930–1960*. M. E. Sharpe.

Denning, P. J. and T. G. Lewis. 2016. "Exponential Laws of Computing Growth". Журнал *Communications of the ACM* 60(1): 54–65. Сайт: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3028256.2976758>.

Ezrachi, A. and M. Stucke. 2017. "Law Profs to Antitrust Enforcers: To Rein in Super-Platforms, Look Upstream". The Authors Guild. 12 апреля 2017. Сайт: <https://www.authorsguild.org/industry-advocacy/law-profs-antitrustenforcers-rein-super-platforms-look-upstream/>.

Frost Gorder, P. 2016. "Computers in your clothes? A milestone for wearable electronics", The Ohio State University, 13 апреля 2016. Сайт: <https://news.osu.edu/news/2016/04/13/computers-in-your-clothes-a-milestone-for-wearableelectronics/>.

Институт инженеров электротехники и электроники (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE). 2016. "International Roadmap for Devices and Systems". 2016 Edition. White Paper. IEEE. Сайт: http://irds.ieee.org/images/files/pdf/2016_MM.pdf.

Международный план по развитию полупроводниковой технологии (International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS) 2.0. 2015. *International Technology Roadmap for Semiconductors 2.0*. 2015 Edition, Executive Report. ITRS. Сайт: [https://www.semiconductors.org/clientuploads/Research_Technology/ITRS/2015/0_2015%20ITRS%202.0%20Executive%20Report%20\(1\).pdf](https://www.semiconductors.org/clientuploads/Research_Technology/ITRS/2015/0_2015%20ITRS%202.0%20Executive%20Report%20(1).pdf).

Knight, H. 2015. "Researchers develop basic computing elements for bacteria". MIT News, 9 июля 2015. Сайт: <http://news.mit.edu/2015/basiccomputing-for-bacteria-0709>.

Lapedus, M. 2016. "10nm Versus 7nm". Semiconductor Engineering, 25 апреля 2016. Сайт: <http://semiengineering.com/10nm-versus-7nm/>.

Poushter, J. 2016. "2. Smartphone ownership rates skyrocket in many emerging economies, but digital divide remains". Pew Research Center. Global Attitudes & Trends. 22 февраля 2016. Сайт: <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-rates-skyrocket-in-many-emerging-economies-but-digitaldivide-remains/>.

Компания Raspberry Pi Foundation. 2016. Annual Review 2016. Сайт: <https://www.raspberrypi.org/files/about/RaspberryPiFoundationReview2016.pdf>.

Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. 138 с.

Solon, O. 2017. "Facebook has 60 people working on how to read your mind." Газета *The Guardian*, 19 апреля 2017. Сайт: <https://www.theguardian.com/technology/2017/apr/19/facebook-mind-reading-technology-f8>.

Weiser, M. 1991. "The Computer for the 21st Century". Журнал *Scientific American* 265(3): 94–104. Сайт: <https://www.ics.uci.edu/~corps/phaseii/Weiser-Computer21stCentury-SciAm.pdf>.

Всемирный экономический форум и институт INSEAD (World Economic Forum and INSEAD). 2015. *The Global Information Technology Report 2015: ICTs for Inclusive Growth*. Insight Report. Geneva: World Economic Forum. Сайт: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_IT_Report_2015.pdf.

Yang, S. 2016. "Smallest. Transistor. Ever". Berkeley Lab, 6 октября 2016; обновлено 17 октября 2016. Сайт: <http://newscenter.lbl.gov/2016/10/06/smallest-transistor-1-nm-gate/>.

Глава 6: Блокчейн и технологии распределенного реестра

Bitcoin Fees. 2017. "Predicting Bitcoin Fees For Transactions". Сайт: <https://bitcoinfees.21.co/>. [доступно со 2 ноября 2017].

Greenberg, A. 2016. "Silk Road Prosecutors Argue Ross Ulbricht Doesn't Deserve A New Trial". Wired, 18 июня 2016. Сайт: <https://www.wired.com/2016/06/silk-road-prosecutors-argue-ross-ulbricht-doesnt-deserve-new-trial/>.

Организация экономического сотрудничества и развития, ОЭСР (Organization for Economic Co-operation and Development OECD) и Ведомство по интеллектуальной собственности Европейского союза (European Union Intellectual Property Office, EUIPO). 2016. *Trade in Counterfeit and Pirated Goods: Mapping the Economic Impact*. OECD Publishing. Paris: OECD Publishing. Сайт: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264252653-en>.

Ruppert, A. 2016. "Mapping the decentralized world of tomorrow", Medium.com, 1 июня 2016. Сайт: <https://medium.com/birds-view/mapping-the-decentralized-world-of-tomorrow-5bf36b973203>.

Tapscott, D. and A. Tapscott. 2016. *Blockchain Revolution*. New York: Portfolio Penguin.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2016. "The Internet of Things and connected devices: making the world smarter". Geneva: World Economic Forum. Сайт: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/the-internet-of-things-and-connected-devices-making-the-world-smarter/>.

Глава 7: Интернет вещей

Brown, J. 2016. "The 5 biggest hacks of 2016 and the organizations they crippled", Industry Dive, 8 декабря 2016. Сайт: <http://www.ciodive.com/news/the-5-biggest-hacks-of-2016-and-the-organizations-they-crippled/431916/>.

Columbus, L. 2016. "Roundup Of Internet Of Things Forecasts And Market Estimates, 2016". Журнал *Forbes*, 27 ноября 2016. Сайт: <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2016/11/27/roundup-of-internet-of-things-forecasts-and-market-estimates-2016/#290b6abb292d>.

Глобальный институт Маккинси (McKinsey Global Institute). 2015. "The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype". McKinsey & Company. Сайт: <file:///C:/Users/admin/Downloads/The-Internet-of-things-Mapping-the-value-beyond-the-hype.pdf>.

Глобальный институт Маккинси (McKinsey Global Institute). 2015a. "Unlocking the potential of the Internet of Things". McKinsey & Company. Сайт: <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>.

Perrow. C. 1984. *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Basic Books. World Economic Forum. 2015. *Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services*. Industry Agenda. Geneva: World Economic Forum.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum) и Accenture. 2016. "The Internet of Things and connected devices: making the world smarter". Geneva: World Economic Forum. Сайт: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/the-internet-of-things-and-connected-devices-making-the-world-smarter/>.

Специальная вставка: Этические нормы работы с данными

Лучано Флориди (Luciano Floridi), профессор философии и этики информации, Оксфордский университет, Великобритания

Мариярозария Таддео (Mariarosaria Taddeo), исследователь, Оксфордский университет, Великобритания

Специальная вставка: Киберриски

eMarketer. 2017. "Internet Users and Penetration Worldwide", Сайт: <http://www.emarketer.com/Chart/Internet-Users-Penetration-Worldwide-2016-2021-billions-of-population-change/206259>

Greenberg, Andy. 2015. "Hackers Remotely Kill a Jeep on the Highway – With Me in It", Wired, июль 2015. Сайт: <https://www.wired.com/2015/07/hackersremotely-kill-jeep-highway/>

KrebsonSecurity. 2014. "Target Hackers Broke in Via HVAC Company". Сайт: <https://krebsonsecurity.com/2014/02/target-hackers-broke-in-via-hvac-company/>

Miniwatts Marketing. 2017. "Internet World Stats", сайт: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

Nuix (2017), "Most Hackers Can Access Systems and Steal Valuable Data Within 24 Hours: Nuix Black Report", сайт доступен с 23 ноября 2017: <https://www.nuix.com/media-releases/most-hackers-can-access-systems-and-stealvaluable-data-within-24-hours-nuix-black>

Компания NYSE Governance Services. 2015. Cybersecurity in the Boardroom. New York: NYSE. Сайт: https://www.nyse.com/publicdocs/VERACODE_Survey_Report.pdf

