

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА БУДУЩЕЕ ЭНЕРГЕТИКИ

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ДО 2050 ГОДА

Дискуссионный доклад





Данный документ содержит мнения и прогнозы экспертов в отношении перспектив развития энергетики до 2050 года. Он основан на серии индивидуальных интервью и коллективных обсуждений, состоявшихся летом 2017 года. Основная цель данного документа – представить краткий анализ ведущих тенденций и факторов неопределенности, а также размышления отраслевых экспертов, касающиеся возможных сценариев развития, для инициирования и обогащения дискуссии в экспертном сообществе. Ни одна часть настоящей публикации не может быть воспроизведена или передана на каком-либо языке, в какой-либо форме и какими-либо способами, в том числе путем фотокопирования и записи, а также при помощи систем хранения или поиска информации.

Содержание

Аналитическое резюме	4
<hr/>	
Введение	8
Между настоящим и будущим	9
Ограничения	9
<hr/>	
Мир в 2050 году	10
Известные факторы: вызовы энергетического сектора	11
В поисках решения: факторы неопределенности	13
Модели потребления	13
Политика в области изменения климата	15
Инновации и развитие технологий	16
Благоприятная среда: управление, финансы, общественное мнение	19
<hr/>	
Формирование будущего энергетики	24
Сценарий 1. «Послезавтра»	27
Сценарий 2. «Бегущий по лезвию»	29
Сценарий 3. «Звездные войны»	31
Сценарий 4. «Интерстеллар»	33
<hr/>	
Заключение	38
<hr/>	
Источники	40
<hr/>	



Дорогие друзья!

Будущее трудно предсказать, но повлиять на него – в наших силах. И первый шаг к тому, чтобы взять будущее под свой контроль, – это обдумать возможные сценарии развития и определить, какие движущие силы в ближайшие десятилетия будут трансформировать рынки. Сможете ли вы уловить слабые признаки изменений и скорректировать свою бизнес-модель? Станете ли вы инициатором перемен или они застанут вас врасплох, когда будет слишком поздно? Все зависит от вас.

Московская школа управления СКОЛКОВО – надежный партнер компаний и людей, которые уже сегодня закладывают фундамент своего будущего успеха. Мы помогаем строить и реализовывать мечты. Наши преподаватели и консультанты помогают клиентам проходить через все этапы преобразований – от поиска идей и создания стратегий до разработки планов, налаживания контактов и поиска ресурсов.

Мы сотрудничаем с ведущими международными и российскими компаниями, которые действительно могут повлиять на будущее – не за счет своей финансовой мощи, а за счет стремления превращать свои мечты в реальность. Поэтому мы работаем с компаниями любого размера и на всех этапах развития – от стартапов до международных корпораций, – лишь бы они умели мечтать.

В данном дискуссионном докладе представлены главные выводы, к которым мы пришли во время индивидуальных интервью и коллективных обсуждений с представителями этой отрасли. Этот доклад призван стимулировать дискуссию о будущем энергетики в междисциплинарном сообществе – между экспертами в области энергетики, представителями финансовых институтов, работниками сферы

образования, представителями правительства и НПО, которые хотят достичь большего взаимопонимания и согласованности действий для всеобщего благополучия в будущем.

В создании доклада принимала участие компания EY – один из давних стратегических партнеров Московской школы управления СКОЛКОВО, поддерживающий нас на протяжении многих лет. Благодаря специалистам EY этот доклад пополнился ценными практическими инсайтами клиентов и мнениями представителей международного отраслевого сообщества о будущем энергетики.

Андрей ШАРОНОВ,

президент Московской школы управления
СКОЛКОВО





Дорогие друзья!

Мы рады представить вашему вниманию дискуссионный доклад «Новый взгляд на будущее энергетики», подготовленный Московской школой управления СКОЛКОВО в сотрудничестве с ЕУ в России (Energy&Utilities).

Роль энергетики в будущем мировой экономики трудно переоценить. С одной стороны, рост численности населения, индустриализация, урбанизация и повышение качества жизни ежедневно увеличивают спрос на энергию, с другой – изменение климата и растущее внимание к энергетической безопасности ограничивают возможности, имеющиеся в нашем распоряжении. По всему миру технологические разработки, принципы деятельности и бизнес-модели проверяют на способность обеспечить экономичные, доступные и приемлемые решения в области энергетики. Мы наблюдаем беспрецедентный переход к «новой энергетике» в масштабах планеты.

Россия как один из крупнейших поставщиков нефти и газа, а также атомных электростанций и ядерного топлива, всегда была в числе ведущих игроков на мировом энергетическом рынке. Сумеет ли она сохранить свои позиции в меняющейся отрасли? Прорыв в области добычи сланцевой нефти и газа, ускоренные разработки СПГ, рост использования возобновляемых источников энергии, обновление нормативных баз, развитие технологий, в том числе цифровых, – все это представляет угрозу положению России на мировом энергетическом рынке. В российской энергетике также происходят значительные внутренние изменения: постепенно увеличивается доля возобновляемых источников энергии и распределенной энергетики, идет работа над повышением энергоэффективности и модернизацией сетей.

Сценарное планирование – один из наиболее эффективных методов стратегического планирования в рамках мира VUCA (нестабильности, неопределенности, сложности и неоднозначности). Задача сценарного планирования – помочь вам поставить «правильные» вопросы, а не найти готовые ответы. В этом докладе мы рассматриваем несколько сценариев возможного будущего энергетики в мире. Руководители энергетических предприятий и политические деятели, занятые поиском уникальных стратегий, найдут в этом докладе много информации для размышлений.

Компания ЕУ помогает своим клиентам во всем мире переосмысливать будущее и выработать более совершенные стратегии работы, обеспечивающие достижение успеха. Мы помогаем клиентам в России разрабатывать сценарии, которые наиболее точно соответствуют заданным условиям, и извлекать из них информацию, необходимую для принятия стратегического решения: адаптироваться к меняющимся условиям, готовиться использовать открывающиеся рыночные возможности или устранять угрозы для существующей бизнес-модели.

ЕУ – многолетний партнер Московской школы управления СКОЛКОВО, которая предоставляет российским компаниям и предпринимателям доступ к бизнес-образованию мирового уровня, а также организует плодотворный учебный процесс, что критически важно для эффективного сценарного планирования.

Александр ИВЛЕВ,

управляющий партнер
компании ЕУ по России

Аналитическое резюме



На глобальном энергетическом рынке происходят беспрецедентные изменения. Чтобы эффективнее реагировать на изменения, извлекать прибыль из появляющихся возможностей и своими силами строить будущее отрасли, политические деятели и отраслевые игроки должны знать, какие факторы повлияют на рынки в ближайшие десятилетия. Из-за нестабильности конъюнктуры, сложности и взаимозависимости факторов влияния образ будущего энергетической отрасли становится настолько неопределенным и противоречивым, что полагаться на прогнозы и предсказания уже нельзя. Целесообразнее использовать сценарное планирование – этот метод позволяет не только поэтапно спрогнозировать возможные варианты развития, но и определить, какие действия будут эффективными, а какие – нет.

Как известно, циклы инноваций и модернизации в энергетическом секторе чрезвычайно продолжительны. Нередко проходят десятилетия, прежде чем очередная технология достигнет промышленного масштаба и станет заметной частью отрасли. Поэтому, взяв слишком короткий горизонт, мы не увидим никакой разницы. С другой стороны, слишком длинный горизонт планирования будет несколько «оторванным» от текущего момента. По нашим предположениям, именно к 2050 году унаследованные из прошлого структуры и совершенно новые энергетические системы начнут сосуществовать в одной экосистеме. Как будет развиваться энергетическая отрасль до 2050 года и как будут «уживаться» старые и новые системы, будет зависеть как от известных факторов (макротенденций), так и от изменений в энергетическом секторе, которые пока никто не может предсказать.

Фундаментальными факторами потребления энергии на данный момент являются экономический рост и увеличение численности мирового населения. С развитием среднего класса изменяется потребительское поведение и структура спроса. В более отдаленной перспективе массовая цифровизация и четвертая промышленная революция приведут к изменению моделей потребления как в производственном секторе, так и в быту. Кроме того, энергетика приобретает особую важность с принятием Целей в области устойчивого развития ООН, поскольку от прогресса в этой сфере во многом зависит достижение практически всех установленных ориентиров.

Кроме этого, существуют важные факторы неопределенности, влияние которых на рынок сложно предсказать. Они могут проявляться в разной степени, что позволяет составить множество сценариев развития энергетической отрасли до 2050 года. Важнейшим из этих факторов является растущее влияние потребителя. Современные потребители становятся все более образованными, сознательными и проактивными, и это приводит к поразительным переменам на рынке. Реальные предложения, открывающиеся перед потребителями, а также влияние потребителей на отрасль энергетики будут зависеть от скорости инновационных преобразований, развития и внедрения технологий. Выбор потребителями и производителями экологических решений будет зависеть от степени проработанности климатических доктрин и зрелости финансовых институтов. Развитие энергетического сектора до 2050 года будет также во многом определено тремя переломными факторами: достижением сетевого паритета стоимости и производительности электроэнергии, конвергенцией электроэнергетики и мобильности и отказом от централизованной системы управления.

Вместе эти очевидные тренды в энергетике, наряду с факторами неопределенности, создают ландшафт из ограничений, возможностей и вариантов выбора, с которыми государственным, коммерческим и общественным силам придется работать до 2050 года. Среди множества возможных мы выделяем четыре сценария развития, в которых эти факторы проявляются наиболее полным образом.

- **«Послезавтра»**

Отсутствие эффективной и скоординированной на международном уровне экологической политики, низкая скорость инновационных преобразований и слабое распространение новых технологий способствуют сохранению в отрасли текущего положения вещей. В отрасли доминируют крупные игроки, во многих случаях – управляемые из единого центра национальные

компания. Масштаб одновременно обеспечивает рыночное превосходство компаний, создает серьезные препятствия для появления новых участников и существенно ограничивает рыночную власть потребителей. Сохраняется преимущественная зависимость энергетики от ископаемого топлива и дефицит энергии, обусловленный геополитическим делением. Это ограничивает экономический рост и становится предпосылкой для социального или военного конфликта. При этом последствия, вызывающие изменение климата, неуклонно ухудшаются.

- **«Бегущий по лезвию»**

Власть потребителей стремительно возрастает на фоне доступности разнообразных инновационных технологических решений. Высокая скорость инновационных преобразований, цифровизация и конвергенция технологий в конечном счете приводят к коммодитизации энергии и открывают возможности для новых участников рынка, которые подрывают устоявшиеся бизнес-модели и нарушают равновесие всей энергетической экосистемы в целом. В то же время из-за отсутствия скоординированной государственной политики борьбы с изменением климата не удастся решать более фундаментальные вопросы, связанные со сдвигами в структуре генерации, и поддерживать ширококомасштабное развитие безуглеродных источников энергии. В результате нас ждет технологически развитый мир с плохими климатическими условиями.

- **«Звездные войны»**

В то время как более богатые страны демонстрируют прогресс в борьбе с изменением климата, менее развитые государства и страны с переходной экономикой стоят перед непростым выбором: соблюдать свои международные обязательства или обеспечивать локальный экономический рост. Инновационные разработки недостаточно распространены, поэтому многие предприятия не имеют доступа к низкоуглеродным технологиям, а ведущие финансовые институты не готовы вкладывать средства в их продвижение. Все больше развивающихся стран отказываются от своих обязательств по борьбе с изменениями климата. Мир разделен на две части: богатые страны используют преимущественно возобновляемые источники энергии с децентрализованными энергосистемами, а развивающиеся страны получают энергию из ископаемых видов топлива и от атомных электростанций.

- **«Интерстеллар»**

Скорость развития инновационных технологий соответствует растущей способности стран вкладывать средства в реальные проекты, направленные на борьбу за чистую экологию. Эти проекты реализуются под прозрачным и эффективным управлением развитых финансовых институтов. Соответствие между инновационным развитием и проводимой политикой в конечном счете приводит к переходу глобальной энергетики на новый уровень эффективности и экологичности. В большинстве регионов мира преобладают децентрализованные рынки энергии, возобновляемые источники энергии получают небывалое развитие, а проблемы, связанные с их использованием (например, недопустимо высокая стоимость хранения энергии), давно решены.

