



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(СПБГЭУ)

Институт магистратуры
Магистерская программа Международная экономика

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующая кафедрой /
Руководитель магистерской
программы
_____ Рекорд С.И.
(подпись)
« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение ВКР

обучающемуся Куликову Данилу Владимировичу группы Э-1841

1. Тема ВКР: Перспективы развития производства и потребления альтернативных источников энергии в рамках “энергетического перехода”

2. Цель и задачи ВКР:

Цель: выявление современных особенностей и прогноз перспектив мирового производства и потребления альтернативных источников энергии в условиях энергетического перехода.

Задачи:

рассмотреть концептуальные подходы к категории «альтернативная энергетика»;

проанализировать влияние процесса энергетического перехода на развитие альтернативных источников энергии;

дать оценку перспективам развития производства и потребления альтернативных источников энергии.

3. Срок сдачи оформленной ВКР на кафедру/руководителю магистерской программы (с сопроводительными документами):

«18» _____ июня _____ 2020 г.

4. Перечень вопросов, подлежащих разработке и изложению в ВКР:
терминологическое обоснование понятий «альтернативная энергетика» и «энергетический переход»;
разработка и апробация подхода к классификации источников энергии;
анализ текущих позиций и прогнозов развития альтернативных источников энергии;
анализ диверсификации деятельности транснациональных энергетических компаний в процессе энергетического перехода;
изучение ограничения выбросов загрязняющих веществ как стимула развития альтернативной энергетики;
факторный анализ мировых позиций альтернативной энергетики;
рассмотрение водородной экономики как вспомогательного звена в процессе мирового энергетического перехода;
оценка перспектив участия российских энергетических компаний и организаций в мировом энергетическом переходе;
прогнозирование мирового производства и потребления альтернативных энергоресурсов.

5. Консультанты по смежным вопросам ВКР (с указанием относящихся к ним разделов работы): —
(указываются только при наличии, в случае отсутствия ставится прочерк)

«16» _____ января _____ 2020 г.

Руководитель ВКР

ученая степень, ученое звание: д.э.н., проф. _____ (Рекард С.И.)
(подпись)

Студент

_____ (Куликов Д.В.)
(подпись)

РЕФЕРАТ

с. 96, рис. 8, табл. 6, прил. 7, источн. 60

МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД

Объект исследования – комплекс международной энергетики.

Предмет исследования – мировое производство и потребление альтернативных источников энергии в условиях энергетического перехода.

Цель работы – выявление современных особенностей и прогноз перспектив мирового производства и потребления альтернативных источников энергии в условиях энергетического перехода.

Методы и методология исследования: системный, исторический, анализа и синтеза, ситуационный, логический.

В процессе работы проводилось изучение и систематизация концептуальных особенностей категории «альтернативная энергетика» и «энергетический переход», анализ портфолио ведущих энергетических корпораций (российских и мировых), прогноз и оценка перспектив мировой энергетики в области развития альтернативной.

Результаты проведённого исследования могут быть использованы в качестве прикладных решений по вовлечению компаний в процесс энергетического перехода, а также для формирования комплекса поощрительных мер, направленных на стимулирование развития проектов альтернативной энергетики для достижения целей среднесрочных и долгосрочных международных климатических соглашений одновременно с формированием комплекса мер и стратегий по восстановлению энергетического сектора после кризиса lockdown.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К КАТЕГОРИИ «АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ».....	10
1.1. Терминологическое обоснование понятий «альтернативная энергетика» и «энергетический переход»	10
1.2. Разработка и апробация подхода к классификации источников энергии	16
1.3. Анализ текущих позиций и прогнозов развития альтернативных источников энергии.....	23
2. ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА НА РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	29
2.1. Диверсификация деятельности транснациональных энергетических компаний в процессе энергетического перехода.....	29
2.2. Ограничение выбросов загрязняющих веществ как стимул развития альтернативной энергетики.....	39
2.3. Факторный анализ мировых позиций альтернативной энергетики	47
3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	56
3.1. Развитие водородной экономики как вспомогательного звена в процессе мирового энергетического перехода	56
3.2. Перспективы участия российских энергетических компаний и организаций в мировом энергетическом переходе.....	62
3.3. Прогнозирование мирового производства и потребления альтернативных энергоресурсов.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	83
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Экспертная оценка источников энергии по их эксплуатации.....	90

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Экспертная оценка источников энергии по их производству (включая производство оборудования)	91
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Влияние мер по ограничению COVID-19 на еженедельное энергопотребление в мире	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Динамика мирового спроса на водород по отраслям применения	93
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Динамика объёма государственного финансирования R&D касательно водородных проектов и водородных топливных ячеек	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Мощности новых проектов по производству водорода для энергетических и климатических целей, по технологии и году введения в эксплуатацию	95
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Анализ основных показателей мировой энергетики в различных прогнозах экспертных организаций	96

ВВЕДЕНИЕ

В сложившейся социально-экономической ситуации в мире на протяжении последних 5-7 лет существует ряд тенденций на снижение общего объёма традиционных методов производства в пользу увеличения использования альтернативных, более экологичных решений. Эти тенденции, в первую очередь, касаются комплекса мировой энергетики, большая часть которого основана на использовании ископаемых углеводородов, обладающих негативным свойством в виде большого количества выбросов загрязняющих веществ. Важным фактом является резкое приращение в ряде европейских стран решений в комплексе возобновляемой энергетики за счёт ликвидаций проектов и предприятий в отрасли добычи, переработки и использования угля, нефти и природного газа. Такие процессы можно описать т.н. «каннибализацией» энергетической индустрии, ведущей к выполнению поставленных задач в области сохранения климата и достижения безуглеродного будущего, однако такая жёсткая смена методов производственных процессов негативно влияет на национальные экономики как компонентов международной.