Организация экономического сотрудничества и развития, ОЭСР (OECD). 2012. Cybersecurity Policy Making at a Turning Point, Paris: OECD. Сайт: <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/cybersecurity%20policy%20making.pdf>

Reinsel, D, Gantz, J and Rydning, J. 2017. Data Age 2025, IDC Сайт: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf>

Westby, J R and Power, R. 2008. Governance of Enterprise Security Survey: CyLab 2008 Report, Pttisburgh: Carnegie Mellon CyLab. Сайт: <https://portal.cylab.cmu.edu/portal/files/pdfs/governance-survey2008.pdf>

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2012. Partnering for Cyber Resilience. Geneva: World Economic Forum. Сайт: http://www3.weforum.org/docs/WEF_IT_PartneringCyberResilience_Guidelines_2012.pdf

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2017. Advancing Cyber Resilience: Principles and Tools for Boards. Geneva: World Economic Forum. Сайт: http://www3.weforum.org/docs/IP/2017/Adv_Cyber_Resilience_Principles-Tools.pdf

Глава 8: Искусственный интеллект и роботы

Агентство Франс Пресс (Agence France-Presse). 2016. "Convoy of self-driving trucks completes first European cross-border trip". Газета *The Guardian*, 7 апреля 2016. Сайт: <https://www.theguardian.com/technology/2016/apr/07/convoy-self-driving-trucks-completes-first-european-cross-border-trip>.

AI International. 2017. "Universities with AI Programs". Сайт: <http://www.aiinternational.org/universities.html>

Baraniuk, C., "The cyborg chess players that can't be beaten". BBC, 4 декабря 2015. Сайт: <http://www.bbc.com/future/story/20151201-the-cyborg-chess-players-that-cant-be-beaten>.

Аналитическая компания CB Insights. 2017. "The Race For AI: Google, Twitter, Intel, Apple In A Rush To Grab Artificial Intelligence Startups". CB Insights, 21 июля 2017. Сайт: <https://www.cbinsights.com/blog/top-acquirers-ai-startups-ma-timeline/>.

Cohen, M. et al. 2016. *Off, On- or Reshoring: Benchmarking of Current Manufacturing Location Decisions: Insights from the Global Supply Chain Benchmark Study 2015*. The Global Supply Chain Benchmark Consortium 2016. Сайт: <http://pulsar.wharton.upenn.edu/fd/resources/20160321GSCBSFinalReport.pdf>.

Conner-Simons, A. 2016. "Robot helps nurses schedule tasks on labor floor". MIT News, 13 июля 2016. Сайт: <http://news.mit.edu/2016/robot-helps-nurses-schedule-tasks-on-labor-floor-0713>.

DeepMind Ethics & Society homepage. 2017. Сайт: <https://deepmind.com/applied/deepmind-ethics-society/>.

Исследовательский совет инженерных и физических наук (Engineering and Physical Sciences Research Council, EPSRC). 2017. "Principles of Robotics: Regulating robots in the real world". Сайт: <https://www.epsrc.ac.uk/research/ourportfolio/themes/engineering/activities/principlesofrobotics/>.

Frey, C. and M. Osborne. 2013. "The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?" Oxford Martin School Working Paper, 17 сентября 2013. Сайт: http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf.

Hadfield-Menell, D., A. Dragan, P. Abbeel and S. Russell. 2017. "Cooperative Inverse Reinforcement Learning". *Advances in Neural Information Processing Systems* 25. MIT Press.

Hardesty, L. 2013. "Surprisingly simple scheme for self-assembling robots". MIT News, 4 октября 2013. Сайт: <http://news.mit.edu/2013/simple-scheme-for-self-assembling-robots-1004>.

LaGrandeur, K. and J. Hughes (Eds). 2017. *Surviving the Machine Age: Intelligent Technology and the Transformation of Human Work*. Palgrave Macmillan. Сайт: <http://www.springer.com/la/book/9783319511641>.

Глобальный институт Маккинси (McKinsey Global Institute). 2017. *A future that works: Automation, employment, and productivity*. McKinsey Global Institute. Сайт: [file:///C:/Users/admin/Downloads/MGI-A-future-that-works-Full-report%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/MGI-A-future-that-works-Full-report%20(1).pdf).

Metz, C. 2016. "The Rise of the Artificially Intelligent Hedge Fund". Wired, 25 января 2016. Сайт: <https://www.wired.com/2016/01/the-rise-of-the-artificially-intelligent-hedge-fund/>.

Murphy, M. 2016. "Prepping a robot for its journey to Mars". MIT News, 18 октября 2016. Сайт: <http://news.mit.edu/2016/sarah-hensley-valkyriehumanoid-robot-1018>.

Организация экономического сотрудничества и развития, ОЭСР (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD). 2016. "Automation and Independent Work in a Digital Economy". Policy Brief on the Future of Work. Сайт: <http://www.oecd.org/employment/Policy%20brief%20-%20Automation%20and%20Independent%20Work%20in%20a%20Digital%20Economy.pdf>.

Компания Partnership on AI. 2017. "Partnership on AI to benefit people and society". Сайт: <https://www.partnershiponai.org/#s-partners>.

Petersen, R. 2016. "The driverless truck is coming, and it's going to automate millions of jobs". TechCrunch, 25 апреля 2016. Сайт: <https://techcrunch.com/2016/04/25/the-driverless-truck-is-coming-and-its-going-to-automatemillions-of-jobs/>.

Pittman, K. 2016. "The Automotive Sector Buys Half of All Industrial Robots". Engineering.com, 24 марта 2016. Сайт: <http://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/11761/The-Automotive-Sector-Buys-Half-of-All-Industrial-Robots.aspx>.

Sample, I. and A. Hern. 2014. "Scientists dispute whether computer 'Eugene Goostman' passed Turing test". Газета *The Guardian*, 9 июня 2014. Сайт: <https://www.theguardian.com/technology/2014/jun/09/scientists-disagree-overwhether-turing-test-has-been-passed>.

Thielman, S. 2016. "Use of police robot to kill Dallas shooting suspect believed to be first in US history", газета *The Guardian*, 8 июля 2016. Сайт: <https://www.theguardian.com/technology/2016/jul/08/police-bomb-robot-explosive-killedsuspect-dallas>.

Тьюринг А. М. Может ли машина мыслить? Пер. с англ. М.: URSS, 2016. 128 с. (Turing, A. M. 1951. "Can Digital Computers Think?" Lecture broadcast on BBC Third Programme, 15 мая 1951; typescript at turingarchive.org.)

Vanian, J. 2016. "The Multi-Billion Dollar Robotics Market Is About to Boom". Журнал *Fortune*, 24 февраля 2016. Сайт: <http://fortune.com/2016/02/24/roboticsmarket-multi-billion-boom/>.

Wakefield, J. 2016. "Self-drive delivery van can be 'built in four hours'". BBC, 4 ноября 2016. Сайт: <http://www.bbc.com/news/technology-37871391>.

Wakefield, J. 2016b. "Foxconn replaces '60,000 factory workers with robots'". BBC, 25 мая 2016. Сайт: <http://www.bbc.com/news/technology-36376966>.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2016. The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. Global Challenge Insight Report. Geneva: World Economic Forum.

Глава 9: Передовые материалы

Программа «Национальная нанотехнологическая инициатива США» (United States National Nanotechnology Initiative). 2017. "NNI Supplement to the President's 2016 Budget". Nano.gov. official website. Сайт: <http://www.nano.gov/node/1326>.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2017. "Chemistry and Advanced Materials: at the heart of the Fourth Industrial Revolution". World Economic Forum, Agenda.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2017a. "Digital Transformation Initiative: Chemistry and Advanced Materials Industry". White paper. Geneva: World Economic Forum in collaboration with Accenture. Сайт: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/files/dti-chemistry-and-advanced-materials-industry-white-paper.pdf>.