Все эти сценарии подталкивают нас к очевидному выводу: нам необходимо наладить многосторонний диалог с участием регламентирующих органов, представителей отрасли, финансовых институтов, научного сообщества и НПО. В ином случае есть риск, что стремительные инновации разрушат энергетический рынок, а развивающиеся страны окажутся неспособными выполнять свои экологические обязательства. Этот дискуссионный доклад был составлен по итогам индивидуальных и коллективных обсуждений с отраслевыми экспертами. Надеемся, что он поможет всем заинтересованным сторонам междисциплинарной дискуссии о будущем энергетики выработать такой курс действий, который приведет и отрасль, и все человечество к более светлому будущему.



Введение



МЕЖДУ НАСТОЯЩИМ И БУДУЩИМ

Если определить сценарий как описание развития системы в промежутке между двумя временными точками, то период с настоящего момента до 2050 года представляет собой наиболее сложный горизонт сценарного планирования. Он лежит как раз на полпути между настоящим и будущим. И действительно, более краткосрочные сценарии, например до 2025 или даже 2035 года, можно составить, опираясь на текущее состояние технологий, современные принципы ведения деятельности и сложившуюся практику. В целом энергетическая отрасль защищена от краткосрочных потрясений, которые свойственны другим отраслям (например, ИКТ), благодаря большой продолжительности циклов внедрения инноваций и модернизации и, следовательно, общей институциональной инерции. Поскольку срок эксплуатации традиционной электростанции составляет в среднем 30–50 лет, а электростанции, работающей на возобновляемом источнике топлива, – 20–30 лет, можно предположить, что большинство имеющихся мощностей по производству электроэнергии останутся пригодными для эксплуатации еще в течение 20–30 лет, а значит, будут существенно влиять на структуру генерации энергии в этот период. С другой стороны, если бы мы выбрали более продолжительный период – до 2075–2100 года, – нам пришлось бы заниматься футурологией, а не сценарным планированием. Учитывая непрерывно возрастающую скорость инновационного процесса и степень износа существующих энергетических мощностей, становится очевидным, что энергетическая система 2075+ года будет коренным образом отличаться от нынешней. Иными словами, если сценарии до 2025 года можно рассматривать как продолжение настоящего, то прогнозы до 2075 года и далее лучше строить в обратном порядке – от будущего к настоящему.

В этом заключается основная сложность выбранного нами подхода: к 2050 году энергетика будет находиться на полпути между современными энергетическими структурами и чем-то совершенно иным. Она будет состоять из элементов уже известной нам системы и чего-то совершенно нового. В то же время именно это делает нашу попытку прогнозирования столь интересной и творческой.

В данной работе мы стремились собрать мнения и прогнозы экспертов в отношении перспектив развития энергетики до 2050 года, высказанные во время индивидуальных и коллективных обсуждений. Итоговый доклад представлен в простой и доступной форме, чтобы его можно было использовать в качестве основы или справочного материала для дальнейшей дискуссии в отраслевом экспертном сообществе.

ОГРАНИЧЕНИЯ

В данной работе мы представляем обзор основных факторов, которые будут определять изменения энергетического рынка до 2050 года, а также приводим краткое описание различных сценариев будущего энергетики до 2050 года. Мы понимаем, что региональные условия различаются так сильно, что составлять глобальные сценарии нецелесообразно с практической точки зрения. Поскольку нам необходимо, чтобы на данном этапе эта работа носила довольно общий характер, мы рассматриваем только основные типы энергетических систем, существующие, в частности, в США, Европе и Китае. Более подробные прогнозы развития с учетом региональной специфики появятся на более поздних этапах.

В целях обеспечения доступности данной работы мы отказались от какого бы то ни было моделирования, за исключением некоторых показательных цифр в сценариях, связанных со структурой энергетики. Эти цифры были взяты из недавней публикации компании EY, где она представила свои прогнозы в отношении структуры энергетики¹. Все остальные прогнозы основаны на исторических трендах и наших оценках возможного развития ситуации в условиях различных сценариев. Также следует отметить, что мы придерживались нейтральных позиций при создании сценариев и никак не указываем, какие из них являются желательными или предпочтительными. Они основаны на прогнозах в отношении вероятного эволюционного развития энергетической системы и не содержат идей, которые можно использовать для достижения каких-либо целей.

1 EY, Energy Reimagined: what's the next?

Мир в 2050 году



Как бы смело это ни звучало, учитывая, что мы живем в мире VUCA, при сценарном прогнозировании мы должны отделять события, которые точно произойдут, от событий, эффект которых сложно предсказать, но которые могут серьезно повлиять на мировой энергетический рынок, если они все-таки случатся. Сначала мы остановимся на тех особенностях рынка, которые не вызывают сомнения: на основных вызовах, тенденциях и факторах, которые с большой долей вероятности будут определять положение дел в глобальной энергетике в течение следующих десятилетий. Мы изучили историческую динамику этих особенностей и пришли к выводу, что к 2050 году они только усилятся, независимо от того, как будет развиваться энергетический рынок. Затем мы рассмотрим главные подрывные факторы неопределенности и оценим их возможное рыночное влияние с учетом их масштабов и последствий для структуры энергетического рынка и бизнес-моделей. Обе группы факторов: как известных, так и факторов неопределенности, помогают рассмотреть меняющуюся картину развития энергетического рынка и наметить пространство для сценариев будущего энергетике до 2050 года.

ИЗВЕСТНЫЕ ФАКТОРЫ: ВЫЗОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА

К числу наиболее значимых движущих сил энергетического рынка относится демографическое и социально-экономическое развитие. В целом рост численности населения стимулирует потребление энергии. Нам нужно больше энергии, чтобы обеспечить всех людей светом и теплом и подпитывать такую экономику, которая сможет адаптироваться к увеличению населения и удовлетворять его растущие материальные потребности. Согласно расчетам, к 2050 году **численность населения планеты** вырастет почти на 40% и достигнет 10 млрд человек². В основном этот рост обеспечат развивающиеся страны Южной и Юго-Восточной Азии и Африки, что вызовет увеличение спроса на

энергию. Почти половина роста численности мирового населения придется на страны Африки³. При этом увеличатся не только объемы потребления, но и его структура. К 2050 году **средний класс** пополнится почти на 3 млрд человек, большинство из которых будут гражданами сегодняшних развивающихся стран, в частности, Китая и Индии⁴. Стремительная **урбанизация** отражает и поддерживает этот растущий и меняющийся спрос: к 2050 году более 66% населения мира будет проживать в городах, при этом увеличение доли городского населения в Азии и Африке составит почти 90%⁵. Мы вступаем в эру гигаполисов, инфраструктура и модели потребления которых увеличивают спрос на **электроэнергию**. Ожидается, что в ближайшие несколько десятилетий электричество станет самым популярным источником энергии. Уровень потребления электроэнергии на душу населения резко возрастет, особенно в Китае, достигнув к 2035 году уровня примерно 8 МВт·ч⁶.

Наряду с огромным ростом численности населения, нас ждет еще более впечатляющий экономический рост: к 2037 году **мировой ВВП** увеличится более чем вдвое, а к 2050 году – более чем в три раза. Однако в связи с переходом развивающихся рынков в стадию зрелости и снижением темпов роста населения трудоспособного возраста в развитых странах к 2050 году ожидается некоторое замедление глобального роста. Мировые центры влияния по-прежнему будут смещаться с развитых рынков на развивающиеся. Китай уже стал крупнейшей экономикой в мире по паритету покупательной способности (ППС); ожидается, что он превзойдет другие страны и по иным показателям. Некоторые новые развивающиеся экономики, например Мексика и Индонезия, по прогнозам, к 2020 году превысят по размеру ряд крупных европейских стран. В число наиболее быстрорастущих крупных экономик к 2050 году могут войти Нигерия и Вьетнам⁷.

Массовая **цифровизация** и четвертая промышленная революция также оказывают огромное влияние на многие отрасли,

² World Bank, Population Estimates and projections (2017)

³ BP Energy Outlook 2017

⁴ HSBC Global Research, Consumer in 2050 (2012)

⁵ UN, World Urbanization Prospects (2014)

⁶ BP Energy Outlook 2017

⁷ PWC, The world in 2050: Will the shift in global economic power continue? (2015)

включая энергетику. Под влиянием цифровых технологий меняются модели потребления как в промышленности, так и в быту – это сказывается на межотраслевых партнерствах и стимулирует более рациональное использование активов⁸. По всей вероятности, благодаря инновациям в производственных процессах, включая внедрение аддитивных технологий, автоматизацию и роботизацию, традиционное производство станет менее энергоемким. Это приведет к изменениям в структуре потребления энергии. Главную роль в ней станут играть компании, которые ранее не входили в число ведущих потребителей. Наглядным примером такой тенденции является Google: мощные центры обработки данных сделали эту компанию одним из крупнейших потребителей энергии в мире⁹.

Существенное влияние на развитие энергетического рынка будет оказывать **геополитическая динамика**. Из-за напряженности во взаимоотношениях и конфликтов усиливается изоляция стран, что создает серьезные трудности для роста в экономической, а следовательно, и энергетической сфере. Растет волатильность рынка, которая приводит к колебаниям цен на нефть. Стабильные геополитические условия, напротив, стимулируют рост рынка энергоносителей за счет обмена технологиями и инновациями, глобального сотрудничества и пр. Сегодняшняя динамика геополитических изменений уже выглядит непросто: конфликты на Ближнем Востоке, напряженность в Европе, санкции против России, Brexit и т. д. Из всего спектра прогнозируемых решений кризиса – от всеобщего мира до новой мировой войны – мы выбрали нечто среднее. По нашему мнению, к 2050 году геополитическая ситуация будет мало отличаться от сегодняшней. Периодически будут возникать локальные очаги напряженности, которые тем не менее не перерастут в серьезные глобальные конфликты. Это сохранит возможность хотя бы минимального регионального сотрудничества для решения глобальных проблем, в частности, в области экологии¹⁰.

Еще одним мощным фактором влияния на рынок является повестка дня в области устойчивого развития. Вопросы устойчивого развития приобрели международное значение с принятием ООН в 2015 году **Целей в области устойчивого развития**. Этот документ служит призывом к совместной работе по искоренению нищеты, защите планеты и обеспечению мира и процветания для всего человечества. В него входят 17 целей, сформулированных с учетом успехов, достигнутых в реализации Целей развития тысячелетия. Все они направлены на устранение экономического неравенства, стимулирование инноваций и ответственного потребления, а также на поддержание мира и справедливости и должны быть достигнуты к 2030 году. Для достижения как минимум половины из этих целей необходимо иметь достаточно энергии. Помимо обеспечения доступа к недорогостоящим и экологически чистым источникам энергии, в повестку дня в области устойчивого развития входит борьба с изменением климата, искоренение нищеты за счет развития в области здравоохранения, образования, водоснабжения и индустриализации, создание достойных условий труда, содействие экономическому росту, а также обеспечение ответственного потребления и производства¹¹. Для реализации Целей в области устойчивого развития необходимы глобальные изменения за пределами энергетического сектора, а именно: передовые технологические решения, инновации, предпринимательство, законодательная поддержка, новые финансовые инструменты и партнерства.

Анализ текущих факторов показывает, что мир кардинально меняется, в связи с чем в энергетическом секторе возникают новые вызовы и возможности. В условиях меняющейся конъюнктуры все источники энергии и технологии потребуются направить на решение трех основных проблем: обеспечение энергетической безопасности, поддержку доступа к недорогой энергии и достижение экологически устойчивого энергоснабжения. Для удовлетворения растущего спроса в странах

8 World Economic Forum, How will the digital revolution transform energy sector (2016)

9 Utility Drive, Is Google becoming an energy company? (2014)

10 The Energy Research Institute of the Russian Academy of Science, Global and Russia Energy Outlook 2016

11 UNDP, UNDP Support to the Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development (2016)

Юго-Восточной Азии и Африки необходимо увеличить поставки энергии. Вместе с тем, учитывая повестку устойчивого развития и изменения в структурах потребления, необходимо пересмотреть структуру и принципы производства энергии в пользу решений, позволяющих не только генерировать больше энергии, но и делать это более экономичными способами с меньшим расходом ресурсов. Каковы важнейшие факторы, которые будут определять реакцию энергетического сектора на этот вызов?