Актуальность исследования заключается во влиянии глобального процесса «энергетического перехода» на все сферы международной экономики. Этот процесс в настоящее время выражается как диверсификация деятельности энергетических компаний на мировых рынках в рамках выполнения условий национальных и наднациональных экологических и климатических обязательств, а также влияния применяемых мер на общее состояние мировой энергетики. Поскольку ключевым драйвером энергетического перехода первой половины XXI века является внедрение безуглеродных и возобновляемых решений, важно рассматривать также и комплекс производства и применения решений в данном сегменте одновременно с изучением мер, предпринимаемых для недопущения «каннибализации» сектора традиционных энергоресурсов.

Объектом исследования является комплекс международной энергетики, **предметом исследования** – мировое производство и потребление альтернативных источников энергии в условиях энергетического перехода. **Основной целью исследования** является выявление современных особенностей и прогноз перспектив мирового производства и потребления альтернативных источников энергии в условиях энергетического перехода. Для достижения данной цели необходимо выполнение следующего ряда задач:

- проанализировать терминологические особенности категорий предмета исследования, сформировать собственный подход и дать определения;
- проанализировать текущие позиции альтернативной энергетики в мировом энергетическом комплексе;
- рассмотреть и проанализировать подходы транснациональных энергетических корпораций к осуществлению энергетического перехода;
- на основании изучения портфолио крупнейших энергетических компаний РФ дать рекомендации по вовлечению их в процесс энергетического перехода на национальном и международном уровне;
- определить перспективы развития альтернативной энергетики в международном масштабе с учётом сложившейся на начало 2020 года социально-экономической ситуации.

Методы и подходы к исследованию:

Основным подходом к исследованию является системный, определяющий в качестве предмета исследования мировое производство и потребление альтернативных источников энергии в условиях энергетического перехода. Также применяется ситуационный подход для анализа кейсов компаний, которые предполагают собственное изменение вектора деятельности в сторону т.н. «комбинированной энергетики», т.е. совмещения традиционных и альтернативных энергоисточников.

Информационная база исследования:

Энергетический переход как процесс рассматривается большим количеством экспертов и организаций в области экономики, юриспруденции, энергетики, климатологии, экологии и политологии. Результаты их исследований, суждений и прогнозов касательно энергетического перехода с использованием альтернативной энергетики как основного драйвера в большой мере различаются, что зависит от общего уровня внедрения решений или его потенциала в рассматриваемых секторах. Российскими исследователями вопрос энергетического перехода рассматривается в меньшей степени, чем зарубежными; среди российских научно-исследовательских организаций необходимо отметить Исследовательский центр «ЭНЕРПИО» при Европейском университете в Санкт-Петербурге, Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО, исследовательские организации при крупных энергетических компаниях (Газпром, Новатек, Росатом) и университетах в различных регионах России (Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Томск и др.).

Зарубежные исследования более широко охватывают мировой сегмент энергетического перехода, исследовательские и аналитические организации представлены, в первую очередь, Международным энергетическим агентством (IEA), Международным агентством по возобновляемой энергетике (IRENA), группами Всемирного банка и Всемирного экономического форума (WEF), аналитическими агентствами и изданиями (Baker McKenzie, Bloomberg NEF), а также рядом транснациональных энергетических компаний, осуществляющих собственные исследования и разработки (BP, Royal Dutch Shell, Equinor и пр.).

1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К КАТЕГОРИИ «АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ»

1.1. Терминологическое обоснование понятий «альтернативная энергетика» и «энергетический переход»

Для того, чтобы обозначить границы исследования, необходимо выделить как можно более точное определение используемых ключевых терминов. Понятие «альтернативная энергетика» в науке не ново, однако в большинстве научных работ оно отражено как очевидное во всех проявлениях, то есть не рассматривается исследователями отдельно, а ограничения, связанные с собственной трактовкой этого термина, определяются уже после введения в работе и опосредованно, путём его применения в конкретных случаях. Тем не менее, ряд ресурсов и исследователей приводят отдельные трактовки этого термина и синонимичных ему (табл. 1.1, 1.2).

Таблица 1.1 – Сравнение определений термина «альтернативная энергетика» и синонимичных ему в работах российских исследователей¹

Термин	Определение	Источник определения
альтернативная энергетика	перспективные способы получения энергии, которые значительно снизят или исключат вовсе риски причинения вреда экологии	Нестеренко П.Е., Кожанов Н.Т. Альтернативная энергетика [10]
альтернативная энергетика	возобновляемая энергетика, использующая возобновляемые потоки и источники энергии, ресурсы которых восполняются естественным образом	Гафуров Н.М., Хакимуллин Б.Р., Багаутдинов И.З. Основные направления альтернативной энергетике [6]
перспективная энергетика	энергетика на основе нетрадиционных возобновляемых источников энергии; альтернативные способы производства электрической и тепловой энергии	Ушаков, В. Я. Современные проблемы электроэнергетики: Учебное пособие [18]

¹ Составлено автором

Таблица 1.2 – Сравнение определений термина «renewable energy» как эквивалентного термину «альтернативная энергетика» в зарубежных источниках²