Глава 10: Аддитивное производство и многомерная печать

Dickens, P. and T. Minshall. 2016. *UK National Strategy for Additive Manufacturing: Comparison of international approaches to public support for additive manufacturing/3D printing*. Technical Report.

Агентство Gartner. 2014. "Gartner Survey Reveals That High Acquisition and Start-Up Costs Are Delaying Investment in 3D Printers". Gartner Press Release, 9 декабря 2014. Сайт: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2940117>.

Агентство Gartner. 2016. "Gartner Says Worldwide Shipments of 3D Printers to Grow 108 Percent in 2016". Gartner Press Release, 13 октября 2016. Сайт: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3476317>.

Parker, C. 2013. "3-D printing creates murky product liability issues, Stanford scholar says". Stanford University. Stanford Report, 12 декабря 2013. Сайт: <http://news.stanford.edu/news/2013/december/3d-legal-issues-121213.html>.

PwC. 2016. *3D Printing comes of age in US industrial manufacturing*. Сайт: <https://www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/assets/pwc-next-manufacturing-3d-printing-comes-of-age.pdf>.

Rehnberg, M. and S. Ponte. 2016. "3D Printing and Global Value Chains: How a new technology may restructure global production". Global Production Networks Centre Faculty of Arts & Social Sciences. GPN Working Paper Series, GPN2016-010. Сайт: http://gpn.nus.edu.sg/file/Stefano%20Ponte_GPN2016_010.pdf.

De Wargny, M. 2016. "Top 10 Future 3D Printing Materials (that exist in the present!)". Sculpteo, 28 сентября 2016. Сайт: <https://www.sculpteo.com/blog/2016/09/28/top-10-future-3d-printing-materials-that-exist-in-the-present/>.

Компания Wohlers Associates. 2014. *Wohlers Report 2014. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. Annual Worldwide Progress Report. Wohlers Associates.

Компания Wohlers Associates. 2016. *Wohlers Report 2016. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. Annual Worldwide Progress Report. Wohlers Associates.

Специальная вставка: Преимущества и недостатки дронов

Служба Amazon Prime Air. 2015. "Determining Safe Access with a Best-Equipped, Best-Served Model for Small Unmanned Aircraft Systems". NASA Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM). Сайт: [https://utm.arc.nasa.gov/docs/Amazon_Determining%20Safe%20Access%20with%20a%20Best-Equipped,%20Best-Served%20Model%20for%20sUAS\[2\].pdf](https://utm.arc.nasa.gov/docs/Amazon_Determining%20Safe%20Access%20with%20a%20Best-Equipped,%20Best-Served%20Model%20for%20sUAS[2].pdf).

Kopardekar, P. et al. 2016. "Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations". Presented at the 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 13–17 июня 2016, Washington DC. Сайт: https://utm.arc.nasa.gov/docs/Kopardekar_2016-3292_ATIO.pdf.

NASA Traffic Unmanned Management. 2015. "Google UAS Airspace System Overview". NASA Traffic Unmanned Management. Сайт: [https://utm.arc.nasa.gov/docs/GoogleUASAirspaceSystemOverview5pager\[1\].pdf](https://utm.arc.nasa.gov/docs/GoogleUASAirspaceSystemOverview5pager[1].pdf).

Overly, S. 2016. "Watch this 'gun' take down a flying drone". Газета *The Washington Post*, 29 ноября 2016. Сайт: https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2016/11/29/watch-this-gun-can-take-down-a-flyingdrone/?utm_term=.c27bfe46b456.

Thompson, M. 2013. "Costly Flight Hours" *Time Magazine*. 2 апреля 2013. Сайт: <http://nation.time.com/2013/04/02/costly-flight-hours/>.

Глава 11: Биотехнологии

Cyranoski, D. 2016. "CRISPR gene-editing tested in a person for the first time". Журнал *Nature*, 15 ноября 2016. Сайт: <http://www.nature.com/news/crisprgene-editing-tested-in-a-person-for-the-first-time-1.20988>.

Das, R. 2010. "Drug Industry Bets Big On Precision Medicine: Five Trends Shaping Care Delivery". Журнал *Forbes*, 8 марта 2017. Сайт: <https://www.forbes.com/sites/reenitadas/2017/03/08/drug-development-industry-bets-big-onprecision-medicine-5-top-trends-shaping-future-care-delivery/2/#62c2746a7b33>.

Компания Ernst & Young Global Limited, EY. 2016. *Beyond borders 2016: Biotech financing*. Сайт: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-beyond-borders-2016-biotech-financing/\\$FILE/eybeyond-borders-2016-biotech-financing.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-beyond-borders-2016-biotech-financing/$FILE/eybeyond-borders-2016-biotech-financing.pdf).

Lee, S. Y. and H. U. Kim. 2015. "Systems strategies for developing industrial microbial strains". Журнал *Nature Biotechnology* 33(10): 1061–1072.

Replow, M. 2015. "Industrial biotechs turn greenhouse gas into feedstock opportunity". Журнал *Nature Biotechnology* 33: 1123–1125.

Reilly, M. 2017. "In Africa, Scientists Are Preparing to Use Gene Drives to End Malaria." *MIT Technology Review*, 14 марта 2017. Сайт: <https://www.>

technologyreview.com/s/603858/in-africa-scientists-are-preparing-to-use-genedrives-to-end-malaria/.

Глава 12: Нейротехнологии

Constine, J. 2017. "Facebook is building brain-computer interfaces for typing and skin-hearing". TechCrunch, 19 апреля 2017. Сайт: <https://techcrunch.com/2017/04/19/facebook-brain-interface/>.

Emmerich, N. 2015. "The ethical implications of neuroscience". World Economic Forum, Agenda. 20 мая 2015. Сайт: <https://www.weforum.org/agenda/2015/05/the-ethical-implications-of-neuroscience/>.

Европейская комиссия (European Commission). 2016. "Understanding the human brain, a global challenge ahead", 1 декабря 2016. Сайт: <https://ec.europa.eu/digital-singlemarket/en/news/understanding-human-brain-global-challenge-ahead>.

Ghosh, K. 2015. "SpaceX for the Brain: Neuroscience Needs Business to Lead (Op-Ed)". Live Science, 9 сентября 2015. Сайт: <http://www.livescience.com/52129-neuroscience-needs-business-to-take-the-lead.html>.

Grillner, S. et al. 2016. "Worldwide initiatives to advance brain research". Журнал *Nature Neuroscience* 19(9): 1118–1122. Сайт: <https://www.nature.com/neuro/journal/v19/n9/full/nn.4371.html>.

Имперский колледж Лондона (Imperial College London). 2017. "Brain & Behaviour Lab". Сайт: <http://www.faisallab.com/>.

Jones, R. 2016. "The future of brain and machine is intertwined, and it's already here". The Conversation, 3 октября 2016. Сайт: <https://theconversation.com/the-future-of-brain-and-machine-is-intertwined-and-its-already-here-65280>.

Juma, C. 2016. *Innovation and Its Enemies: Why People Resist New Technologies*. New York: Oxford University Press.

Neurotech. 2016. *The Market for Neurotechnology: 2016–2020. A Market Research Report from Neurotech Reports*. Сайт: <http://www.neurotechreports.com/pages/execsum.html>.

Oullier, O. 2012. "Clear up this fuzzy thinking on brain scans". Журнал *Nature* 483(7387) 29 февраля 2012. Сайт: <http://www.nature.com/news/clear-up-this-fuzzy-thinking-on-brain-scans-1.10127>.