В ПОИСКАХ РЕШЕНИЯ: ФАКТОРЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Сейчас перед энергетическим сектором стоит, возможно, самый сложный вопрос за всю его историю: как одновременно обеспечить энергетическую безопасность, доступ к недорогой энергии и экологически устойчивое энергоснабжение? На наш взгляд, в ближайшие 32 года энергетическая экосистема будет трансформироваться под влиянием четырех основных факторов: изменения моделей потребления, политики в области изменения климата, скорости инновационного и технологического развития и появления благоприятной экосистемы. В зависимости от реализации этих факторов меняются и сценарии будущего развития энергетической отрасли. Ниже мы рассмотрим эти факторы неопределенности и их последствия, на основе которых создаются возможные сценарии развития энергетического рынка.

МОДЕЛИ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Важнейшей отправной точкой являются модели потребления энергии – они помогают нам понять особенности спроса и участия различных потребителей в коллективном формировании энергетической экосистемы 2050 года. Перемены в энергетическом секторе обусловлены не только увеличением благосостояния и ростом потребления на душу населения, но и изменениями в потребительском поведении. Потребители становятся более образованными, демонстрируют более высокий уровень самосознания и чаще действуют на опережение. Они привыкают к широким возможностям выбора, доступным благодаря развитию

цифровых технологий и техническому прогрессу. Кроме того, современные потребители становятся все более ответственными. Они все чаще обращают внимание не только на конечные характеристики продукта или услуги, но и на уровень экологичности и социальной ответственности производителей и поставщиков.

Такие изменения в моделях потребления влияют на облик многих отраслей и приводят к появлению новых нишевых рынков. Сюда относится появление финансовых платформ для краудфандинга и P2P-кредитования как альтернативы традиционному финансированию, переход от традиционных поездок на работу к модели каршеринга или использование сервиса Airbnb вместо гостиниц. Все эти примеры наглядно показывают, как изменения в поведении потребителей разрушают существующие модели и влияют на способы функционирования рынков.

Одна из наиболее заметных тенденций, отражающих изменения в моделях потребления и вызывающих значительные изменения на рынках, заключается в переходе от централизованной к децентрализованной модели. Например, то, каким образом планируется осуществлять авиаперелеты на длинные дистанции – без пересадок или через хабы, – определяет выбор инноваций, используемых в проектировании самолетов и сетевой инфраструктуре. В конечном счете этот выбор реализуется в виде двух различных моделей: веерной структуры с узловыми аэропортами (hub-and-spoke) или прямых перелетов между начальной и конечной точками маршрута (point-to-point). В розничной торговле кто-то предпочитает совершать покупки раз в неделю в крупных торговых центрах, в то время как другие ежедневно ходят за покупками в магазин за углом.

В энергетике эта тенденция перехода от централизованных к децентрализованным системам проявляется в том, что потребители, обладающие большими возможностями, сами решают, каким образом организовать энергообеспечение своих домов и чем управлять свои автомобили. Анализ индивидуальных моделей потребления показывает, что собственники домов в США и Европе стремятся использовать распределенную генерацию энергии. Более того, ответственное и грамотное потребление с использованием цифровых

инструментов и интеллектуального учета может значительно сократить объем индивидуального потребления, особенно когда потребители становятся поставщиками электроэнергии, например, продавая энергию, полученную через собственные солнечные панели. Появление этого нового типа потребителей – «просьюмеров» – породило новые формы взаимодействия, благодаря которым произошел переход от односторонней к более активной двусторонней связи, поддерживаемой распределенными системами контроля и мониторинга. С одной стороны, эта тенденция создает определенные вызовы, а с другой – открывает коммунальным предприятиям, компаниям, работающим в сфере распределенной энергетики, аккумулирующим электростанциям и другим участникам рынка, использующим инновационные технологии, возможность внедрять новые бизнес-модели и получать прибыль.

Децентрализованная энергетика все больше распространяется в продвинутых экономиках и занимает важную позицию в менее развитых странах. Например, в Африке, где около 1,2 млрд человек не имеют доступа к электрическим сетям¹², системы распределенной энергетики являются одним из основных источников электроэнергии, и помогают тем самым стимулировать экономический рост. По оценкам экспертов, в период с 2016 по 2020 годы совокупные среднегодовые темпы роста (CAGR) глобального рынка распределенной генерации энергии составят 11,4%¹³. Такое интенсивное развитие распределенных систем приводит к изменениям в самой энергетической системе. В связи с этим необходимо создать совершенно новую инфраструктуру энергоснабжения, соответствующую меняющемуся спросу новых активных потребителей, которые становятся основными участниками рынка.

Усиление децентрализации в результате развития распределенных энергосистем и увеличения контроля потребителей за использованием электроэнергии способствует формированию систем нового типа – «облака энергии» и Интернета энергии¹⁴. Они объединяют

достоинства централизованной и распределенной систем и обладают рядом особенностей: двунаправленным потоком энергии, общей инфраструктурой с большим количеством пользователей, подключенных к многочисленным сетям типа «многие ко многим», а также сочетанием элементов централизованного и децентрализованного контроля и управления. Доля «просьюмеров» становится все более заметной, а сами они активно участвуют в экономических операциях в сфере энергетики.

При таком распространении децентрализованной системы велика вероятность, что компании, управляющие взаимодействием с потребителями, превратятся в энергетические компании будущего. Один из примеров – компания Google. В последние годы она инвестировала более 1 млрд долларов США в электростанции, работающие на возобновляемых источниках энергии¹⁵, и, судя по всему, готова стать крупным игроком в энергетическом секторе, предоставляя потребителям возможность контролировать использование энергии. Еще один пример – популярный активируемый голосом динамик Echo компании Amazon, который может работать с постоянно растущим количеством приложений или программных функций, связанных с использованием энергии. Функция My Utility позволяет пользователям отслеживать использование энергии и управлять им.

Отдельной, но потенциально влиятельной тенденцией является общая мировая нестабильность, вызванная войнами, стихийными бедствиями из-за изменения климата – все это требует не только распределенных, но и мобильных решений для производства электроэнергии. Хорошо известно, что всплеск интереса к распределенной энергетике в США произошел вскоре после террористического акта 11 сентября, когда люди потеряли доверие к централизованной инфраструктуре.

Напротив, в тех случаях когда правительство и производители пользуются большей властью и определяют специфику отраслевых структур, большой вес имеют

12 OPIC, *Off the grid in Africa: Why distributed power is becoming a key source of electricity* (2016)

13 Global Opportunity Explorer (2016)

14 Navigant, *Energy Cloud White Paper: Emerging opportunities of the Decentralized Grid* (2015)

15 The Guardian, *Google – leading the way on renewable energy* (2013)

централизованные системы. Крупные энергосбытовые компании традиционно играют важную роль в развитии централизованного производства энергии, основанного как на обычных, так и на возобновляемых источниках. Китай продолжает из года в год строить крупные угольные электростанции мощностью в десятки гигаватт, которые, без сомнения, сохранятся до 2050 года. Рассматривая перспективу взаимодействия между странами в этой сфере, следует отметить европейскую инициативу в области электросетевого хозяйства, направленную на создание общей суперсистемы в масштабе Евросоюза, которая в целях обеспечения надежного энергоснабжения должна объединить проекты в области возобновляемых источников энергии в Северной Африке, на Ближнем Востоке и в Европе.

Помимо вышесказанного, на власть потребителя напрямую влияет развитие транспорта. Жители городов все реже покупают собственные автомобили, делая выбор в пользу сервисов, предоставляющих услуги по требованию. Развивается и экономика совместного использования. С развитием инфраструктуры и изменением потребительских предпочтений увеличивается доступность автомобилей, работающих на альтернативном топливе. Для сравнения: в условиях централизованных энергетических систем правительство тратит государственные средства на создание инфраструктуры и реализацию политики, побуждающей людей чаще пользоваться общественным транспортом. Подобная централизация может быть ответом правительства на проблему изменения климата и попыткой улучшить качество жизни.

Примечательно, что все эти примеры и различия находят отражение в структуре рынка. Переход от централизованных моделей к децентрализованным означает, что потребители приобретают больше влияния и заставляют компании меняться вместе с ними. Например, в США, где более распространены децентрализованные энергетические системы и так называемые независимые производители электроэнергии (IPP), функционирование крупных энергосбытовых компаний на втором плане увеличивает фрагментацию и повышает конкуренцию на рынке. Централизованные системы в ЕС находятся в основном

под управлением крупных производителей. Это позволяет сохранить контроль над поставками, а также выше- и нижестоящими участками цепочки создания стоимости. В то же время новые игроки постоянно увеличивают конкурентное давление и заставляют действующих участников рынка пересматривать свои стратегии.

Возрастающая активность потребителей и изменение моделей потребления уже меняют рыночную конъюнктуру и структуру бизнес-модели во многих отраслях, включая энергетику, где они влияют на выбор способов производства и распределения электроэнергии, а также организацию транспортной системы. В рамках данной работы в некоторых сценариях развития энергетического рынка в 2050 году потребители будут обладать большим влиянием и значением, чем энергосбытовые компании или другие участники рынка, в то время как в других сценариях влияние потребителей будет ограничено.

ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Экологические вопросы и изменение климата – одна из немногих областей, в которых отмечается глобальный консенсус. Такие события, как выход США из Парижского соглашения, вносят коррективы в восприятие проблемы изменения климата. Все очевиднее, что в целом борьба с изменением климата становится одним из основополагающих принципов энергетической политики разных стран. Будущее энергетического сектора будет во многом зависеть от того, какие способы решения климатических проблем будут выбраны и насколько удастся реализовать цели в области устойчивого развития в рамках конкретной страны и в мире в целом.

Первые шаги по организации системы **управления глобальным климатом** на международном уровне были сделаны в 1992 году, когда была подписана Рамочная конвенция ООН об изменении климата, с последующим принятием ряда документов по управлению климатом планеты. Знаковым событием стало заключение в 2015 году Парижского соглашения, которое подписали представители 146 стран. Цель соглашения – добиться того, чтобы рост глобальной средней температуры

оказался существенно меньше 2 °С, и попытаться ограничить его в пределах 1,5 °С. Кроме того, соглашение направлено на сокращение выбросов парниковых газов, увеличение использования возобновляемых источников энергии и содействие мероприятиям по улавливанию диоксида углерода. Поскольку на долю энергетического сектора приходится около двух третей глобальных выбросов парниковых газов, преобразования на этом рынке могли бы серьезно повлиять на предотвращение изменения климата. Правительства ряда стран приняли решение разработать свою программу действий в области климата на основе определяемых на национальном уровне вкладов и установить целевые показатели сокращения выбросов к 2030 году. В то же время наблюдается определенное ослабление скоординированных действий в области климата, вызванное решением администрации президента Трампа выйти из Парижского соглашения.

Вопрос о том, как усовершенствовать международную программу действий и сохранится ли возможность согласования дальнейших обязательств и подходов к решению глобальных проблем, остается открытым и может проявиться по-разному в каждом из сценариев. Учитывая различия в исходных позициях стран, в том числе в уровнях развития промышленности и доступа к технологиям и финансовым ресурсам, сложно разработать универсальный подход к сокращению выбросов парниковых газов и универсальное решение проблемы изменения климата. В результате одни страны успешно демонстрируют прогресс в области энергетической безопасности и устойчивости, другие с трудом обеспечивают адекватное решение проблем, связанных с изменением климата, и выполнение обязательств, предусмотренных Конференцией ООН по климату 2015 года (COP21).

Таким образом, национальная политика государств – это поиск компромисса между быстрым экономическим ростом и построением экологически-ориентированной экономики. В то время как многие развитые страны ускоренно двигаются к низкоуглеродному, ресурсоэффективному и социально-инклюзивному

«зеленому будущему», большинство развивающихся рынков только проходят этап быстрой индустриализации, для которого характерна существенная потребность в энергоснабжении. В результате менее развитые страны стоят перед серьезной дилеммой: либо сохранять чистоту окружающей среды в ущерб экономическому росту и развитию, либо добиваться экономического роста и развития, жертвуя экологией в пользу индустриализации.