Термин	Определение	Перевод	Источник
renewable energy	energy from sources that are naturally replenishing but flow-limited; renewable resources are virtually inexhaustible in duration but limited in the amount of energy that is available per unit of time	энергия из источников, которые естественно восполняемы, но ограничены по скорости; возобновляемые ресурсы теоретически неисчерпаемы, но ограничены в количестве энергии, доступной за единицу времени	Renewable energy explained / U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics & Analysis [56]
renewable energy; alternative energy	usable energy derived from replenishable sources such as the Sun (solar energy), wind (wind power), rivers (hydroelectric power), hot springs (geothermal energy), tides (tidal power), and biomass (biofuels).	используемая энергия, получаемая из восполняемых источников, таких как Солнце (солнечная энергия), ветер (ветряная энергия), реки (гидроэлектрическая энергия), горячие источники (геотермальная энергия), приливы (приливная энергия) и биомасса (биотопливо)	Renewable energy / Encyclopædia Britannica [49]
renewable energy	energy that is derived from natural processes that are replenished constantly [such as] solar, wind, biomass, geothermal, hydropower, ocean resources [tidal and wave], and biofuels, electricity and hydrogen derived from those renewable resources	энергия, получаемая из естественных процессов, которые постоянно восполняемы, такие как солнечная, ветряная, биомасса, геотермальная, гидроэнергия, океанические ресурсы, и биотопливо, электричество и водород, получаемые из этих возобновляемых ресурсов	Renewable energy and geopolitics: A review / R. Vakulchuk, I. Overland, D. Scholten, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020 [57, с. 1]
renewable energy sources	mainly solar (photovoltaic), wind, tidal, waste and biomass, which are considered eco-friendly and cost-effective, as they reduce harmful climate change, mitigate pollution, provide energy security, and help alleviate poverty by providing electricity to remote areas due to their decentralized nature	преимущественно солнечные (фотоэлектрические), ветровые, приливные, отходы и биомасса, считающиеся экологичными и рентабельными, поскольку они снижают возможность вредоносного изменения климата, смягчают загрязнение, обеспечивают энергетическую безопасность и помогают снизить уровень бедности, обеспечивая электроэнергию в удалённые районы в связи с их децентрализованным характером	Renewable energy, institutional stability, environment and economic growth nexus of D-8 countries / Mahjabeen, Syed Z.A. Shan, Sumayya Chughtai, Biagio Simonetti, Energy Strategy Reviews [42, с. 1]

² Составлено автором

Необходимо отметить, что зарубежные источники используют термин «renewable energy» (т.е. «возобновляемая энергия») как эквивалентный вариант термину «альтернативная энергетика». Это связано с более чётким выделением свойства возобновляемости в альтернативной энергетике в зарубежной практике, кроме того, отказ от применения термина «alternative energy» базируется на отрицании «альтернативности» данного сектора энергетике (т.е. «альтернативные» источники применяются не вместо, а вместе с «традиционными»).

Иным свойством зарубежных определений является использование понятия «энергия», а не «энергетика», а также определения «renewable energy» через её составляющие. С большой долей вероятности это связано с отождествлением понятий «энергия» и «энергетика», тогда как в отечественной практике термин «энергетика» включает в себя сектор экономики, который занят производством и потреблением энергии различных видов. Кроме того, поскольку отдельно термин «энергетика» в зарубежных определениях не выделяется, понятие «renewable energy» также аналогично понятию «renewable energy sources».

Ключевыми недостатками как отечественных, так и зарубежных определений, является их недостаточность и неуниверсальность использования, а также неоднозначная трактовка, позволяющая применять их в различных ситуациях. Так, в частности, исследователи не разделяют «природную» энергию, т.е. энергию, которая существует в естественном виде (солнечная, ветровая, геотермальная) и продукт её преобразования в электрический или тепловой вид. Основываясь на вышеуказанном, можно определить следующие термины и определения, применяемые для раскрытия предмета исследования как категории:

- **альтернативная энергетика** – отрасль мировой энергетики, базирующаяся на добыче, переработке и использовании энергоресурсов, альтернативных традиционным;

- **альтернативные источники энергии** – источники энергии, истекающие из естественных процессов (солнечный свет, ветер, приливы, биомасса и др.), которые являются потенциально неисчерпаемыми, но при этом ограничены в количестве энергии, доступной за единицу времени;

- **альтернативные энергоресурсы** – продукт переработки альтернативных источников энергии, выраженный в тепловой или электроэнергии, пригодной для потребления во всех энергопотребляющих отраслях экономики.

Кроме того, для характеристики необходимых установок для получения энергии альтернативных источников и дальнейшего её преобразования в энергоресурсы необходимо введение такого термина, как «оборудование альтернативной энергетики», включающий в себя категорию оборудования, необходимого для добычи, переработки и эксплуатации энергоресурсов, альтернативных традиционным. В контексте представленных выше определений рекомендуется рассматривать «традиционные энергоресурсы» как продукт добычи и переработки пяти из основных шести секторов энергетики (согласно IEA [35]): нефти и нефтепродуктов, угля, газа, ядерной энергетики и крупной гидроэнергетики.

В исследовании «альтернативность» энергетики не предполагает противопоставления источникам энергии, основанным на ископаемых ресурсах и крупной гидроэнергетике, а предлагает лишь иной вариант развития энергетики, включая как использование новых, перспективных источников энергии, так и модернизацию эксплуатации более привычных традиционных. Так, например, разработка и внедрение систем по захвату, удержанию и утилизации углерода позволит традиционным углеводородам быть более «чистыми», что является альтернативой их текущему использованию.