Statt, N. 2017. "Elon Musk launches Neuralink, a venture to merge the human brain with AI". The Verge, 27 марта 2017. Сайт: <http://www.theverge.com/2017/3/27/15077864/elon-musk-neuralink-brain-computer-interface-ai-cyborgs>.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2016. "The Digital Future of Brain Health". Global Agenda White Paper: Global Agenda Council on Brain Research. Geneva: World Economic Forum. Сайт: <https://www.weforum.org/whitepapers/the-digital-future-of-brain-health>.

Глава 13: Виртуальная и дополненная реальность

Chafkin, M. 2015. "Why Facebook's \$2 Billion Bet on Oculus Rift Might One Day Connect Everyone on Earth", Журнал *Vanity Fair*, октябрь 2015. Сайт:

<http://www.vanityfair.com/news/2015/09/oculus-rift-mark-zuckerberg-cover-story-palmer-luckey>.

Компания «Голдман Сакс» (Goldman Sachs). 2016. *Profiles in Innovation: Virtual & Augmented Reality*. The Goldman Sachs Group, 13 января 2016. Сайт: <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>.

Sebti, B. 2016. "Virtual reality can 'transport' audiences to poor countries. But can it persuade them to give more aid?" World Economic Forum, Agenda. 31 августа 2016. Сайт: <https://www.weforum.org/agenda/2016/08/virtual-reality-can-transport-audiences-to-poor-countries-but-can-it-persuade-them-to-give-more-aid>.

Zuckerberg, M. 2015. "Mark Zuckerberg and Oculus's Michael Abrash on Why Virtual Reality Is the Next Big Thing", Zuckerberg Vanity Fair interview, YouTube, 8 октября 2015. Сайт: <https://www.youtube.com/watch?v=VQaCv52DSnY>.

Специальная вставка: Перспективы искусства, культуры и Четвертой промышленной революции

Нико Дасвани (Nico Daswani), руководитель Секции искусства и культуры, Всемирный экономический форум

Андреа Банделли (Andrea Bandelli), исполнительный директор, Science Gallery International, Ирландия

Глава 14: Получение, накопление и передача энергии

Компания Bloomberg. 2016. "Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels". T. Randall, Bloomberg. 6 апреля 2016. Сайт: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-06/wind-and-solar-are-crushing-fossil-fuels>.

European Commission. 2017. "Renewables: Europe on track to reach its 20% target by 2020". Fact Sheet, 1 февраля 2017. Сайт: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-17-163_en.htm.

Frankfurt School of Finance & Management. 2017. *Global Trends in Renewable Energy Investment 2017*. Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre/Bloomberg New Energy Finance. Сайт: <http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsinrenewableenergyinvestment2017.pdf>.

Международное энергетическое агентство, МЭА (International Energy Agency, IEA). 2016. *World Energy Outlook 2016*. Chapter 1: Introduction and scope. Paris: OECD/IEA. Сайт: <https://www.iea.org/media/publications/weo/WEO2016Chapter1.pdf>.

Kanellos, M. 2013. "Energy's Next Big Market: Transmission Technology". Журнал *Forbes*, 30 августа 2013. Сайт: <https://www.forbes.com/sites/michaelkanellos/2013/08/30/energys-next-big-market-transmissiontechnology/#71d13b9e31c4>.

Parry, D. 2016. "NRL Space-Based Solar Power Concept Wins Secretary of Defense Innovative Challenge," U. S. Naval Research Laboratory, 11 марта 2016. Сайт: <https://www.nrl.navy.mil/media/news-releases/2016/NRL-Space-Based-Solar-Power-Concept-Wins-Secretary-of-Defense-Innovative-Challenge>.

Tucker, E. 2014. "Researchers Developing Supercomputer to Tackle Grid Challenges". Renewable Energy World, 7 июля 2014. Сайт: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/07/researchers-developingsupercomputer-to-tackle-grid-challenges.html>.

Организация Объединенных Наций, Департамент по экономическим и социальным вопросам, отдел народонаселения // *United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. "World Population Prospects: The 2015 Revision, Key findings & advance tables". Working Paper No. ESA/P/WP.241. Сайт: https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf.

Техасский университет в Остине (University of Texas at Austin). 2017. "Lithium-Ion Battery Inventor Introduces New Technology for Fast-Charging, Noncombustible Batteries". UT News Press Release, 28 февраля 2017. Сайт: <https://news.utexas.edu/2017/02/28/goodenough-introduces-new-battery-technology>.

Woelford, J. 2015. "Artificial Photosynthesis for Energy Takes a Step Forward". Журнал *Scientific American*, Chemistry World, 6 февраля 2015. Сайт: <https://www.scientificamerican.com/article/artificial-photosynthesis-for-energy-takes-a-step-forward/>.

Всемирный банк (World Bank). 2017. "Electric power consumption (kWh per capita), 1960–2014". Сайт: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>.

Глава 15: Геоинженерия

Condliffe, J. 2017. "Geoengineering Gets Green Light from Federal Scientists". *MIT Technology Review*, Sustainable Energy, 11 января 2017. Сайт: <https://www.technologyreview.com/s/603349/geoengineering-gets-green-light-from-federal-scientists/>.

Межправительственный совет по борьбе с изменением климата (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds)]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press.

Keith, D. 2002. "Geoengineering the Climate: History and Prospect". R. G. Watts (ed.) *Innovative Energy Strategies for CO2 Stabilization*. Cambridge: Cambridge University Press. Сайт: <https://www.yumpu.com/en/document/view/50122050/geoengineering-the-climate-history-and-prospectpdf-david-keith>.

Neslen, A. 2017. "US scientists launch world's biggest solar geoengineering study". Газета *The Guardian*, 24 марта 2017. Сайт: <https://www.theguardian.com/environment/2017/mar/24/us-scientists-launch-worlds-biggest-solar-geoengineering-study>.

Passtor, J. 2017. "Toward governance frameworks for climate geoengineering." Global Challenges Foundation. Сайт: <https://globalchallenges.org/en/>

our-work/quarterly-reports/global-cooperation-in-dangerous-times/toward-governance-frameworks-for-climate-geoengineering.

Stilgoe, J. 2016. "Geoengineering as Collective Experimentation". Журнал *Science and Engineering Ethics* 22(3): 851–869. Сайт: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11948-015-9646-0>.

Глава 16: Космические технологии

Компания BAE Systems. 2015. "BAE Systems and Reaction Engines to develop a ground breaking new aerospace engine". BAE Newsroom, 2 ноября 2015. Сайт: <http://www.baesystems.com/en/bae-systems-and-reaction-engines-to-develop-a-ground-breaking-new-aerospace-engine>.

de Selding, P. B. 2015. "BAE Takes Stake in British Air-breathing Rocket Venture". SpaceNews, 2 ноября 2015. Сайт: <http://spacenews.com/bae-takes-stake-in-british-air-breathing-rocket-venture/>.

Dillow, C. 2016. "VCs Invested More in Space Startups Last Year Than in the Previous 15 Years Combined". Журнал *Fortune*, 22 февраля 2016. Сайт: <http://fortune.com/2016/02/22/vcs-invested-more-in-space-startups-last-year/>.

Национальное управление аэронавтики и космонавтики (National Aeronautics and Space Administration, NASA). 2014. *Emerging Space: The Evolving Landscape of 21st Century American Spaceflight*. NASA Office of the Chief Technologist. Сайт: https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Emerging_Space_Report.pdf.

Siceloff, S. 2017. "New Spacesuit Unveiled for Starliner Astronauts". NASA, 25 января 2017. Сайт: <https://www.nasa.gov/feature/new-spacesuit-unveiled-for-starliner-astronauts>.

Thibeault, S. et al. 2015. "Nanomaterials for radiation shielding". Журнал *MRS Bulletin* 40(10): 836–841.