Также стоит отметить, что во всем мире постепенно снижается взаимосвязь между показателем ВВП и уровнем эмиссии парниковых газов. Как показали недавние наблюдения, выбросы парниковых газов в 2014 и 2015 годах оставались неизменными, в то время как ВВП продолжал расти. К примеру, Великобритания уже шесть лет демонстрирует сокращение выбросов CO₂ при росте реального ВВП¹⁶.

После того как предотвращение климатических изменений становится частью государственной политики, перед правительством возникает следующие задачи: разработать и внедрить действенные стимулирующие меры, в которые входит диверсификация финансовых инструментов, меры по повышению осведомленности и подготовке кадрового потенциала. Что касается возможных мер реагирования на изменение климата, страны могут избрать стратегию **смягчения последствий вредоносного воздействия или стратегию адаптации либо оба этих варианта**. Смягчение последствий – это превентивная стратегия, направленная на снижение и стабилизацию уровней парниковых газов в атмосфере с целью замедлить изменение климата. Она включает повышение эффективности поставок и распределения, а также распространение в разных странах рыночных механизмов снижения выбросов углекислого газа, которые подразумевают переход с угля на газ и низкоуглеродные энергетические ресурсы – ядерное топливо и возобновляемые источники энергии. В дополнение к этому происходит внедрение низкоуглеродных технологий и энергоэффективных решений. Все больше электростанций, работающих на ископаемом топливе, оснащаются системами улавливания и хранения

16 World Resource Institute, The Roads to Decoupling: 21 Countries Are Reducing Carbon Emissions While Growing GDP (2016)

углерода. Еще одним способом смягчения последствий изменения климата может быть создание поглотителей углерода – лесов и зарослей водорослей.

Стратегия адаптации же направлена на повышение устойчивости энергетической системы в целом и снижение ее уязвимости перед фактическими и ожидаемыми последствиями изменения климата, включая экстремальные погодные явления, дефицит воды и аномальные сезонные температуры. К числу адаптивных методов относятся внедрение более совершенных технологий, повышающих эффективность использования энергии и воды в энергетических процессах (включая защиту прибрежной и пойменной инфраструктуры от подтопления и повышения уровня моря), использование систем охлаждения на тепловых электростанциях, микросетей, распределенной генерации и т. д.

Будущее энергетики будет зависеть от дальнейшего развития международных принципов взаимодействия в этой сфере, мер реагирования на изменение климата и эффективности экологической политики, позволяющей странам перейти к экологически чистой энергетике и более устойчивому с экологической точки зрения будущему. Разнообразное сочетание этих факторов в каждом из сценариев создает различные условия для развития рынка.

ИННОВАЦИИ И РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ

Одним из факторов, способствующих изменению существующего положения, является развитие **технологий в области энергетики**, определяющих способы производства, распределения и потребления энергии. Учитывая большую длительность циклов инноваций и модернизации в энергетике, мы полагаем, что только существующие сегодня технологии удастся реализовать в промышленных масштабах к 2050 году. С повышением эффективности затрат в ближайшие несколько десятилетий может ускориться продвижение и внедрение разнообразных низкоуглеродных энергетических технологий, что значительно повлияет на развитие энергетических систем. Наиболее важной тенденцией в данной

области является снижение под влиянием кривой освоения показателя LCOE (нормированной стоимости электроэнергии) для технологий использования возобновляемых источников энергии и хранения электроэнергии. Снижение затрат на оборудование и повышение эффективности стимулируют использование новых технологий, расширяя масштаб их внедрения и увеличивая их конкурентоспособность на рынках. При этом появление новых производителей, внедряющих новые технологии, усиливает рыночную конкуренцию, что еще больше снижает стоимость технологий. Такое сочетание ведет к снижению стоимости энергии из возобновляемых источников, что делает ее конкурентоспособной по сравнению с традиционными технологиями

Сейчас эти изменения наиболее заметны в генерирующем секторе, где резкое снижение стоимости энергии, получаемой с помощью **солнечных** фотогальванических батарей и в меньшей степени **ветроэнергетических** установок стимулировало активный приток инвестиций в проекты, связанные с возобновляемыми источниками энергии. За последние 15 лет нормированная стоимость солнечной энергии сократилась на 57%, а в дальнейшем может снизиться еще на 59%. Энергия ветра, получаемая с помощью генераторов на суше и в прибрежной полосе, подешевела на 12 и 15% соответственно; возможно дальнейшее снижение ее стоимости к 2025 году на 26 и 35%¹⁷. В целом практически по всем сценариям наблюдается похожий вектор развития. Производство ветровой и солнечной энергии для местного и промышленного использования до 2050 года будет увеличиваться, удовлетворяя значительную часть растущего спроса.

Одним из основных источников энергии останется **газ**. В связи с постепенным переходом мирового сообщества на более чистые виды носителей мы прогнозируем рост потребления этого энергоносителя. Кроме этого, газ будет оставаться ключевым первичным энергоресурсом благодаря технологии добычи сланцевого газа, доказавшей свою коммерческую и промышленную эффективность. Прежде всего это касается Северной Америки, где

17 IRENA, The Power to Change: Solar and Wind cost reduction potential to 2025 (2016)

отмечается бурное развитие этой технологии. Уже к 2014 году добыча **сланцевого газа** вместе с газом из нетрадиционных источников достигла 10% от общего объема добычи газа в мире, создав конкуренцию рынкам природного газа¹⁸.

В связи с ужесточением нормативов по выбросам рост потребления **нефти** будет умеренным. Эксперты высказывают разные мнения о том, когда будет достигнут пиковый спрос на нефть. По мнению специалистов Royal Dutch Shell и Statoil, например, этот момент наступит в конце 2020–2030 годов, тогда как Международное энергетическое агентство (МЭА) прогнозирует увеличение спроса на нефть до 2040 года¹⁹. В любом случае этот рост будет сдерживаться за счет развития альтернативных видов транспортного топлива, таких как **газ и биотопливо**, на фоне принятия предельных нормативов по выбросам, диверсификации транспорта, более активного использования электромобилей и строительства соответствующей инфраструктуры. Среди топлива для грузового автотранспорта и судов, где единственным экономически эффективным вариантом традиционно считались нефтепродукты, отмечается увеличение роли **метанола**. В качестве еще одного варианта альтернативного топлива все чаще стал рассматриваться **водород**, однако для того чтобы сделать его экономически конкурентоспособным и пригодным для практического применения, необходимо решить множество технических, социальных и инфраструктурных вопросов.

Судя по всему, медленнее всего в период до 2050 года будет развиваться экологически чистая технология сжигания угля. Несмотря на относительно большие запасы угля, общество, по-видимому, согласно, что дальнейшее развитие этой технологии экономически и экологически нецелесообразно. Поэтому роль угля в большинстве регионов будет снижаться. По данным МЭА, спрос на уголь уже снизился впервые за столетие в 2015 году и, как ожидается, вновь достигнет уровня 2014 года не ранее, чем в 2021 году. Глобальный рынок угля смещается в сторону менее развитых

регионов Азии и Южной Африки, где уголь будет оставаться преобладающим видом топлива в структуре энергетики, с ожидаемым дальнейшим увеличением спроса на него в ближайшие десятилетия.

В связи с экологическими соображениями новые угольные проекты привлекают все меньше инвестиций. Во многих регионах на существующих предприятиях внедряются **технологии улавливания и хранения углерода (УХУ)**. Учитывая, что данные технологии позволяют эффективно сократить уровень выбросов углекислого газа, в некоторых европейских странах, в Северной Америке и в других регионах уже реализуются инициативы по поддержке распространения УХУ. Тем не менее здесь остается ряд проблем, включая неопределенность с ценами и отсутствие транспортной сети для перемещения улавливаемого диоксида углерода. Для того чтобы это направление могло получить более широкое развитие, потребуются инвестиции, инфраструктура и разработка механизмов регулирования.

Несмотря на наличие огромного нереализованного потенциала в области **гидроэнергетики**, маловероятно, что в ближайшие десятилетия будет построено множество новых гидроэлектростанций. Даже при отсутствии значительных выбросов углекислого газа, крупные гидроэлектростанции зачастую оказывают существенное влияние на окружающую среду. К неблагоприятным последствиям, связанным с их эксплуатацией, относятся: затопление сельскохозяйственных земель, вынужденное переселение людей и нанесение ущерба дикой природе. Это ограничивает дальнейшее развитие гидроэнергетики. Помимо экологических недостатков, крупные гидроэнергетические системы требуют масштабных капиталовложений и длительного строительства и отличаются огромной зависимостью от сезонных факторов, что делает их еще и экономически невыгодными. В то же время использование небольших гидротурбин набирает популярность. Эта нишевая технология обладает значительным потенциалом и способна существенно повлиять на ситуацию на

¹⁸ World Energy Council, World Energy Resources (2016)

¹⁹ Financial Times, Big energy fears peak oil demand is looming (2017)

ТРИ ПЕРЕЛОМНЫХ МОМЕНТА

Недавно ЕУ опубликовала исследование, посвященное ключевым переломным моментам, которые окажут серьезное влияние на энергетический сектор в ближайшем будущем. Исследователи сравнили три вида затрат в пересчете на мегаватт-час: стоимость передачи и распределения электроэнергии, общую стоимость поставки электроэнергии и нормированную стоимость электроэнергии, получаемой путем комбинированной системы из солнечных фотогальванических элементов с батареями. Полученные результаты впечатляют:

- Переломный момент 1, когда внесетевая электроэнергия сравняется по стоимости и производительности с электроэнергией, поступающей из централизованной сети, – будет достигнут в странах Океании уже в 2021 году.
- Переломный момент 2, когда будет достигнут паритет по цене и техническим характеристикам между электромобилями и автомобилями, работающими на двигателях внутреннего сгорания, – наступит после 2025 года в разных странах мира.
- Переломный момент 3, когда стоимость передачи электроэнергии превысит стоимость ее производства и хранения на месте, – впервые наступит на северо-востоке США в 2039 году.

Данное исследование проводилось на базе девяти технологически развитых регионов мира, расположенных в условиях умеренного климата. Региональные особенности, безусловно, имеют большое значение, поскольку такие аспекты, как демография (концентрация населения в крупных городах требует центрального энергоснабжения), климат (северные регионы получают мало солнечной энергии зимой) и история развития местной энергетики существенно влияют на характер энергетического перехода. Нельзя не учитывать и экономическую направленность (в частности, промышленная экономика более ориентирована на использование больших объемов дешевой энергии, поставляемой централизованным способом, чем экономика сферы услуг). Наконец, доступ к недорогим конкурентоспособным источникам ископаемого топлива вряд ли будет стимулировать переход на возобновляемые источники энергии. Одна из главных неизвестных – скорость распространения инноваций: на одних рынках переход к новым технологиям происходит быстро и безболезненно, на других требуется больше времени и усилий. Ясно одно: вопрос уже не столько в том, нужен этот переход или нет, сколько в том, когда и как он произойдет.

местном уровне, особенно в условиях развивающихся рынков.

Единственным безуглеродным источником энергоснабжения, используемым для покрытия базисной нагрузки, остается **ядерная энергетика**. Низкая доля стоимости топлива в затратах на производство электроэнергии обеспечивает ее предсказуемость в долгосрочной перспективе. Ситуация с безопасностью, длительностью циклов строительства и необходимостью крупных капиталовложений постоянно улучшается. Как ожидается, в ближайшие два десятилетия будут запущены в серийное производство малые модульные реакторы мощностью до 100 МВт и реакторы нового поколения, способные использовать

отработанное топливо, накопленное в процессе эксплуатации реакторов предыдущих поколений. Сочетание этих двух типов реакторов создает условия для распространения небольших атомных электростанций, производящих недорогую электроэнергию без выбросов углекислого газа.