Что же касается термина «энергетический переход» как категории, в рамках которой ведётся исследование, то можно сказать, что данный термин в большей мере представлен в зарубежной практике (табл. 1.3), однако чёткое

определение также практически не представлено, как и в случае с понятиями «альтернативная энергетика» и «renewable energy». В данном случае можно опираться на специализированные материалы мировых агентств и совместных публикаций (community paper) [60] [28]. В российских научных трудах и пособиях понятие энергетического перехода встречается гораздо реже и, в отличие от современных зарубежных представлений, является универсальным, т.к. трактуется как непрерывный процесс, присущий всему историческому развитию мировой экономики и промышленности, а не только происходящему в последние десятилетия и направленному на декарбонизацию энергетике.

Таблица 1.3 – Сравнение определений термина «энергетический переход» («energy transition»)³

Определение	Перевод	Источник
pathway toward transformation of the global energy sector from fossil-based to zero-carbon by the second half of this century.	путь навстречу трансформации глобального энергетического сектора от основанного на ископаемых энергоресурсах до безуглеродного ко второй половине этого столетия	Energy Transition / IRENA Web Site [36]
the broad shape of the ET is to reduce demand where possible through energy efficiency and behavioural change, decarbonize electricity, electrify everything you can and use some variety of renewable-based hydrogen for the rest.	в широком смысле ЭП заключается в снижении спроса за счёт повышения энергоэффективности и изменения поведения, декарбонизации электричества и электрификации всего, что возможно, и использования возобновляемого водорода для остального	The A-Z of the Energy Transition: Knowns and Unknowns / World Economic Forum [60, с. 5]
процесс, интегрирующий все стороны общественно-экономической системы, включая энергетическую основу производства, систему размещения производства и направления энергетических потоков, социальную и экостическую структуру общества, занятости населения и др.	-	Некрасов Вячеслав Лазаревич Энергетический переход. Теоретико-методологические аспекты исследования [9, с. 58]

³ Составлено автором

Продолжение таблицы 1.3

Определение	Перевод	Источник
Организованные и технологические изменения в управлении и функционировании электроэнергетических систем; переход энергетики на новый технологический базис	-	Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [4, с. 31]

Исходя из представленных определений, можно сказать, что на данный момент **энергетический переход** – это процесс трансформации мировой энергетической системы от базирующейся на ископаемых энергоресурсах к альтернативной, основанной на потенциально неисчерпаемых источниках энергии. Такое определение характеризует процесс декарбонизации энергетики, который исследуется и прогнозируется в последние десятилетия, но не исключает существования более ранних энергетических переходов, основные направления которых отличаются от современного.

Таким образом, трудность выделения понятия «альтернативная энергетика» заключается в отсутствии в большинстве работ чёткого и устоявшегося определения. В свою очередь, авторы и эксперты выделяют эту категорию через её составляющие, при этом в зависимости от контекста работы подход к тому, что подразумевается под «альтернативной энергетикой» может различаться. Кроме того, в зарубежной научной и экспертной практике понятие «alternative energy» практически отсутствует, а в работах применяется эквивалентный ему термин «renewable energy», определяемый не через противопоставление таких источников энергии, а по одному из их свойств.

Одним из недостатков используемых определений в научной практике является их неоднозначная трактовка, к примеру, исследователи не разделяют «природную» энергию (существующую в естественном виде: солнечную, ветровую, геотермальную) и продукт её преобразования в тепловую или электроэнергию. Кроме того, в зарубежной практике понятие «energy» соответствует одновременно и «энергии», и «энергетике», однако последнее

обозначает отрасль мировой экономики и, в контексте исследования, «альтернативная энергетика» может быть определена как отрасль мировой энергетики, базирующаяся на добыче, переработке и использовании энергоресурсов, альтернативных традиционным. В данном определении под традиционными энергоресурсами следует понимать продукт добычи и переработки нефти, природного газа, продукция ядерной энергетики и крупной гидроэнергетики. Одним из главных условий применения данных определений является то, что «альтернативность» энергетики подразумевает не противопоставление традиционным источникам, а переход к альтернативным энергоресурсам не исключает использования ископаемых.

Определение термина «энергетический переход» («energy transition») встречается в большей части в работах зарубежных учёных и экспертов, и предполагает собой изменение структуры энергетики в сторону её декарбонизации и трансформации энергетического сектора ко второй половине XXI века. При этом российские источники определяют «энергетический переход» как более широкое понятие, который может быть применим не только к текущим трансформационным процессам, но и историческим изменениям в структуре потребления источников энергии. Используемое в рамках исследования определение энергетического перехода предполагает его как процесс трансформации мировой энергетической системы от базирующейся на ископаемых энергоресурсах к альтернативной ей, основанной на потенциально неисчерпаемых источниках энергии.

1.2. Разработка и апробация подхода к классификации источников энергии

Для анализа и выделения места альтернативных энергоисточников в общем энергобалансе необходимо рассматривать не только дихотомию «fossil-renewable», как обычно встречается в современных научных работах и публикациях [37], но расширить её. Свойства «renewables», которые указывают в качестве их преимуществ – возобновляемость и экологичность –

необязательно применимы одновременно к одному и тому же энергоисточнику. Исходя из этого, классификацию всех энергоисточников можно представить как некое сочетание дискретных значений этих факторов, которое можно графически представить в виде матрицы (рис. 1.1).