Заключение: Системное лидерство: что вы можете сделать, чтобы помочь формированию Четвертой промышленной революции

AlphaBeta. 2017. *The Automation Advantage*. AlphaBeta news. 8 августа 2017. Сайт: <http://www.alphabeta.com/the-automation-advantage/>.

Carbon 3D. 2017. "The Perfect Fit: Carbon + adidas Collaborate to Upend Athletic Footwear". 7 апреля 2017. Сайт: <http://www.carbon3d.com/stories/adidas/>. [доступно с 1 июня 2017].

Guston, D. 2008. "Innovation policy: not just a jumbo shrimp". Журнал *Nature* 454(7207): 940–941.

Hadfield, G. 2016. *Rules for a Flat World*. New York: Oxford University Press.

Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization). 2017. "ISO/TS15066:2016, Robots and robotic devices — Collaborative robots". Сайт: <https://www.iso.org/standard/62996.html>. [доступно с 3 ноября 2017].

Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization). 2017a. "ISO/TC20/SC16, Unmanned aircraft systems". Сайт: <https://www.iso.org/committee/5336224/x/catalogue/p/0/u/1/w/0/d/0>. [доступно с 3 ноября 2017].

Marchant, G. and W. Wallach. 2015. "Coordinating Technology Governance". Журнал *Issues in Science and Technology* XXXI(4).

Maynard, A. 2016. "A further reading list on the Fourth Industrial Revolution". World Economic Forum, Agenda. 22 января 2016. Сайт: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/mastering-the-social-side-of-the-fourth-industrialrevolution-an-essential-reading-list/>.

Глобальный институт Маккинси (McKinsey Global Institute). 2017. *Harnessing Automation for a Future that Works*. Сайт: <http://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>.

Mulgan, G. 2017. "Anticipatory Regulation: 10 ways governments can better keep up with fast-changing industries". 11 сентября 2017. Сайт: <http://www.nesta.org.uk/blog/anticipatory-regulation-how-can-regulators-keep-fast-changing-industries#sthash.N9LV5jdB.dpuf>.

Owen, R., P. Macnaghten and J. Stilgoe. 2012. "Responsible Research and Innovation: From Science in Society to Science for Society, with Society". Журнал *Science and Public Policy* 39(6): 751–760.

Rodemeyer, M., D. Sarewitz and J. Wilsdon. 2005. *The Future of Technology Assessment*. Woodrow Wilson International Center for Scholars, Science and Technology Innovation Program. Сайт: <https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/techassessment.pdf>.

Sutcliffe, H. 2015. "Why I've ditched the 'Responsible Innovation' moniker to form 'Principles for Sustainable Innovation'." Matterforall blog, 13 февраля 2015. Сайт: <http://societyinside.com/why-ive-ditched-responsible-innovationmoniker-form-principles-sustainable-innovation>.

Thomas, J. 2009. "21st Century Tech Governance? What would Ned Ludd do?" 2020 Science, 18 декабря 2009. Сайт: <https://2020science.org/category/technology-innovation-in-the-21st-century/>.

Vanian, J. 2016. "Why Data Is The New Oil". Журнал *Fortune*, 11 июля 2016. Сайт: <http://fortune.com/2016/07/11/data-oil-brainstorm-tech/>.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2016. *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Global Challenge Insight Report. Geneva: World Economic Forum.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). Global Agenda Council on the Future of Software and Society. 2016. "A Call for Agile Governance Principles". Geneva: World Economic Forum. Сайт: http://www3.weforum.org/docs/IP/2016/ICT/Agile_Governance_Summary.pdf.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum). 2018. "Agile Governance: Reimagining Policy-making in the Fourth Industrial Revolution". Geneva: World Economic Forum.

World Economic Forum. 2017. "How the Fourth Industrial Revolution can help us prepare for the next natural disaster". World Economic Forum, Agenda The New Yorker. 2017. "D.I.Y. Artificial Intelligence Comes to a Japanese Family Farm" A. Zeeberg, The New Yorker, 10 августа 2017. Сайт: <https://www.newyorker.com/tech/elements/diy-artificial-intelligence-comes-to-a-japanesefamily-farm>

Сноски

- ¹ В течение этого периода наблюдался беспрецедентный рост некоторых секторов. Согласно расчетам Николаса Крафтса (Nicholas Crafts), с 1780 по 1801 год производство хлопковых тканей выросло на 9,7% каждый год, после чего рост замедлился и составлял 5,6% в год с 1801 по 1831 год. Рост металлургического производства составлял 5,1% и 4,6% соответственно (Крафтс 1987).
- ² Вацлав Смиль (Vaclav Smil) считает это изобретение наиболее влиятельным за всю историю человечества (Смиль 2005).
- ³ Макклоски (McCloskey) 2016.
- ⁴ Программа развития Организации Объединенных Наций (UNDP) определяет развитие человеческого потенциала как большую свободу выбора, чтобы каждый мог выбирать из большого числа вариантов ту цель и тот образ жизни, которые он считает предпочтительными. На практике это означает, что у людей должна быть возможность развивать свои способности и применять их. Три основы человеческого развития – это здоровая и творческая жизнь, обладание знаниями, а также доступ к ресурсам, которые необходимы для достойного существования. Важны и многие другие факторы, особенно во время создания необходимых условий для человеческого развития: к примеру, экологическая устойчивость и равноправие полов (UNDP 2017).
- ⁵ Гордон (Gordon) 2016.
- ⁶ Макклоски (McCloskey) 2016.
- ⁷ Центр по контролю и профилактике заболеваний США 2016.
- ⁸ Всемирный банк 2017.
- ⁹ The New York Times 2017.
- ¹⁰ Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) 2016.
- ¹¹ Бергер (Berger) и Фрей (Frey) 2015.
- ¹² Катц (Katz) и Крюгер (Krueger) 2016.
- ¹³ Всемирный экономический форум 2017b.
- ¹⁴ The San Francisco Examiner 2017.
- ¹⁵ Всемирный экономический форум 2017a.
- ¹⁶ New Atlas 2015.
- ¹⁷ Шваб 2016.
- ¹⁸ Деварай (Devaraj) и Хикс (Hicks) 2017.
- ¹⁹ Всемирный экономический форум 2017.

- 20 Бринйольфссон (Brynjolfsson) и Макэфи (McAfee) 2014.
- 21 The Boston Globe 2016.
- 22 Кили (Keeley) 2015.
- 23 Рэнкин (Rankin) 2015.
- 24 Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE) 2017.
- 25 Nuffield Council on Bioethics 2014.
- 26 Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE) 2017.
- 27 Всемирный экономический форум 2013.
- 28 Общий регламент по защите данных (EU GDPR) 2017.
- 29 Были предложены различные разновидности такой стратегии. Концептуальная модель, которая рассматривается в данном случае, предполагает ответственность и наблюдение, как описывает Митчем (Mitchem) (1994).
- 30 Оппенгеймер [2 ноября 1945] 2017.
- 31 Проблема вагонетки — это мысленный эксперимент, который используется в курсах по этике. Он демонстрирует сложность факторов, которые участвуют в процессе принятия моральных решений. Обычная формулировка звучит так: «Тяжелая неуправляемая вагонетка несется по рельсам. На пути ее следования привязаны пять человек. Вы можете переключить стрелку, и тогда вагонетка проедет по запасному пути, к которому привязан один человек». Отвечающий должен принять решение о том, следует ли переключить стрелку, а также найти объяснение своему выбору.
- 32 Претц (Pretz) 2017.
- 33 Florida Ice and Farm Company 2015.
- 34 Для примера: Лятур (Latour) и Вулгар (Woolgar) 1979.
- 35 Инженерно-физический научно-исследовательский совет Великобритании (EPSRC) 2017.
- 36 Кэт (Cath) и Флориди (Floridi) 2017.
- 37 Шваб 2016, стр. 107.
- 38 The Boston Consulting Group 2016.
- 39 Филбек 2017.
- 40 Там же.
- 41 Американская писательница и политическая активистка Сюзан Сантер (Susan Sontag).
- 42 Миланович (Milanovic) 2016.
- 43 Хаусманн (Hausmann), Хидальго (Hidalgo) и др. 2011.
- 44 Суссекский университет 2008.
- 45 Интервью с Кейлестусом Джумой (Calestous Juma) 2017.
- 46 ЮНЕСКО 2016.
- 47 На Кавказе, в Центральной Азии, в Северной Африке, в Южной Азии, в Тропической Африке и в Западной Азии существует значительное неравенство по половому признаку: больше девушек, чем юношей, не могут получить образование (ЮНЕСКО 2016).