К числу других критически важных технологий относятся **накопление энергии и эффективное управление передачей и распределением энергии («умные сети»)**. Задачи, решаемые в этих областях, должны обеспечить возможность включения в сеть источников энергии периодического действия, в частности, использующих энергию ветра и солнца. Более того, по оценкам экспертов, рынок

микросетей, который также открывает путь для более широкого использования возобновляемых источников энергии и распределенной энергетики, к 2022 году достигнет отметки в 38,9 млрд долларов США, при этом среднегодовой темп роста в сложных процентах за тот же период составит 12,35%²⁰.

При этом развитие технологий само по себе не окажет такого же воздействия на энергетические системы, как **конвергенция** с другими технологиями. Например, внедрение цифровых технологий позволяет использовать такие решения в сфере передачи электроэнергии и управления ею, которые ранее не были доступны, и открывает различные возможности на протяжении всей цепочки создания стоимости в электроэнергетике – от производства электроэнергии до управления взаимоотношениями с клиентами. Использование интеллектуальных счетчиков, систем управления энергопотреблением, автоматизированного реагирования на спрос или микросетей будет определять особенности функционирования рынка и энергетической системы. От развития систем хранения энергии будет зависеть степень автономии потребителей по отношению к энергосистеме. В свою очередь, Интернет вещей и умные дома могут изменить образ жизни потребителей и, следовательно, спрос на электроэнергию и энергоэффективность. Развитие технологий создает условия для изменений, способствующих преобразованию различных отраслей. Например, в интеллектуальных транспортных системах используются сенсорные датчики, выполняется оптимизация маршрутов и появляется возможность уменьшить потребление энергии. По мере развития технологий снижается их стоимость, а значит, повышается их доступность и распространенность. **Электромобили** уже стали реальностью. В 2016 году их общее количество превысило 2 млн²¹. Как ожидается, это число будет расти и дальше, что существенно изменит спрос на энергию в транспортном секторе.

Еще одним важным направлением с огромным потенциалом для повышения

энергоэффективности является использование **материалов нового поколения**. В частности, сюда входит использование легких конструкционных материалов вместо тяжелых стальных компонентов в производстве автомобилей. Это позволяет оснастить автомобили дополнительными системами контроля выбросов, электронным и иным оборудованием (что особенно важно в гибридных и электрических моделях, а также гибридных моделях с подзарядкой от электросети), таким образом добившись сокращения затрат и максимальной энергоэффективности.

Инновации и темпы развития, внедрения и наращивания масштабов применения цифровых и энергетических технологий влияют на то, каким будет мировой энергетический рынок в 2050 году. Кроме того, они провоцируют кардинальные изменения в странах с формирующейся рыночной экономикой и ускоряют их экономический рост, позволяя отказаться от старых технологий и переключиться на современные.

В данной работе мы исходим из того, что в рамках некоторых сценариев энергетические рынки могут демонстрировать высокие темпы инновационных преобразований, внедрения технологий и конвергенции с другими решениями, тогда как по другим сценариям развитие может происходить в большей степени за счет модернизации энергетических технологий и самой энергетической системы. Существующие различия будут зависеть от особенностей регулирования и вспомогательных механизмов, а также от заинтересованности потребителей в более широком использовании новых энергетических технологий и инноваций. Кроме этого, на темпы внедрения инноваций и технологий в рамках различных сценариев повлияет относительная конкурентоспособность возобновляемых источников энергии по сравнению с ископаемыми видами топлива и ядерной энергией с учетом технологических особенностей и затрат, а также доступность инвестиций и открытость экономики, от которых будет зависеть передача инноваций и технологий.

²⁰ Global Opportunity Explorer, Discover opportunities at the edge (2017)

²¹ IEA, Global EV Outlook 2017: Two million and counting (2017)

БЛАГОПРИЯТНАЯ СРЕДА: УПРАВЛЕНИЕ, ФИНАНСЫ, ОБЩЕСТВЕННОЕ МНЕНИЕ

Для реализации политики в области энергетики решающее значение имеет наличие благоприятных условий, которые способствуют энергетической безопасности, доступности и устойчивости.

Значительную роль в изменении рынка сыграет эффективное управление. Весомый вклад, связанный с инвестированием в низкоуглеродные проекты и привлечением частного капитала, вносят такие межправительственные организации, как Всемирный банк, ЕИБ, ЕБРР, Азиатский банк развития и другие. Их усилия унифицируют и координируют национальную политику разных стран, облегчая переход к экологически устойчивому низкоуглеродному энергетическому рынку. В свою очередь, такие отраслевые институты, как IRENA, МАГАТЭ, МИРЭС и МЭА, как правило, служат основной платформой для международного сотрудничества, центрами передового опыта, а также источником нормативных, технологических и финансовых знаний, связанных с развитием энергетики. Значимыми участниками процесса также выступают НПО, которые помогают повысить осведомленность о проблемах устойчивой энергетики в обществе и бизнесе и сблизить интересы различных заинтересованных сторон. Развитие таких институтов, несомненно, создает прочную основу для изменения принципов управления на энергетическом рынке.

Еще одной важной движущей силой является финансирование. Наличие доступа к **недорогим финансовым ресурсам** – необходимое предварительное условие для модернизации энергетического рынка и устойчивого развития. По имеющимся оценкам, для выполнения обязательств по климату объем ежегодных инвестиций в чистую энергетику должен достичь к 2020 году 500 млрд долларов США, а к 2030 году приблизиться к 900 млрд долларов США. Это подразумевает удвоение или даже утроение текущего финансирования в ближайшие 5–10 лет²². Уровень капиталовложений,

необходимых для реализации Целей в области устойчивого развития, еще выше. В данном случае требуемый общий годовой объем инвестиций превышает 3,9 трлн долларов США, притом что в настоящее время дефицит капиталовложений составляет 2,5 трлн долларов США²³.

Чтобы достичь прогресса в выполнении этих обязательств, потребуется значительно расширить возможности существующих источников и имеющихся механизмов. В соответствии с Рамочной конвенцией ООН был создан **Зеленый климатический фонд**, цель которого – помогать развивающимся странам адаптироваться к изменениям климата или смягчать их последствия. По итогам Конференции ООН по климату 2015 года развитые страны взяли на себя обязательство до 2020 года ежегодно собирать из различных источников по 100 млрд долларов США на финансирование климатических программ, реализуемых в развивающихся странах. Во время первого этапа собрано уже более 10 млрд долларов США, из которых 50% планируется направить в наиболее уязвимые страны²⁴. Однако вопрос о том, насколько справедливо будут распределяться эти средства и превратятся ли они в эффективные финансовые инструменты, остается открытым.

Появляются и другие инструменты. Один из них – **рынок «зеленых» облигаций**, играющий важную роль в процессе перехода к низкоуглеродной экономике. Стоимость климатических облигаций, включающих маркированные «зеленые» облигации и немаркированные климатические облигации по состоянию на 2016 год составляла 964 млрд долларов США (118 и 576 млрд долларов США соответственно); в настоящее время она продолжает увеличиваться²⁵. В структуре доходов, используемых для реализации энергетических проектов, около 19% приходится на рынок климатических облигаций и около 28% – на рынок маркированных облигаций.

Еще одним источником средств являются институциональные инвесторы – пенсионные фонды, страховые компании, суверенные

22 IRENA, *Unlocking Renewable Energy Investment* (2016)

23 OECD, *The Development Co-operation Report 2016: The Sustainable Development Goals and Business Opportunities*

24 Green Climate Fund, *From Signatures to Action – GCF Funding Proposals Need to Meet the Ambition of the Paris Agreement* (2016)

25 Climate Bond Initiative, HSBC, *Bond and Climate Change: The state of the Market in 2016*

фонды и т. п. Располагая активами в размере 71 трлн долларов США, эти институты должны играть важную роль в финансировании проектов экологически чистой энергетики. Другими перспективными источниками финансирования остаются частные инвесторы. Недавно появился новый тип инвестиционной стратегии – так называемое **социально-ответственное воздействие**. Инвесторы этого направления учитывают критерии в области экологии, социальной сферы и корпоративного управления с целью получения долгосрочной конкурентоспособной прибыли и позитивного воздействия на общество. Совокупный годовой объем инвестиций в области социально-ответственного воздействия достигает 20 трлн долларов США, демонстрируя двузначный рост в большинстве подкатегорий. Это очень многообещающий и потенциально значимый источник финансирования проектов, связанных с развитием зеленой энергетики. От того, будут ли заинтересованным сторонам доступны эти финансовые механизмы, будет зависеть развитие энергетических рынков.

Помимо прочего, многое в отрасли зависит от уровня **общественной осведомленности**. Если в США, Канаде, Европе и Японии о проблеме изменения климата знают свыше 90% населения, то во многих развивающихся странах этот показатель существенно ниже²⁶. К 2050 году ситуация может измениться в лучшую сторону благодаря повышению уровня грамотности, доступности информации и мерам, предпринимаемым бизнес-сообществом в рамках просвещения потребителей. Правительственные инициативы по разработке сертификатов происхождения, продвижению стандартов минимальной энергоэффективности и маркировке энергоэффективности электроприборов, транспортных средств и зданий заставят производителей заменить многие продукты более эффективными, а также помогут убедить население в целом вести более экологически ответственный образ жизни. В качестве примера можно назвать инструмент «Гарантия происхождения», разработанный в Европе для маркировки электричества из возобновляемых источников. В 2016 году

среди всех европейских стран этот инструмент наиболее активно использовался в Германии, Швейцарии, Швеции и Нидерландах.

Будущее энергетических рынков будет зависеть от того, насколько согласованным будет развитие всех

основных движущих сил: управления, финансовых инструментов и общественной осведомленности. В данной работе мы будем исходить из того, что в рамках некоторых сценариев формирование благоприятной среды будет происходить ровным и взаимосвязанным образом, создавая прозрачные и понятные механизмы поддержки заинтересованных сторон и способствуя эффективной реализации политики. В противоположной ситуации рынок будет недостаточно структурирован и взаимосвязан, что создаст препятствия для реализации политики и развития рынка.

²⁶ Yale School of Forestry & Environmental Studies, Climate Change Communication Program, Survey: Climate Change Awareness and Concerns (2015)



Формирование будущего энергетики



Все описанные в предыдущей части прогнозируемые тренды и ключевые факторы неопределенности оказывают огромное воздействие на рынок и в конечном счете определяют, каким будет энергетический сектор в 2050 году. От степени развития факторов неопределенности будет зависеть ландшафт, в котором проявятся те или иные вариации возможного будущего.

Мы считаем, что из всех описанных движущих сил наибольшее воздействие окажут потребители и изменение их ожиданий не только от конечных продуктов и услуг, но и эксклюзивного опыта. Потребители, обладающие большей рыночной властью, порождают значительные изменения в существующих рынках и бизнес-моделях. При этом мы осознаем, что к действительно серьезным сдвигам приведут только те потребительские решения и ожидания, которые будут подкреплены экономически выгодными техническими и инновационными решениями. Соответственно, в

этом сценарии мы рассматриваем темпы инноваций и развития технологий, а также степень конвергенции с другими технологиями как один из определяющих факторов для будущего энергетики.

В вопросах климатической политики и благоприятной среды мы исходим из того, что возможные варианты будущего будут зависеть от степени прозрачности и эффективности этой политики, а также от ее согласованности с международными климатическими программами. Наличие эффективных и согласованных движущих сил, поддерживающих внедрение и укрепление такой политики, сделает возможным продвижение к низкоуглеродной экономике и экологически устойчивому будущему. Ниже представлена матрица сценариев, составленных на основе комбинаций этих факторов. В ней описаны четыре сценария, названных в честь знаменитых фантастических фильмов, и возможные варианты развития энергетики до 2050 года.