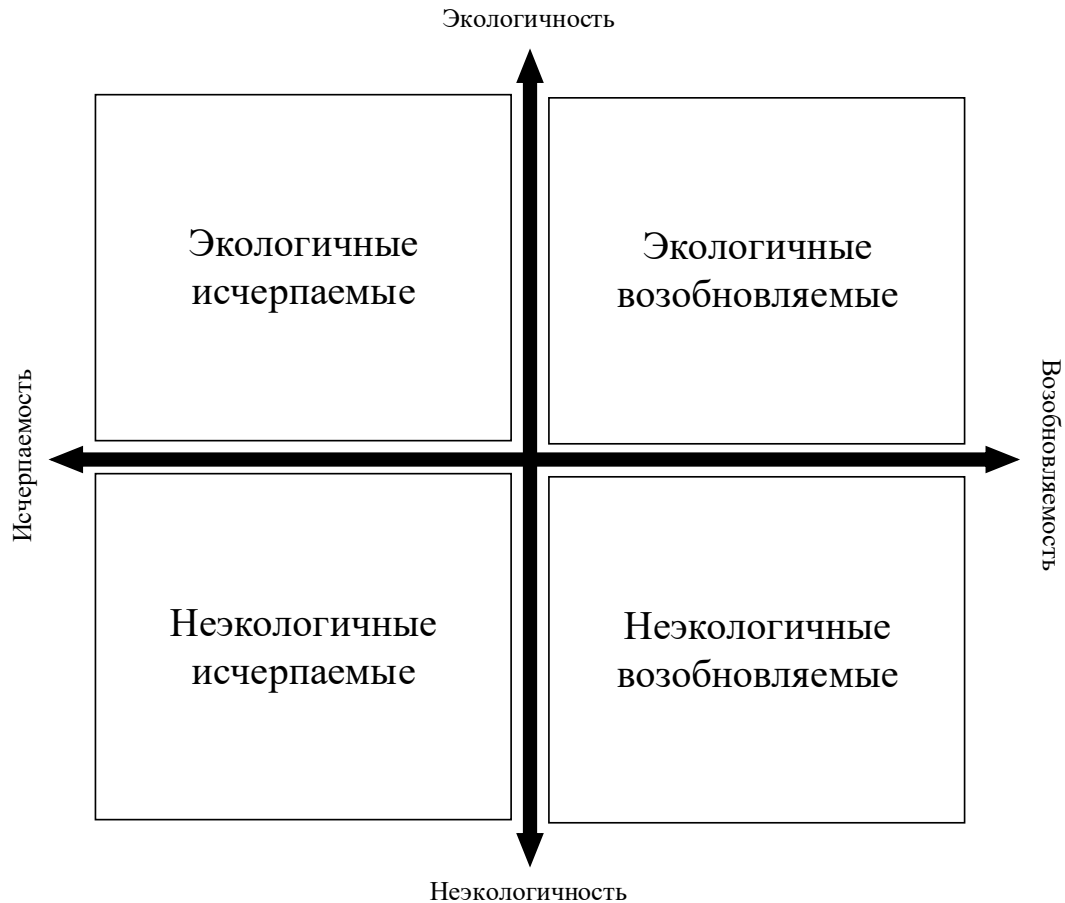


Рисунок 1.1 – Матрица двухфакторной классификации энергоисточников⁴

В первую очередь, важен тот факт, что к каждой из осей матрицы может быть применима булева логика, где каждому из энергоисточников может быть присвоено положительное или отрицательное значение (в зависимости от направления оси). Тем не менее, для более точного анализа стоит рассмотреть каждую из осей отдельно и определить факторы её «градуирования».

Если рассматривать ось «исчерпаемость-возобновляемость» (ось абсцисс на матрице), то можно определить, что не все источники энергии можно классифицировать как строго исчерпаемые или строго

⁴ Составлено автором

возобновляемые. В связи с этим предлагается дискретная шкала исчерпаемости, где каждый энергоресурс можно оценить в соответствии с его позицией на этой шкале:

1 – полностью исчерпаемый ресурс: его запасы известны с большой долей точности, обнаружение новых месторождений или источников невозможно;

2 – невозобновляемый ресурс: его запасы на данный момент примерно известны, обнаружение новых месторождений или источников возможно;

3 – ограниченный ресурс: измерение запасов сопряжено с трудностями, потенциально вероятно обнаружение новых месторождений или источников;

4 – возобновляемый ресурс: измерение запасов практически невозможно в связи с большим потенциалом развёртывания и обнаружения новых источников;

5 – неисчерпаемый ресурс: измерение запасов невозможно, потенциально новые источники могут быть неограниченно обнаружены.

Оценка каждого вида энергоисточника может быть как экспертной, так и факторной, где шкала оценки выражается в виде непрерывной, а сам источник оценивается исходя из реальных показателей его исчерпаемости, например, прогноза мировых запасов того или иного энергоресурса.

В свою очередь, выработать систему критериев для оценки экологичности достаточно сложно. Одним из ключевых факторов для оценки экологичности того или иного проекта является объём выбросов загрязняющих веществ. Последние климатические акты сфокусированы именно на т.н. «парниковых газах», как нарушающих естественный теплообмен Земли и являющихся причиной мирового повышения среднегодовой температуры. В частности, Парижское климатическое соглашение сузило категорию парниковых газов (сформулированную в Киотском климатическом протоколе 1997 года [1]) до конкретного диоксида углерода (углекислого газа, CO_2) [3], однако к загрязняющим газам можно отнести также и оксиды серы, азота и прочие [50]. Вторым фактором является

эффект непосредственного воздействия на окружающую среду во время добычи либо эксплуатации энергоресурса, которое не связано с выбросами загрязняющих веществ. Основная сложность в применении этого фактора заключается в том, что, в отличие от объёма выбросов, рассчитываемых теоретически, для оценки воздействия необходимо либо применять сложные эколого-математические модели, либо использовать ординалистский подход (т.е. оценивать, оказывается более или менее сильное воздействие на экологию).