- 48 Оксфордский интернет-институт, «Местонахождение академических знаний» (The Location of Academic Knowledge) 2017.
- 49 ЮНЕСКО 2017.
- 50 Себальос (Ceballos) и другие 2015.
- 51 Бюро справочной информации по вопросам народонаселения 2017.
- 52 Всемирный банк и Институт оценки и измерения показателей здоровья 2016.
- 53 Всемирный экономический форум 2016а.
- 54 Всемирный институт ресурсов 2014.
- 55 Фонд глобальных проблем 2017.
- 56 Штеффен (Steffen) и др. 2015.
- 57 Департамент по экономическим и социальным вопросам ООН, Отдел народонаселения 2015.
- 58 Вырубка лесов ставит под угрозу основу средств к существованию лесозависимых общин и мелких фермеров, а также истощает биоразнообразие (Энбеком (Enbakom), Фиса (Feysa) и Такеле (Takele) 2017).
- 59 Newshub 2016.
- 60 Yale Environment 360 2016.
- 61 Bloomberg 2016.
- 62 MIT Technology Review 2017.
- 63 Fortune 2017.
- 64 Всемирный экономический форум 2016.
- 65 Catalyst 2016; ЮНЕСКО 2015.
- 66 Deloitte 2016.
- 67 Филбек 2017.
- 68 Тей (Tay) и др. 2013.
- 69 «2. Количество владельцев смартфонов растет во многих развивающихся странах, но цифровой разрыв остается» (Пуштер (Poushter) 2016).
- 70 Сегодня обычный частный дом в развитой стране содержит больше компьютеров, чем существовало во всем мире в 1950 году. Как пишет Джеймс Кортада (James Cortada), Кеннет Флемм (Kenneth Flamm) провел исследование и обнаружил, что тогда в мире было ровно пять цифровых ЭВМ: две в США и три в Великобритании. Согласно самым скромным подсчетам компании NPD Group, которая занимается рыночными исследованиями, в 2013 году в американском доме было в среднем 5,7 различных цифровых вычислительных устройств, включая мобильные. Скорее всего, к сегодняшнему дню эта цифра уже выросла более чем вдвое, если учитывать широкое распространение смартфонов и встраивание процессоров в различные домашние устройства, от телевизоров до стиральных машин. См.: Кортада (Cortada) (1993), Кокшотт (Cockshott), Маккензи (Mackenzie) и Майклсон (Michaelson) (2010).
- 71 Всемирный экономический форум, Европейский институт управления бизнесом (INSEAD) 2015.
- 72 Международный план по развитию полупроводников (ITRS2.0) 2015.

- 73 Янг (Yang) 2016.
- 74 Дэннинг (Denning), Льюис (Lewis) 2016.
- 75 Лапедус (Lapedus) 2016.
- 76 Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE) 2016.
- 77 Особенно стоит отметить Intel 4004 (начало производства — 1970 год) и Intel 8008 (1975).
- 78 Для алгоритмов глубокого обучения можно применять резистивную память с произвольным доступом (ReRAM). В таком случае не нужно записывать и считывать из [a][b] памяти большую нейронную сеть. Кроме того, ReRAM обещает развитие и в других областях.
- 79 Задачи, которые содержат большие числа или большое количество переменных, невозможно решить с помощью классического компьютера: для получения ответа может потребоваться больше времени, чем составляет возраст Вселенной. Квантовые компьютеры способны использовать вероятностную природу суперпозиции для того, чтобы симулировать несколько состояний одновременно и находить лучший возможный (или ближайший к нему) ответ на задачи, недоступные для современных цифровых компьютеров.
- 80 Абсолютный ноль — наименьшая теоретически возможная температура, эквивалент $-273,15^{\circ}\text{C}$.
- 81 Питер Шор (Peter Shor), профессор математики из Массачусетского института, разработал квантовый алгоритм факторизации (алгоритм Шора), который работает экспоненциально быстрее, чем лучший из известных алгоритмов для классической ЭВМ.
- 82 Уизер (Weiser) 1991.
- 83 Например, см. Фрост Гердер (Frost Gorder) 2016.
- 84 Солон (Solon) 2017.
- 85 Найт (Knight) 2015.
- 86 Черч (Church) записал 70 млрд копий одной книги на ДНК-микросхеме, добившись плотности записи данных в 5,5 петабит на кубический миллиметр. См. Кэмерон (Cameron) и Мауэт (Mowatt) (2012).
- 87 См. обсуждение. Шваб (2016).
- 88 Память магнитного случайного доступа с вращательным моментом (STT-MRAM) — инновационная технология, которая использует спиновый момент электронов для хранения информации вместо заряда транзисторов. Такая память устойчива к радиации и высокой температуре, а также может быть защищена от несанкционированного доступа. Она может использоваться в неблагоприятных условиях — например, в космосе или на производственных линиях; Airbus и BMW уже использовали ее.
- 89 Raspberry Pi Foundation 2016.
- 90 Эзрачи (Ezrachi) и Штуке (Stucke) 2017.
- 91 Понятие «блокчейн» включает в себя распределенные реестры и смарт-контракты, защищенные с помощью криптографии, а также другие децентрализованные и зашифрованные интернет-технологии.

- ⁹² Тэпскотт (Tapscott) 2016, стр. 24.
- ⁹³ Легко решить, что стоимость транзакций в распределенном реестре стремится к нулю, так как в процессе не принимает участие централизованный посредник. На самом деле стоимость транзакций зависит от того, каким способом осуществляется верификация распределенного реестра, и может оказаться гораздо выше, чем у централизованного сервиса. Так, 11 июня 2017 года наименьшая возможная стоимость транзакции с Bitcoin составляла 2,61 долл. при среднем размере транзакции всего 226 байт. С таким уровнем затрат Bitcoin не подходит для микро-транзакций (Bitcoin Fees 2017).
- ⁹⁴ Всемирный экономический форум, интервью с Брайаном Бехлендорфом (Brian Behlendorf) по телефону, 26 мая 2017 года.
- ⁹⁵ Одна из альтернатив — модель «доказательства доли владения» (proof-of-stake, PoS), к которой создатели Ethereum рассчитывают перейти в будущем. Она не требует сжигания больших объемов энергии майнерами в процессе безопасного добавления информации к цепочке; вместо этого она распределяет создание блоков между «валидаторами», используя вероятностный алгоритм. При этом попытки обмануть систему или подделать блоки наказываются штрафами.
- ⁹⁶ Следует остановиться на неизменности распределенных реестров. Незаконное использование таких систем само по себе способно предоставлять властям дополнительные способы мониторинга и сбора доказательств о нелегальной деятельности. Так, при расследовании дела Росса Ульбрихта (Ross Ulbricht) (которое завершилось пожизненным приговором за деятельность сайта «Silk Road», на котором продавались и покупались криминальные товары и услуги) ФБР США воспользовалось публичными записями транзакций в Bitcoin общей суммой в 18 млн долл., привязанными к его ноутбуку (Гринберг (Greenberg 2016)).
- ⁹⁷ Всемирный экономический форум, интервью с Кэтрин Маллиган (Catherine Mulligan) по телефону, 9 июня 2017.
- ⁹⁸ Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) и Ведомство по интеллектуальной собственности в ЕС (EUIPO) 2016.
- ⁹⁹ Рупперт (Ruppert) 2016.
- ¹⁰⁰ Всемирный экономический форум, интервью с Петером Смитом (Peter Smith) в Лондоне 27 сентября 2016.
- ¹⁰¹ Имеется в виду ошибка при вводе данных с клавиатуры, когда человек случайно нажимает пальцем на две клавиши либо не на ту клавишу. Такие ошибки также приводят к выставлению ошибочных ордеров на финансовых рынках, которые содержат неправильную цену покупки или продажи либо применяются к неверному пакету акций.
- ¹⁰² Колумбус (Columbus) 2016.
- ¹⁰³ Глобальный институт Маккинси (McKinsey Global Institute) 2015.
- ¹⁰⁴ Всемирный экономический форум и Accenture 2016.
- ¹⁰⁵ Всемирный экономический форум 2015, стр. 8.