ТАБЛИЦА 1. ОБЗОР ФАКТОРОВ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЫНОК

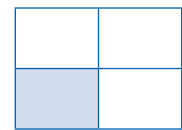
Фактор неопределенности	Варианты
Модели потребления	Широкие/ограниченные возможности потребителей
	Централизованная/децентрализованная система
Инновации и развитие технологий	Быстрый/медленный темп инноваций и развития технологий
	Высокий/низкий уровень конвергенции
	Конкурентоспособность технологий и затрат в области возобновляемой энергии относительно ископаемого топлива и ядерной энергии
Экологическая политика	Высокая/низкая эффективность международных систем
	Сильное/слабое законодательство
	Смягчение воздействия/адаптация
Благоприятная среда	Сильное/слабое управление
	Распространенные и достаточные/нераспространенные и недостаточные финансовые инструменты
	Высокий/низкий уровень общественной осведомленности

ТАБЛИЦА 2. МАТРИЦА СЦЕНАРИЕВ

<p>Инновации и развитие технологий: высокий темп</p>	<p>«Бегущий по лезвию» Власть потребителей стремительно возрастает на фоне доступности разнообразных инновационных технологических решений. Высокая скорость инновационных преобразований, цифровизация и конвергенция технологий в конечном счете приводят к коммодитизации энергии и открывают возможности для новых участников рынка, которые расшатывают устоявшиеся бизнес-модели и нарушают равновесие всей энергетической экосистемы в целом. В то же время из-за отсутствия скоординированной государственной политики борьбы с изменением климата не удается решать более фундаментальные вопросы, связанные со сдвигами в структуре генерации, и поддерживать широкомасштабное развитие безуглеродных источников энергии. В результате нас ждет технологически развитый мир с плохими климатическими условиями.</p>	<p>«Интерстеллар» Скорость развития инновационных технологий соответствует растущей способности стран вкладывать средства в реальные проекты, направленные на борьбу за чистую экологию. Эти проекты реализуются под прозрачным и эффективным управлением развитых финансовых институтов. Соответствие между инновационным развитием и проводимой политикой в конечном счете приводит к переходу глобальной энергетики на новый уровень эффективности и экологичности. В большинстве регионов мира преобладают децентрализованные рынки энергии, возобновляемые источники энергии получают небывалое развитие, а проблемы, связанные с их использованием (например, недопустимо высокая стоимость хранения энергии), давно решены.</p>
<p>Инновации и развитие технологий: низкий темп</p>	<p>«Послезавтра» Отсутствие эффективной и скоординированной на международном уровне экологической политики, низкая скорость инновационных преобразований и слабое распространение новых технологий способствуют сохранению в отрасли текущего положения вещей. Доминирующее положение в отрасли занимают крупные игроки, во многих случаях – управляемые из единого центра национальные компании. Масштаб одновременно обеспечивает рыночное превосходство компаний, создает серьезные препятствия для появления новых участников и существенно ограничивает рыночную власть потребителей. Сохраняется преимущественная зависимость энергетики от ископаемого топлива и дефицит энергии, обусловленный геополитическим делением. Это ограничивает экономический рост и становится предпосылкой для социального или военного конфликта. При этом последствия, вызывающие изменение климата, неуклонно ухудшаются.</p>	<p>«Звездные войны» В то время как более богатые страны демонстрируют прогресс в борьбе с изменением климата, менее развитые государства и страны с переходной экономикой стоят перед непростым выбором: соблюдать свои международные обязательства или обеспечивать локальный экономический рост. Инновационные разработки недостаточно распространены, поэтому многие предприятия не имеют доступа к низкоуглеродным технологиям, а ведущие финансовые институты не готовы вкладывать средства в их продвижение. Все больше развивающихся стран отказываются от своих обязательств по борьбе с изменениями климата. Мир разделен на две части: богатые страны используют преимущественно возобновляемые источники энергии с децентрализованными энергосистемами, а развивающиеся страны получают энергию из ископаемых видов топлива и от атомных электростанций.</p>
	<p>Слабая политика в области изменения климата</p>	<p>Сильная политика в области изменения климата</p>

СЦЕНАРИЙ 1. «ПОСЛЕЗАВТРА»

Отсутствие эффективной и скоординированной на международном уровне экологической политики, низкая скорость инновационных преобразований и слабое распространение новых технологий способствуют сохранению в отрасли текущего положения вещей.



Доминирующее положение в отрасли занимают крупные игроки, во многих случаях – управляемые из единого центра национальные компании. Масштаб одновременно обеспечивает рыночное превосходство компаний, создает серьезные препятствия для появления новых участников и существенно ограничивает рыночную власть потребителей. Сохраняется преимущественная зависимость энергетики от ископаемого топлива и дефицит энергии, обусловленный геополитическим делением. Это ограничивает экономический рост и становится предпосылкой для социального или военного конфликта. При этом последствия, вызывающие изменение климата, неуклонно ухудшаются.

Этот сценарий назван в честь знаменитого научно-фантастического апокалиптического фильма, рассказывающего о катастрофических климатических последствиях смещения Северо-Атлантического течения, вызвавшего ряд экстремальных погодных явлений – то есть как раз о том, что может произойти, если климатическим изменениям не будет уделяться должного внимания, а вовлеченные стороны не будут внедрять инновации, угрожающие их статус-кво.

Это мир с предсказуемой энергетической системой и традиционными бизнес-моделями. Влияние потребителей крайне ограничено, а высококонцентрированным рынком правят несколько крупных игроков, контролирующих все звенья цепочки создания ценности.

Международные климатические соглашения действуют лишь на уровне концепции, но они так и не были преобразованы в осуществимые и подотчетные процедуры. Государства на словах поддерживают климатические меры, но их политика сосредоточена на энергетической безопасности и эффективности. Договоренность о снижении роста глобальной средней температуры меньше 2 °С давно забыта.

Энергетические предприятия стремятся поддерживать и расширять срок службы существующих мощностей вместо того, чтобы вкладывать средства в новые технологии и пытаться решать экологические проблемы. В целом технологическое развитие замедлилось. Присутствуют только поступательные инновации, направленные на повышение экономической эффективности и срока службы систем выработки и передачи электроэнергии. Несмотря на это, технологии энергосбережения не достигли достаточной зрелости и распространения, поэтому общий уровень энергопотребления остается высоким. Малая энергетика, аккумуляция энергии, «умные» сети и т. д. остаются второстепенными вопросами в повестке дня в области исследований и разработок и не реализуются в промышленном масштабе.

На рынке преобладает централизованное крупномасштабное производство электроэнергии с крупными сетями электроснабжения. Структура энергопотребления отражает рыночные тенденции и в значительной степени опирается на ископаемые виды топлива. В глобальной структуре энергопотребления по-прежнему доминирует уголь, за которым следуют природный газ и крупные прибрежные

ветряные и солнечные электростанции – три самых дешевых источника электроэнергии и самых быстрорастущих сектора. Гидроэнергия и ядерная энергия остаются единственным источником безуглеродной базисной электроэнергии и сохраняют свою долю в структуре энергопотребления в основном за счет промышленно развивающихся стран. В некоторых областях Европы и Юго-Восточной Азии происходит развитие макрорегиональных сетей, направленное на обеспечение беспрецедентного уровня взаимосвязанности и надежности энергоснабжения. В транспортном секторе преобладают нефтяные виды топлива, тогда как электромобили, так и не получившие достаточного распространения, остаются нишевым продуктом для защитников окружающей среды. Сильная зависимость от ископаемых энергоресурсов время от времени заставляет международное сообщество возвращаться к вопросу о пике добычи нефти, что приводит к хаотической волатильности цен на нефть и нестабильности целых отраслевых секторов.

«Зеленое» финансирование упало с пика, достигнутого в 2020 году, из-за отсутствия согласованных международных и национальных стандартов. Традиционные финансовые инструменты работают по привычной схеме, однако общего потенциала финансирования не хватает для удовлетворения глобального спроса на энергетическую инфраструктуру.

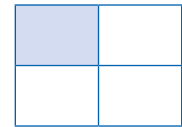
Нехватка новых финансовых инструментов и источников финансирования подрывают развитие энергетической инфраструктуры в менее развитых частях мира – у миллиардов людей по-прежнему нет доступа к электричеству.

Из-за недостаточной эффективности местных программ и отсутствия адекватных стимулирующих мер, общего эффекта от экологической политики не хватает для выполнения договоренностей о климатических изменениях, а любые мелкие сдвиги достигаются преимущественно благодаря модернизации энергосистем и повышению энергоэффективности. Глобальное потепление, загрязнение воздуха, разрушенный озоновый слой и ужасающая солнечная радиация – характеризуют этот сценарий. Стратегия в отношении климатических изменений постепенно сменила курс от смягчения воздействия к адаптационному подходу, направленному на повышение устойчивости критически важных инфраструктур к последствиям климатических изменений, экстремальным погодным условиям и природным бедствиям. Растет недовольство в обществе: повсюду проходят экологические протесты, общественные «зеленые» организации радикализируются и вступают в конфликт против энергокомпаний и загрязняющих отраслей – тем не менее ни одна политическая партия до сих пор не сумела преобразовать общественные ожидания в жизнеспособную политику.



СЦЕНАРИЙ 2. «БЕГУЩИЙ ПО ЛЕЗВИЮ»

Власть потребителей стремительно возрастает на фоне доступности разнообразных инновационных технологических решений. Высокая скорость инновационных преобразований, цифровизация и конвергенция технологий в конечном счете приводят к коммодитизации энергии и открывают возможности для новых участников рынка, которые расшатывают устоявшиеся бизнес-модели и нарушают равновесие всей энергетической экосистемы в целом. В то же время из-за отсутствия скоординированной государственной политики борьбы с изменением климата не удастся решать более фундаментальные вопросы, связанные со сдвигами в структуре генерации, и поддерживать широкомасштабное развитие безуглеродных источников энергии. В результате нас ждет технологически развитый мир с плохими климатическими условиями.



Фильм «Бегущий по лезвию», снятый в 1982 году, часто называют лучшим фантастическим фильмом в истории. Он посвящен климатическим изменениям: Земля потрясена разрушительными температурными сдвигами и подъемом уровня моря, погрузившим часть Лос-Анджелеса в Тихий океан. В городе постоянно идет дождь. Мир характеризуется высокими темпами инноваций, развитием технологий и цифровизацией – все это постоянно трансформирует энергетический ландшафт.

Развивается робототехника и воздушный транспорт. Конвергенция технологий, цифровизация и удешевление возобновляемых энергоресурсов подтолкнули рынок к клиентоцентричному и децентрализованному полюсу.

Потребительский опыт был существенно переосмыслен. Энергетика стала развитой сферой услуг – примерно как телекоммуникации в далеких 2020-х. Клиентский выбор главным образом диктуется технологиями: потребители ищут новейшие продукты и услуги, заменяют свои устройства на новейшие модели, как только те появляются на рынке. Циркулярная экономика и поддерживающее ее финансирование снизили для потребителей стоимость обновлений и переходов на новые модели. Сформировалось развитое

информационное общество, а потому потребители могут делать полностью сознательный выбор. Более того, теперь потребители активно участвуют в рыночной деятельности и берут на себя больше ответственности не только за потребление, но и за производство энергии: феномен «просьюмера» давно доказал свою состоятельность в качестве бизнес-модели на разных рынках.

Регионы свободно обмениваются технологиями и финансами, в результате развивающиеся рынки совершают скачкообразные переходы на новые этапы развития благодаря внедрению новейших технологий. Развитие сферы энергоснабжения позволило значительно снизить энергозатраты и предоставить каждому доступ к энергии, что положительно влияет на мировой экономический рост.

Теперь энергия есть у всех, но отрасль пришла к этому только после кардинальных трансформаций и серьезных потерь. В отрасли доминируют многочисленные мелкие игроки, а также новые участники из других отраслей: Google, Apple, IBM и их азиатские коллеги – Huawei, Lenovo, Alibaba и Softbank. Микрогенераторы, умные электросети, системы аккумуляторных батарей и другие технологии открыли дорогу для заполонивших рынок

инновационных компаний. Ускоренное обучение и распространение малозатратных предприятий привело к коммодитизации технологий выработки энергии и обвалило доходность производителей. GE и Siemens выживают только за счет постоянных поглощений технологических стартапов и вывода производств на дешевые рынки.

Тем не менее технологическая революция практически не изменила структуру энергопотребления. В то время как на смену угля пришел природный газ, доля возобновляемых источников не растет настолько существенно, чтобы повысить их экономическую эффективность. Децентрализация и технологический прогресс стимулируют развитие малых

ядерных реакторов, которые остаются редким, нишевым явлением.