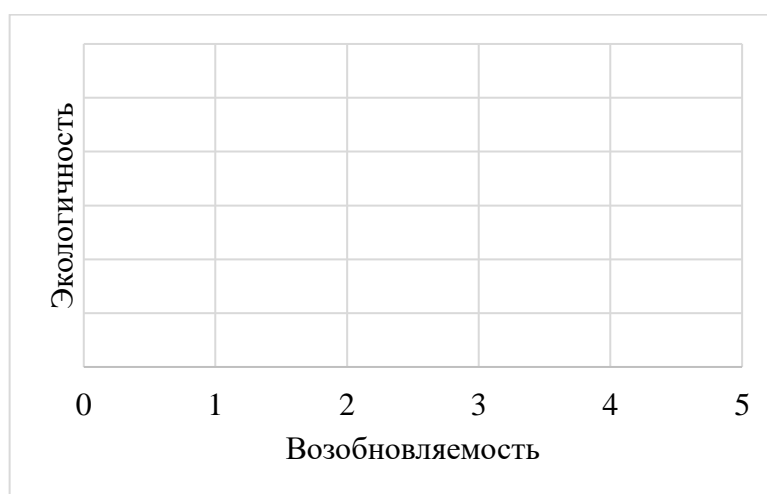


Рисунок 1.2 – Оценочный шаблон матрицы классификации источников энергии⁵

Для упрощения модели можно основываться лишь на показателе объёмов выбросов, однако в данном случае достаточно сложно определить граничное значение между «экологичным» и «неэкологичным». Тем не менее, можно представить матрицу классификации с учётом оценки, не проводя дополнительных разграничений по критериям, как представлено на рисунке 1.2.

Главным допущением классической системы категоризации энергоисточников является тот факт, что рассматриваются только случаи их эксплуатации, но не производства. Если же анализировать полный цикл производства энергии путём добычи, то необходимо в том числе представить матрицу в двух проекциях: с одной стороны, относительно процесса

⁵ Составлено автором

производства энергоресурса или необходимого для его эксплуатации оборудования и с другой – собственно эксплуатации этого энергоресурса. Так, например, несмотря на экологичность использования солнечной энергетики, для её производства используется ряд редкоземельных металлов, отходы добычи и использования которых негативно влияют на состояние окружающей среды [12, с. 80–81]. Кроме того, эксплуатация ветряков и подготовка местности к ней также негативно влияет на окружающую среду, в частности, на фауну [38], а аварии на геотермальных установках могут привести к техногенным катастрофам в виду выбросов потенциально опасных веществ земной коры, циркулирующих в процессе генерации [17].

Категория альтернативных источников энергии, исходя из предлагаемой модели классификации, находится на пересечении множеств источников, высоко оцениваемых с точки зрения как экологичности, так и возобновляемости. Эта категория занимает позицию «экологичных возобновляемых» (согласно рисунку 1.1), при этом основной проблемой их выделения в модели является определение граничных значений параметров для категории. Решением этой проблемы является возможность расчёта критического значения параметров для группы источников энергии, которые рассматриваются в большей части работ как альтернативные (renewables).

Для оценки источников энергии по предложенной модели использовалось мнение экспертов в области изменения климата и энергетики (вкл. специалистов Baker McKenzie, Газпром, ИЦ ЭНЕРПО, независимых климатических журналистов и др.). С целью упрощения оценки экологичности в рамках опроса была принята трёхбалльная шкала, значения которой соответствовали следующим утверждениям:

1 – низкая экологичность: существенный объём выбросов загрязняющих веществ, негативное влияние на окружающую среду;

2 – нейтральная экологичность: объём выбросов загрязняющих веществ незначителен, негативное влияние на окружающую среду незначительно либо негативные эффекты компенсируются позитивными;

3 – высокая экологичность: объём выбросов крайне мал или отсутствует, негативное влияние на окружающую среду практически отсутствует либо присутствует позитивное влияние на окружающую среду.

Для оценки предлагался список из 11 видов источников энергии, рассматриваемых IEA и IRENA в своих исследованиях:

- уголь;
- нефть и нефтепродукты
- природный газ
- ядерная энергетика
- крупная гидроэнергетика
- солнечная энергетика;
- ветряная энергетика;
- биомасса и биотопливо;
- малая гидроэнергетика;
- геотермальная энергия;
- водородное топливо.

Исходя из результатов исследования (представленных в приложениях А и Б), можно выделить группу источников энергии, которая входит в категорию «возобновляемых экологичных». Важно отметить, что при сравнении такой группы в результатах опроса касательно использования и производства энергоисточников наблюдается частичное несовпадение. Так, например, параметр экологичности производства продукции солнечной энергетике оценивается ниже, чем аналогичный для других возобновляемых энергоресурсов, при этом солнечная энергетика графически находится в области «возобновляемых экологичных» в контексте её эксплуатации. Важно отметить также, что экспертами высоко оцениваются позиции ядерной энергетике – как экологичного и возобновляемого источника энергии. Такое суждение расходится с общепринятым невключением ядерной энергетике в список возобновляемых источников.