- 106 Глобальный институт Маккинси (McKinsey Global Institute) 2015a.
- 107 Описано у Перроу (Perrow) (1984).
- 108 Всемирный экономический форум 2015.
- 109 Браун (Brown) 2016.
- 110 Уэстби (Westby) и Ричард (Richard) 2008.
- 111 NYSE Governance Services 2015.
- 112 Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) 2012.
- 113 Всемирный экономический форум 2017.
- 114 Miniwatts Marketing 2017.
- 115 eMarketer 2017.
- 116 Райнсель (Reinsel), Ганц (Gantz) и Райднинг (Rydning) 2017.
- 117 Всемирный экономический форум 2012.
- 118 Гринберг (Greenberg) 2015.
- 119 KrebsonSecurity 2014.
- 120 Nuix 2017.
- 121 Там же.
- 122 Тильман (Thielman) 2016.
- 123 Сэмпл (Sample) и Хирн (Hern) 2014.
- 124 Петерсен (Petersen) 2016.
- 125 AI International 2017.
- 126 Метц (Metz) 2016.
- 127 Partnership on AI 2017.
- 128 DeepMind Ethics & Society 2017.
- 129 CB Insights 2017.
- 130 Тьюринг (Turing) 1951.
- 131 Мерфи (Murphy) 2016; Коннер-Саймонс (Conner-Simons) 2016; Хардести (Hardesty) 2013.
- 132 Ваньян (Vanian) 2016.
- 133 Питтман (Pittman) 2016.
- 134 Петерсен (Petersen) 2016; Уэйкфилд (Wakefield) 2016; Эйдженс Френс-Пресси (Agence France-Presse) 2016.
- 135 McKinsey & Company 2017.
- 136 Фрей (Frey) и Осборн (Osborne) 2013.
- 137 Уэйкфилд (Wakefield) 2016b.
- 138 Кохен (Cohen) и др. 2016.
- 139 Ляграндье (LaGrandeur) и Хьюз (Hughes) (Eds) 2017; Всемирный экономический форум 2016; Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) 2016.
- 140 Инженерно-физический научно-исследовательский совет Великобритании (EPSRC) 2017.
- 141 Бараниек (Baraniuk) 2015.
- 142 Де Уоргни (de Wargny) 2016.
- 143 Реннберг (Rehnberg) и Понти (Ponte) 2016.
- 144 Wohlers Associates 2016.

- 145 Gartner 2016.
- 146 Wohlers Associates 2016.
- 147 PricewaterhouseCoopers (PwC) 2016.
- 148 Wohlers Associates 2016.
- 149 Wohlers Associates 2014, стр. 26.
- 150 Реннберг (Rehnberg) и Понти (Ponte) 2016.
- 151 Паркер (Parker) 2013.
- 152 Вычислено на основе сравнения стоимости истребителя F-22 Raptor со стоимостью БПЛА MQ-9 Reaper и MQ-1 Predator, которые также используются вооруженными силами США. Также важно, что стоимость одного летного часа у дронов гораздо ниже стоимости летного часа пилотируемых самолетов. См. Томпсон (Thompson) (2013).
- 153 Авторское интервью с Дэвидом Шимом, октябрь 2016.
- 154 Авторское интервью с Андреасом Раптопулосом, октябрь 2016.
- 155 Overly 2016.
- 156 Копардекар (Kopardekar) и др. 2016.
- 157 NASA Unmanned Traffic Management 2015; Amazon Prime Air 2015.
- 158 CRISPR расшифровывается как «короткие палиндромные кластерные повторы». См. Сайраноски (Cyranoski) (2016).
- 159 Рейлли (Reilly) 2017.
- 160 Интервью с Генри Грили (Henry Greely).
- 161 EY2016.
- 162 Ли (Lee) и Ким (Kim) 2015.
- 163 Пеплоу (Peplow) 2015.
- 164 В качестве примеров можно привести микросхемы, вживляемые в мозг, и электроды, вводимые внутрь черепа; неинвазивные ЭКГ-устройства для наблюдения за мозговыми волнами и электрическими сигналами снаружи черепа; другие неинвазивные устройства для воздействия на активность мозга с помощью электрических или магнитных сигналов; устройства для интерпретации мыслей и намерений с помощью физических сигналов и движений тела (таких, как движение глаз, пульс, проводимость кожи, артериальное давление); химические соединения, которые воздействуют на мозговую деятельность; устройства для воспроизводства звуков, которые воздействуют на мозг.
- 165 Кофе распространился из Йемена и Эфиопии по исламскому миру в течение XV–XVI веков; первый запрет на напиток и торговлю им наложил губернатор Мекки Хаир-бей в 1511 году. Папа Римский Климент VIII был любителем кофе и «окрестил» напиток в 1600 году, однако появление кофе в Британии в 1637 году поставило под угрозу кампанию по пропаганде употребления чая, которая предназначалась для борьбы с алкоголизмом. Местные власти начали запрещать розничную торговлю кофе, а в 1675 году король Чарльз II издал указ о запрещении кофеен. В свою очередь, прусский король Фридрих Великий не желал допускать снижения продаж пива, национального напитка страны, из-за кофе и создал

- профессию «нюхачей», которые штрафовали всех, от кого пахло кофе. В Швеции с 1756 по 1817 год издавалось пять различных указов о запрещении ввоза кофе. Сегодня же компания Nespresso не только дает возможность заказывать кофе через приложение, но и предлагает умную кофеварку Prodigio, которая подключается к Интернету и имеет функцию удаленного программирования процесса варки. См. Juma (2016).
- ¹⁶⁶ Констайн (Constine) 2017.
- ¹⁶⁷ Всемирный экономический форум, интервью с Джофффри Линем (Geoffrey Ling), 28 сентября 2016.
- ¹⁶⁸ Джонс (Jones) 2016.
- ¹⁶⁹ См., к примеру, EMOTIV: <https://www.emotiv.com/>.
- ¹⁷⁰ Всемирный экономический форум, интервью с Нитишем Такором (Nitish Thakor) 28 сентября 2016.
- ¹⁷¹ Штетт (Statt) 2017.
- ¹⁷² Нарег (Nager) и Аткинсон (Atkinson) 2016
- ¹⁷³ Neurotech 2016.
- ¹⁷⁴ Всемирный экономический форум, переписка с Нилом Касселлом (Neal Kassell), 18 мая 2017.
- ¹⁷⁵ Грилнер (Grillner) и др. 2016; Еврокомиссия 2016.
- ¹⁷⁶ Всемирный экономический форум 2016.
- ¹⁷⁷ Всемирный экономический форум, интервью с Нэнси Ип (Nancy Ip), 10 ноября 2016.
- ¹⁷⁸ Эммерих (Emmerich) 2015.
- ¹⁷⁹ Олье (Oullier) 2012.
- ¹⁸⁰ Гош (Ghosh) 2015.
- ¹⁸¹ Чейкин (Chafkin) 2015.
- ¹⁸² Цукерберг (Zuckerberg) 2015.
- ¹⁸³ Goldman Sachs 2016.
- ¹⁸⁴ Древнегреческое «техне» (τέχνη) — это один из корней слова «технология», но обычно его переводят как «искусство» в контексте традиционных искусств (живопись, скульптура, обработка дерева).
- ¹⁸⁵ Всемирный банк 2017.
- ¹⁸⁶ Kanellos 2013.
- ¹⁸⁷ Франкфуртская школа финансов и управления 2017, диаграмма 25.
- ¹⁸⁸ Там же, диаграмма 54, диаграмма 1.
- ¹⁸⁹ Всемирный экономический форум, интервью с Кэмерон Хепберн (Cameron Hepburn), 28 сентября 2016.
- ¹⁹⁰ Такер (Tucker) 2014.
- ¹⁹¹ Вулфорд (Woolford) 2015.
- ¹⁹² ITER (с латыни сокращение переводится как «путь») — энергетический проект, в котором принимают участие 35 различных стран. Его задача заключается в демонстрации возможности коммерческого использования термоядерного реактора.
- ¹⁹³ Пэрри (Parry) 2016.