Однако, ускорение инноваций не привело к решению климатических проблем. Государства пытаются угнаться за трансформирующимися рынками и проводить эффективную политику, но неизменно отстают, а их меры не оказывают значительного влияния. При недостатке или отсутствии скоординированной государственной поддержки ключевые инновации не касаются решения проблем, вызванных изменением климата. И хотя это сценарий не так катастрофичен, как предыдущий, он так же неспособен в полной мере решить проблему климатических изменений и достигает лишь незначительных улучшений.



СЦЕНАРИЙ 3. «ЗВЕЗДНЫЕ ВОЙНЫ»

В то время как более богатые страны демонстрируют прогресс в борьбе с изменением климата, менее развитые государства и страны с переходной экономикой стоят перед непростым выбором: соблюдать свои международные обязательства или обеспечивать локальный экономический рост. Инновационные разработки недостаточно распространены, поэтому многие предприятия не имеют доступа к низкоуглеродным технологиям, а ведущие финансовые институты не готовы вкладывать средства в их продвижение. Все больше развивающихся стран отказываются от своих обязательств по борьбе с изменениями климата. Мир разделен на две части: богатые страны используют преимущественно возобновляемые источники энергии с децентрализованными энергосистемами, а развивающиеся страны получают энергию из ископаемых видов топлива и от атомных электростанций.



Киносаге «Звездные войны» уже 40 лет, но захватывающее противостояние «хорошей» и «плохой» империй в космосе покоряет сердца все новых поколений.

Это история о двух мирах. Различия в начальных позициях стран, включая уровень промышленного развития и доступ к технологиям и финансированию, определили их судьбы. В то время как более богатые и инновационные страны двигались к высокотехнологичному, низкоуглеродному, ресурсоэффективному и демократичному «зеленому» будущему, другие променяли окружающую среду на экономический рост и застряли в прошлом со своими традиционными технологиями и ограниченным финансированием.

В более «светлом» мире, где были успешно приняты и реализованы политики в области климатических изменений, новые инструменты и новые источники «зеленого» финансирования обеспечивают достаточную поддержку для инноваций и инвестиций. Структура энергопотребления здесь отличается весьма низким уровнем углеродных ресурсов. Крупномасштабные прибрежные ветряные, солнечные и другие возобновляемые энергоресурсы вытеснили ископаемое топливо, сделав исключение только для природного

газа. Угольные электростанции давно вывели из эксплуатации, а базисную электроэнергию обеспечивают крупные АЭС. Сети протяженностью в целые континенты связывают Европу, Северную Америку и некоторые архипелаги в Тихом океане, обеспечивая высокую энергобезопасность. Тем не менее объемов и темпов роста этого развитого мира не хватает для оптимизации кривой обучения, поэтому его технологический прогресс остается довольно слабым, а преобладающим техническим решениям здесь по 20–30 лет. Несмотря на то что цифровизация сильно повлияла на энергетические предприятия и их взаимодействие с конечным пользователем, бизнес-модели и технологический ландшафт изменились лишь незначительно. В энергетике преобладает централизованный подход; он становится частью ответа на климатические изменения. Крупные игроки контролируют выработку электроэнергии. Государства создают стимулы для оптимизации спроса на электроэнергию. В частности, они поощряют отказ от автомобилей в пользу экологически устойчивого общественного транспорта, велосипедов и каршеринга. Особую актуальность это приобретает в густонаселенных городах, где дорожные пробки и загрязнение воздуха становятся

все более острыми проблемами. Люди хорошо понимают свою ответственность и сознательно сотрудничают с государством.

В более «темном» мире люди пожертвовали экологией в пользу роста. Последствия этого компромисса отчетливо видны в развивающихся странах, переживающих быструю индустриализацию, которая требовала дешевой энергии. Эти страны вышли из соглашений по климату и не внедряли каких-либо климатических мер. Вместо этого они стремились построить доступную и надежную энергетическую инфраструктуру, способную удовлетворить растущие потребности отрасли и населения. В структуре энергопотребления по-прежнему преобладает производство электроэнергии на основе ископаемых видов топлива. Повысилась роль природного газа, однако уголь остается ключевым источником электроэнергии. За углем как источником базисной электроэнергии следует ядерная энергия, а вот крупные ветряные и солнечные электростанции сохраняют невысокую долю в структуре энергетики. В то же время многие развивающиеся страны решили проблему доступного энергоснабжения в сельской местности за счет децентрализации и внедрения распределенных энергосистем. При активном участии

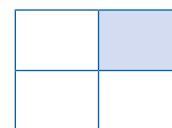
таких международных кредитно-финансовых институтов, как Всемирный банк и Фонд Шелкового пути (поскольку частные инвестиции в этой части мира недоступны), постепенно развиваются распределенные энергетические экосистемы, совмещающие новые технологии и благоприятную среду и включающие такие элементы, как солнечные панели для установки на крышах или портативные солнечные электростанции, мини-сети, небольшие хранилища энергии, дистанционные датчики и мобильную оплату. Местное население, как правило, довольно пассивно и не интересуется энергетическими проблемами.

В целом климатические меры остаются неэффективными из-за отсутствия универсальных принципов, которым могли бы следовать все. Сокращение негативного влияния на окружающую среду в некоторых частях мира компенсируется растущим экологическим следом в других. Примечательно, что страны начинают переходить из одного «полюса» в другой, как только достигают определенного уровня промышленного развития, а также определенного уровня экологической угрозы, из чего можно сделать вывод, что медленно, но верно мир может измениться к лучшему. Остается надеяться, что случится это до конца времен.



СЦЕНАРИЙ 4. «ИНТЕРСТЕЛЛАР»

Скорость развития инновационных технологий соответствует растущей способности стран вкладывать средства в реальные проекты, направленные на борьбу за чистую экологию. Эти проекты реализуются под прозрачным и эффективным управлением развитых финансовых институтов. Соответствие между инновационным развитием и проводимой политикой в конечном счете приводит к переходу глобальной энергетики на новый уровень эффективности и экологичности. В большинстве регионов мира преобладают децентрализованные рынки энергии, возобновляемые источники энергии получают небывалое развитие, а проблемы, связанные с их использованием (например, недопустимо высокая стоимость хранения энергии), давно решены.



По сюжету этого знаменитого фильма человечество находится на грани вымирания из-за ухудшения климата и вынуждено искать новые способы выживания, исследуя космос, пространственно-временной континуум и гравитацию.

Это мир согласованной международной политики и эффективных национальных законов в отношении климата со зрелой благоприятной средой, поддерживающей инновации и способствующей изменениям в сторону экологически чистого энергетического будущего. Государства осуществляют коллективные меры, поддерживают инновации в областях технологий и финансирования и содействуют формированию благоприятной среды.

Парижское соглашение 2015 года с тех пор было преобразовано в комплексную связанную систему международных и национальных моделей и стратегий, что позволило осуществлять координированные действия по соблюдению договоренности о снижении роста глобальной средней температуры существенно меньше 2 °С и одновременно обеспечивать достаточность и доступность энергоресурсов. Это стало возможным не только благодаря доброй воле государств, но и благодаря всей системе контроля, оценки, стимулов и правоприменения, поддерживаемой широким общественным обсуждением с участием

всех заинтересованных сторон. Международное сотрудничество в этом открытом мире является движущей силой ускоренного технологического развития и финансирования для всех рынков. Все это формирует благоприятную среду, помогающую рынкам двигаться к экологически устойчивому энергетическому будущему.

К потребителям здесь активно прислушиваются. Их ценности способствуют общему сдвигу потребления в сторону продуктов и услуг, соответствующих высочайшему уровню экологических и социальных ожиданий, в том числе в отношении энергопотребления. Потребители прекрасно информированы о доступных им технологиях и активно контролируют и сокращают свое энергопотребление. Это согласуется с правительственными инициативами, также направленными на управление спросом и побуждение рыночных игроков к сокращению энергопотребления. Повсеместно принята экологическая сертификация и интегрированная отчетность с повышенными стандартами прозрачности. «Зеленые» общественные организации стали главными партнерами энергетической отрасли в вопросах выявления и решения экологических проблем.

Государственные инициативы по развитию национальных и международных финансовых институтов, направленные на поддержку

инноваций и внедрение «зеленых» энергетических проектов, быстро получили поддержку финансовой отрасли, которая разработала ряд новых экологически чистых финансовых инструментов. Повсеместное распространены разнообразные «зеленые» облигации, способствующие финансированию безуглеродной энергетической инфраструктуры и климатических проектов.

Инновационная деятельность отличается динамичностью и разноплановостью. Ускоренное освоение всевозможных возобновляемых энергоресурсов наряду с поступательными инновациями в областях природного газа и ядерной энергии обеспечили наличие широкого ряда технологий выработки электроэнергии. В результате цифровизации и конвергенции высоких технологий рынок перешел к комплексной энергосистеме, совмещающей огромные централизованные электростанции и большое число мелких электроэнергетических установок, таких как солнечные панели для установки на крышах, микротурбины и т. д. Эта энергосистема обеспечивает новый уровень клиентского опыта на стороне конечного пользователя за счет разработки умных сетей, «Интернета энергии» и возникновения «просьюмеров». Благодаря связанным макрорегиональным сетям достигается беспрецедентный уровень передачи электроэнергии между рынками, что гарантирует надежность и доступность энергоснабжения. Удалось достичь значительного прогресса в электрификации транспорта: электромобили завоевали широкую популярность благодаря своей привлекательности для потребителей и экономичности.

На рынке гармонично сосуществуют крупные транснациональные корпорации и нишевые фирмы-новаторы, специализирующиеся на энергетике и цифровых технологиях. Но путь к этому балансу лежал через многолетние рыночные трансформации и конкурентные войны, вызванные появлением множества мелких и гибких инновационных компаний, вооруженных цифровыми технологиями, новыми бизнес-моделями, подрывными технологиями и достаточным финансированием. Ускоренное технологическое развитие и существенные изменения в законодательстве создали дополнительную нагрузку для развивающейся среды, к

которой некоторые компании не сумели адаптироваться. В итоге все утряслось: на рынке укрепились азиатские игроки, а некоторые в прошлом именитые западные компании выбыли из строя. Те, кто сумел в ответ предложить новые бизнес-модели и разнообразный ассортимент товаров, теперь пожинают плоды.

Природный газ повысил свою долю в структуре энергопотребления и повсеместно заменил уголь, отошедший на периферию. Возобновляемые энергоресурсы укрепили свою роль и теперь находятся на одном уровне с газом. Благодаря инвестициям в технологическое развитие и понижению капитальных затрат солнечные и ветряные установки всех типов и мощностей растут быстрее любых других источников энергии. Несмотря на повышающуюся конкурентоспособность альтернативных источников энергии и перспективность технологий хранения энергии, альтернативные энергосистемы в одиночку не способны удовлетворить потребности развитых индустриализированных стран в базисной энергии. Крупные гидроэлектростанции продолжают медленно терять свою долю: старые ГЭС выводятся из эксплуатации, а новые не строят по экологическим причинам. Ядерная энергетика переживает новый подъем – теперь она является самым надежным безуглеродным источником базисной энергии. Технологический прогресс способствует разработке малых ядерных реакторов в ответ на спрос децентрализованной системы. Больше внимания уделяется управлению ядерными отходами с выводом переработки на промышленный этап.

Климатические меры стали успешными: договоренность о двух градусах была выполнена, и в 2050 году ООН обсуждает еще более амбициозные цели в отношении устойчивого развития.