Базируясь на полученных результатах, можно определить граничные значения показателей возобновляемости и экологичности эксплуатации и использования различных источников энергии соответственно в 4 и 2 балла по приведённым выше шкалам. Точка (4;2) является началом координат в матрице, приведённой на рисунке 1.1, т.е. точкой пересечения разграничительных осей. Следовательно, все источники энергии, которые по результатам предлагаемого метода их оценки, обладают баллами выше граничных значений (по обоим критериям), могут быть определены как альтернативные источники.

Таким образом, для избежания дихотомии «fossil-renewable» в контексте классификации источников энергии можно расширить критерии оценки и определить альтернативные источники энергии как пересечение множеств возобновляемых и экологичных. В рамках данного подхода была сформирована матрица оценки, при это возобновляемость того или иного источника энергии может быть оценена по пятибалльной шкале (от полностью исчерпаемых к потенциально неограниченным), а экологичность – по трёхбалльной (от низкоэкологичных к высокоэкологичным). По результатам опроса экспертов международных исследовательских компаний и центров были определены граничные значения данных параметров – 4 балла по возобновляемости и 2 балла по экологичности. Альтернативные источники, согласно подходу к классификации, обладают значениями, одновременно превышающими оба эти параметра. Важно отметить, что согласно экспертной оценке, к альтернативным в этом случае можно отнести геотермальную, ветряную, малую гидроэнергетику, водородное и биотопливо, а также ядерную энергетику. Солнечная энергетика, несмотря на показатели эксплуатации, удовлетворяющие модели, в контексте производства обладает более низким значением экологичности, потому для её дальнейшей оценки и категоризации требуются более подробные исследования.

1.3. Анализ текущих позиций и прогнозов развития альтернативных источников энергии

Сегодняшние позиции мировой энергетики являются крайне неопределёнными. Подобную неопределённость можно сравнить с шоком нефтяных цен в 1970-е, либо неуверенностью в запасах ископаемых углеводородов в 2000-х, однако современная неопределённость связана, в том числе, и с неэкономическими факторами, воздействующими, однако, на мировую экономику (пандемия COVID-19) [60, с. 8].

В ходе исследования использовались статистические отчёты и публикации международных организаций и транснациональных корпораций, которые можно условно разделить на выпущенные в 2018-2019 годах [21], и отражающие текущую экономическую и энергетическую обстановку в первом квартале 2020 года [35, 37]. Допущением использования одновременно обеих этих групп их взаимное покрытие недостатков: отчёты 2020 года обладают достаточно небольшим объёмом статистических и репрезентативных данных, в отличие от отчётов 2018-2019 гг., которые, в свою очередь, не отражают актуальную специфику мировой энергетики. Кроме того, рассмотрение таких отчётов «в тандеме» позволяет провести анализ краткосрочной ретроспективы, которая показывает резкое изменение ситуации в производстве и потреблении альтернативных энергоресурсов.

Критическим допущением при сравнении отчётов 2018-2019 годов и 2020 года является методология сбора и представления данных в них. Поскольку каждый отчёт показывает данные в однолетней ретроспективе, следовательно, данные, представленные в отчётах 2019 года, отражают специфику производства и потребления энергии в 2018 году, т.е. присутствует лаг представления. Однако в последних специальных отчётах, посвящённых энергетике в условиях COVID-19, показаны данные, непосредственно связанные с потреблением и производством энергии за первый квартал 2020 года. Впрочем, не исключено, что в течение 2020 года будут также представлены «классические» отчёты, которые смогут указать как

статистические данные 2019 года, так и изменённые прогнозы и сценарии в условиях пандемии COVID-19 (аналогично World Energy Outlook 2019, представленному IEA [33]). Кроме того, данные в актуальных отчётах представлены лишь в виде динамики показателей мировой энергетики, т.е. в виде изменения тех или иных показателей под влиянием lockdown. Исходя из этого, несмотря на однолетний лаг, предполагается рассмотреть и сравнить два вида отчётных данных, обозначенные выше, поскольку такое допущение позволит обзорно оценить резкое изменение показателей международной энергетики.

Основным показателем динамики мировой энергетики является energy mix, т.е. совокупность долей потребления энергии по источникам в мире. Energy mix позволяет отследить общие изменения в структуре потребления источников энергии в контексте источников-субститутов, что более наглядно показывает общую картину, нежели при использовании сравнения динамики только одного показателя.