- ¹⁹⁴ Техасский университет в Остине 2017.
- ¹⁹⁵ Еврокомиссия 2017.
- ¹⁹⁶ Департамент по экономическим и социальным вопросам ООН, Отдел народонаселения 2015.
- ¹⁹⁷ Стилго (Stilgoe) 2016.
- ¹⁹⁸ Пасцтор (Pasztor) 2017.
- ¹⁹⁹ Там же.
- ²⁰⁰ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) 2013.
- ²⁰¹ Кондлайфф (Condliffe) 2017.
- ²⁰² Неслен (Neslen) 2017.
- ²⁰³ Пасцтор (Pasztor) 2017.
- ²⁰⁴ Де Зельдинг (de Selding) 2015.
- ²⁰⁵ Диллоу (Dillow) 2016.
- ²⁰⁶ Сайселофф (Siceloff) 2017.
- ²⁰⁷ Тайбьюлт (Thibeault) и др. 2015.
- ²⁰⁸ Carbon 3D 2017.
- ²⁰⁹ См., например, Ваниан (Vanian) (2016).
- ²¹⁰ Глобальный институт Маккинси (McKinsey Global Institute) 2017.
- ²¹¹ AlphaBeta 2017.
- ²¹² Международная организация по стандартизации (ISO) 2017.
- ²¹³ Международная организация по стандартизации (ISO) 2017a.
- ²¹⁴ Всемирный экономический форум 2018.
- ²¹⁵ Февраль 2001, «Манифест динамичной разработки программного обеспечения» (Manifesto for Agile Software Development), <http://agilemanifesto.org/>.
- ²¹⁶ Совет Всемирного экономического форума по глобальной повестке дня в области совместного развития программного обеспечения и общества выпустил «Призыв к гибким принципам управления» (*A Call for Agile Governance Principles*). Этот документ раскрывает принципы, выдвинутые в «Манифесте динамичной разработки», и переносит их использование в политическую сферу. См. по ссылке: http://www3.weforum.org/docs/IP/2016/ICT/Agile_Governance_Summary.pdf.
- ²¹⁷ Всемирный экономический форум 2018.
- ²¹⁸ Источник списка, с благодарностью: Мейнард (Maynard) 2016.
- ²¹⁹ См. UK Government Policy Lab по ссылке: <https://openpolicy.blog.gov.uk/category/policy-lab/>.
- ²²⁰ Малган (Mulgan) 2017.
- ²²¹ См. CrowdLaw по ссылке: <http://www.thegovlab.org/project-crowdlaw.html>.
- ²²² Хэдфилд (Hadfield) 2016.
- ²²³ Оуэн (Owen), Макнегтен (Macnaghten), Стилго (Stilgoe) 2012.
- ²²⁴ Сатклифф (Sutcliffe) 2015.
- ²²⁵ Гастон (Guston) 2008.

- ²²⁶ Марчант (Marchant) и Валлах (Wallach) 2015.
- ²²⁷ Томас (Thomas) 2009.
- ²²⁸ Родимейер (Rodemeyer), Саревитц (Sarewitz) и Уилсдон (Wilsdon) 2005.
- ²²⁹ Совет Всемирного экономического форума по глобальной повестке дня в области совместного развития программного обеспечения и общества 2016.
- ²³⁰ См. Civil Service College по ссылке: <https://www.cscollege.gov.sg>.
- ²³¹ Всемирный экономический форум 2017.
- ²³² The New Yorker 2017.
- ²³³ См. Fab Foundation по ссылке: <http://www.fabfoundation.org/>.
- ²³⁴ См. Genspace по ссылке: <https://www.genspace.org/classes-alt/>.

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Издание для дополнительного образования

TOP BUSINESS AWARDS

Шваб Клаус, Дэвис Николас

ТЕХНОЛОГИИ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Руководитель группы *О. Усольцева*
Ответственный редактор *Л. Ивахненко*
Младший редактор *К. Ананьева*
Художественный редактор *М. Клава-Янат*
Технический редактор *Л. Зотова*
Компьютерная верстка *С. Пяташ*
Корректор *Л. Китс*

В оформлении обложки использованна фотография:

Ociacia / Shutterstock.com

Используется по лицензии от Shutterstock.com

ООО «Издательство «Эксмо»

123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Өндіріші: «ЭКМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Зорге көшесі, 1 үй.

Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru.

Tayap belrici: «Эксмо»

Интернет-магазин : www.book24.kz

Интернет-дукен : www.book24.kz

Импортёр в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию,

в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды

қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС,

Алматы қ., Домбровский көш., 3-а», литер Б, офис 1.

Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайтта: www.eksmo.ru/certification

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ

о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»

www.eksmo.ru/certification

Өндірген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылмаған

Подписано в печать 15.05.2018.

Формат 70×100 1/16. Гарнитура «NewBaskervilleITC».

Печать офсетная. Усл. печ. л. 25,93.

Тираж

экз. Заказ



ISBN 978-5-04-095268-7



9 785040 952687 >

Четвертая промышленная революция меняет мир.

Искусственный интеллект, блокчейн, нано- и биотехнологии уже трансформируют общество. Грандиозный взлет и падение самой известной криптовалюты биткоин — результат действий миллионов людей, доверившихся технологии.

Клаус Шваб, основатель и бессменный председатель Всемирного экономического форума, утверждает: «Действия, которые мы совершаем сегодня, влияют на цепочку событий, трансформирующих мир. Технологии, которые нас окружают, меняются в результате наших решений, а затем меняемся и мы сами». Все мы участвуем в формировании будущего, и, чтобы создать мир, в котором мы хотим жить, нужно осознать масштаб происходящих изменений.

Более 200 ведущих мировых экспертов в области технологий, экономики и социологии приняли участие в работе над этой книгой, чтобы продемонстрировать читателям максимально полную картину трансформации окружающего нас мира.



COMMITTED TO
IMPROVING THE STATE
OF THE WORLD

БОМБОРА

Бомбора — это новое название Эксмо Non-fiction, лидера на рынке полезных и вдохновляющих книг. Мы любим книги и создаем их, чтобы вы могли творить, открывать мир, пробовать новое, расти. Быть счастливыми. Быть на волне.

   [bomborabooks](https://www.bombora.ru)
www.bombora.ru

ISBN 978-5-04-095268-7



9 785040 952687 >