ТАБЛИЦА 3. СРАВНЕНИЕ СЦЕНАРИЕВ

	Варианты	«ПОСЛЕЗАВТРА»	«БЕГУЩИЙ ПО ЛЕЗВИЮ»
Модели потребления	Широкие/ограниченные возможности потребителей	Ограниченные	Широкие
	Централизованная/децентрализованная система	Преимущественно централизованная	Преимущественно децентрализованная
Инновации и развитие технологий	Быстрый/медленный темп инноваций и развития технологий	Медленный	Быстрый
	Высокий/низкий уровень конвергенции	Низкий	Высокий
	Конкурентоспособность технологий и затрат в области возобновляемой энергии относительно ископаемого топлива и ядерной энергии	Низкая	Высокая
Климатическая политика	Высокая/низкая эффективность международных систем	Низкая	Средняя
	Сильное/слабое местное законодательство	Слабое	Слабое
	Смягчение воздействия/адаптация	Смягчение	Адаптация
Благоприятная среда	Сильное/слабое управление	Слабое	Среднее
	Распространенные и достаточные/нераспространенные и недостаточные финансовые инструменты	Распространенные, но в основном местные решения	Распространенные и достаточные
	Высокий/низкий уровень общественной осведомленности	Средний	Средний
Рыночная концентрация	Доминирование крупных игроков/небольшое число игроков	Преобладают крупные компании, нет места для новых участников	Большое число мелких игроков и новые участники из других отраслей
Воздействие на окружающую среду	Низкий/высокий уровень воздействия на окружающую среду	Высокий уровень воздействия – Слабый прогресс по климатическим договоренностям – ориентация на повышение экономической эффективности	Средний – высокий уровень воздействия – Средний прогресс по климатическим договоренностям за счет возрастающего влияния возобновляемых источников
Структура энергопотребления* <i>*цифры округлены</i>	Ископаемые виды топлива/низкоуглеродные ресурсы	Доля ископаемого топлива – 80%, ядерной энергии – 5%, возобновляемых источников – 15%	Доля ископаемого топлива – 75%, ядерной энергии – 10%, возобновляемых источников – 15%
		Преобладание ископаемых видов топлива – Уголь является основным источником – Растет доля природного газа – Нефть остается основным источником транспортного топлива – Возобновляемые источники: умеренный рост, преимущественно крупный масштаб – Ядерная энергетика: без значительного увеличения	Движение к низкоуглеродной структуре – Уголь повсеместно заменяется газом – Доля нефти сокращается за счет роста доли биотоплива и метанола – Умеренный рост доли возобновляемых источников за счет экономической эффективности – Ядерная энергия: разработка малых реакторов

«ЗВЕЗДНЫЕ ВОЙНЫ»		«ИНТЕРСТЕЛЛАР»
Развитые рынки	Развивающиеся рынки	
Широкие	Ограниченные	Широкие
Комплексная с преобладанием централизованной	Централизованная в индустриальных странах, децентрализованная в развивающихся	Комплексная: огромные централизованные системы наряду с децентрализованными
Средний	Медленный	Быстрый
Средний	Низкий	Высокий
Средняя	Низкая	Высокая
Высокая	Низкая	Высокая
Сильное	Слабое	Сильное
Синергия	Адаптация	Синергия
Сильное	Слабое	Сильное
Распространенные и достаточные	Нераспространенные	Распространенные и достаточные с четкой экологической ориентацией
Высокий	Низкий	Высокий
На рынке господствуют несколько крупных компаний	Большое число мелких компаний	Существование крупных энергетических предприятий с преобразованными моделями и нишевых фирм-новаторов
Низкий уровень воздействия – Определенный прогресс за счет использования возобновляемых источников	Высокий уровень воздействия – Практически нет прогресса по климатическим договоренностям	Низкий уровень воздействия – Договоренность о 2 градусах выполнена
Доля ископаемого топлива – 60%, ядерной энергии – 10%, возобновляемых источников – 30%	Доля ископаемого топлива – 80%, ядерной энергии – 5%, возобновляемых источников – 15%	Доля ископаемого топлива – 60%, ядерной энергии – 10%, возобновляемых источников – 30%
Движение к низкоуглеродной структуре – Значительно снижается доля угля – Повышается доля газа, отчасти заменяющего уголь – Нефть: умеренный рост – Возобновляемые источники: рост за счет технологического развития – Ядерная энергетика: становится основным безуглеродным источником базисной электроэнергии	Преобладание ископаемых видов топлива – Значительные доли угля и газа – Нефть является основным источником транспортного топлива – Незначительная доля крупных ветряных и солнечных электростанций – Ядерная энергетика: становится основным источником базисной электроэнергии	Низкоуглеродная структура – Ископаемые виды топлива повсеместно заменяются возобновляемыми источниками – В сфере транспорта метанол начинает заменять нефть – Ядерная энергетика становится единственным безуглеродным источником базисной электроэнергии, разрабатываются малые модульные реакторы и реакторы нового поколения

Заключение



Меняется мир, а вместе с ним – и энергетический сектор. Никто точно не знает, что произойдет завтра, а поэтому важный смысл прогнозов – найти хорошую причину изменить что-то в своих действиях уже сегодня. Какие уроки мы извлекли из этого сценарного планирования? Что мы можем начать делать уже сейчас, чтобы обеспечить для всех светлое будущее?

Мы ясно увидели, что в будущем может резко и бесконтрольно возрасти влияние потребителей, требующих уникального опыта с помощью инновационных инструментов, которые им предоставляют компании-новаторы. Но то, что приносит пользу потребителям, может стать вызовом для рынка: стремительные инновации и конвергенция технологий могут подрывать рынки и устоявшиеся бизнес-модели традиционных игроков, что, в свою очередь, может привести к дисбалансу и разрушению всей экосистемы. Серьезным вызовом здесь служит цифровизация, которая уже трансформировала ряд рынков от авиаперевозок до такси, – и энергетика может стать следующей. Цифровизация не только открывает новые возможности, но и создает определенные сложности. То, насколько «цифровым» может стать традиционный игрок и можно ли контролировать конвергенцию энергетики и цифровых технологий, будут активно обсуждать на уровне совета директоров компаний в ближайшие годы.

Еще одно тревожное наблюдение состоит в том, что потребность в срочных климатических мерах может не сплотить страны, а, наоборот, расколоть их. Объединение глав государств на конференции по климату в Париже в 2015 году – это удивительно редкий пример консенсуса, но он касается только согласования общих принципов совместной работы. Все будет иначе, когда некоторым странам придется сделать тяжелый выбор между своими глобальными обязательствами и внутренним экономическим ростом. Если будущее не принесет нам доступных и эффективных низкоуглеродных технологий для выработки, передачи и хранения электроэнергии, если финансовые институты не смогут обеспечить инвестиции в инфраструктуру для поддержки крупномасштабного внедрения этих технологий, то страны начнут покидать этот некогда многообещающий союз, заключенный в Париже в 2015 году. Зачем создавать стимулы для использования еще не существующих технологий?

И наконец, самый простой вывод: только подкрепляя инновации законодательными мерами, можно построить лучшее будущее для каждого. Глобальная энергетическая экосистема сможет перейти на новый уровень эффективности и устойчивости только тогда, когда темп инноваций будет соответствовать растущей способности стран инвестировать в реальные проекты в рамках ясной климатической политики и с помощью развитых финансовых институтов, обеспечивающих прозрачное и сильное управление. Несмотря на всю очевидность этой идеи, реализовать ее не так просто. Мы считаем, что для достижения этой согласованности действий сначала нужна согласованность идей, требующая постоянного диалога между заинтересованными сторонами: политическими деятелями, представителями отрасли, финансовыми институтами, учеными и общественными организациями. Другими словами, нужно уметь работать вместе ради общего блага.

В конце концов, какими бы разными ни были наши взгляды, будущее у нас одно. Так почему бы не попробовать создать его вместе?

ИСТОЧНИКИ

- EY, When energy customers go off-grid, will utilities be left in the dark? (2017), available from the link: <https://betterworkingworld.ey.com/digital/energycountdownclock>
- EY, Why the rise of electric vehicles will mean more to utilities than just increased electricity sales? (2017), available from the link: <https://www.linkedin.com/pulse/why-rise-electric-vehicles-mean-more-utilities-than-just-laclau/?trackingId=PXnYmJM%2FOT29iHM1f6%2FFrQ%3D%3D>
- EY, Energy Reimagined: what's the mix?
- BP, Energy Outlook 2017
- IRENA, The Power to Change: Solar and Wind cost reduction potential to 2025 (2016)
- World Energy Council, World Energy Resources (2016)
- World Economic Forum, How will the digital revolution transform energy sector (2016)
- HSBC Global Research, Consumer in 2050 (2012)
- PWC, The world in 2050: Will the shift in global economic power continue? (2015)
- The Energy Research Institute of the Russian Academy of Science, Global & Russia Energy Outlook 2016
- UNDP, Support to the Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development (2016)
- OPIC, Off the grid in Africa: Why distributed power is becoming a key source of electricity? (2015)
- Navigant, Energy Cloud White Paper: Emerging opportunities of the Decentralized Grid (2014)
- The Guardian, Google – leading the way on renewable energy (2013), available from the link: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/google-renewable-green-energy>
- World Resource Institute, The Roads to Decoupling: 21 Countries Are Reducing Carbon Emissions While Growing GDP (2016)
- Global Opportunity Explorer, Discover opportunities at the edge (2017)
- International Atomic Energy, Global EV Outlook (2016)
- IRENA, Unlocking Renewable Energy Investment (2016)
- OECD, The Development Co-operation Report 2016: The Sustainable Development Goals and Business Opportunities
- Green Climate Fund, From Signatures to Action – GCF Funding Proposals Need to Meet the Ambition of the Paris Agreement (2016)
- Climate Bond Initiative, HSBC, Bond and Climate Change: The state of the Market in 2016
- OECD, The Role of Institutional Investors in Financing Clean Energy (2016)
- Yale School of Forestry & Environmental Studies, Climate Change Communication Program, Survey: Climate Change Awareness and Concerns (2015)
- World Bank, Population Estimates and projections (2017)
- UN, World Urbanization Prospects (2014)

Автор

Анастасия БЕЛОСТОЦКАЯ, аналитик Института исследований развивающихся рынков,
Московская школа управления СКОЛКОВО
anastasia_belostotskaya@skolkovo.ru

Благодарности

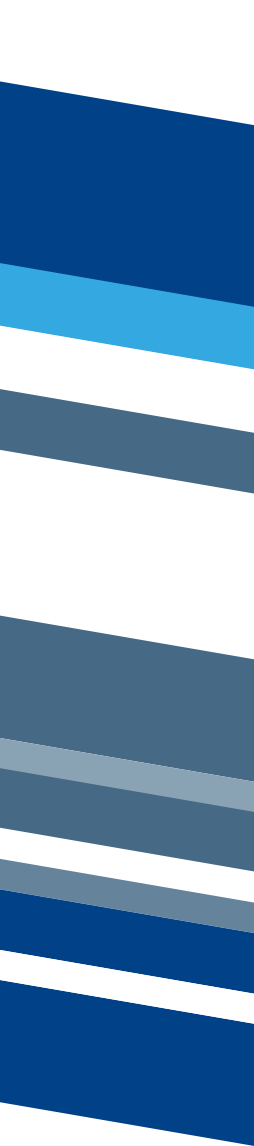
Этой работы не состоялось бы без значительной помощи коллег, указанных ниже, которые участвовали в разработке подхода, предлагали идеи и рецензировали черновые варианты. Своей поддержкой и идеями они внесли неоценимый вклад в разработку данного отчета.

Антон ПОРЯДИН, партнер и руководитель практики стратегического консультирования в СНГ, EY


Татьяна МИТРОВА, директор Энергетического центра Московской школы управления СКОЛКОВО

Алексей ХОХЛОВ, руководитель направления «Электроэнергетика» Энергетического центра
Московской школы управления СКОЛКОВО

Алексей КАЛИНИН, академический директор Института исследований развивающихся рынков,
Московская школа управления СКОЛКОВО



Московская школа управления СКОЛКОВО — одна из ведущих частных бизнес-школ России и СНГ, основанная в 2006 году по инициативе делового сообщества. В состав партнеров-учредителей школы входят 10 российских и международных компаний и 11 частных лиц, лидеров российского бизнеса. Линейка образовательных программ Московской школы управления СКОЛКОВО включает программы для бизнеса на всех стадиях его развития — от стартапа до крупной корпорации, выходящей на международные рынки. Московская школа управления СКОЛКОВО также является центром экспертизы для компаний и предпринимателей, которые делают ставку на Россию и работают на быстроразвивающихся рынках.



143025, Россия, Московская область, Одинцовский район,
Сколково, улица Новая, дом 100

Телефон: +7 (495) 539 3003

Факс: +7 (495) 994 4668

Email: iems@skolkovo.ru

Website: www.skolkovo.ru