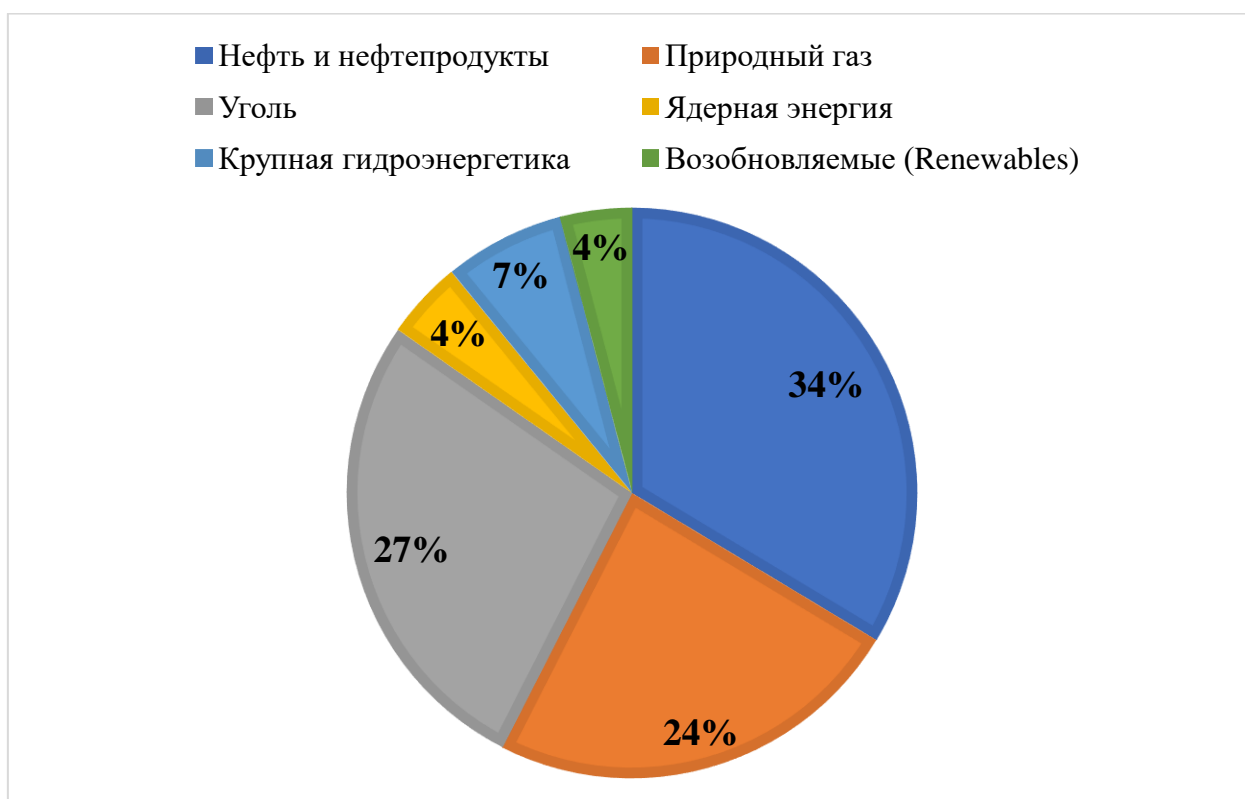


Рисунок 1.3 – Energy mix в мире по состоянию на 2018 год [21]

На рисунке 1.3 представлен energy mix по состоянию на 2018 год, отражающий показатели энергопотребления по основным источникам. Как мы можем увидеть, лидирующие позиции в мировой энергетике занимают нефть и нефтепродукты (34%), уголь (27%) и природный газ (24%). Примерно шестую часть в мировом энергопотреблении занимают другие источники энергии: крупная гидроэнергетика, ядерная энергетика и возобновляемые источники (солнечная, ветряная энергия, биотопливо, пр.). Такое распределение обусловлено большой степенью внедрения нефти и угля в производство в процессе промышленных революций 19 и 20 веков. Важно отметить, что природный газ в качестве источника топлива занимает примерно четверть от всего энергопотребления в мире, что обусловлено не только его технологическими и экономическими свойствами, но также и особенностями его залегания, поскольку во многих случаях природный газ является попутным продуктом нефтедобычи, в частности, в США [20].

Доля ядерной энергетики в настоящее время имеет тенденции к снижению [33], что, в первую очередь, связано с отказом ряда стран (в основном европейских) от этого сектора энергетики, ссылаясь на его нестабильность и потенциально негативное влияние на окружающую среду. Крупная гидроэнергетика является более развитой и исторически устойчивой отраслью, однако её позиции в energy mix невелики, причиной чему является её немобильность, а также большая капиталоемкость производства. И, наконец, возобновляемые источники энергии на данный момент не получили достаточного распространения в мире, поскольку они являются нерентабельными по сравнению с иными, традиционными источниками энергии.

В начале 2020 года ситуация в достаточной степени изменилась. В связи с совокупностью многих факторов, включая, в первую очередь, кризис lockdown [35], т.е. нестабильную социально-экономическую обстановку, связанную с пандемией COVID-19 и последовавшими за ней контрмеры правительств в виде карантина и приостановки деятельности большого

количества экономических субъектов, а также снижение цен на природный газ из-за переизбытка мировых рынков СПГ, а также достаточно мягкую и тёплую зиму в большинстве стран, общее энергопотребление в мире снизилось. Падение цен на нефтяных рынках, связанное с ситуацией ОПЕС+, повлияло на энергопотребление в меньшей степени, поскольку lockdown, в свою очередь, снизил спрос на нефтепродукты как на автомобильное топливо. По причине lockdown энергопотребление в промышленности существенно снизилось, однако на фоне такого снижения повысилась доля использования возобновляемых источников энергии.

Такое изменение можно пояснить как полное использование мощностей возобновляемой энергии, введённых в том числе и в течение прошедшего года. До lockdown возобновляемые источники обеспечивали лишь недостающую часть энергии в общей структуре потребления, в то время как большая часть покрывалась при помощи традиционных. На данный же момент ввиду снижения потребления углеводородов для энергогенерации именно возобновляемые энергоресурсы стали определяющими в процессе обеспечения энергией. Этот факт также косвенно подтверждается большой децентрализованностью использования таких источников.

Уменьшение энергопотребления еженедельно, согласно исследованиям IEA [35], колеблется от 1-2% до примерно 33% в зависимости от строгости мер, направленных на ограничение пандемии COVID-19 (Приложение В). Эксперты выделяют три основные группы мер по строгости: ограниченный запрет, частичный lockdown и полный lockdown. Чем более строгие меры предпринимаются правительствами, тем сильнее наблюдается совокупное уменьшение спроса на энергию, что связано с фактическим ограничением деятельности общества в промышленности и операционном секторе.

Изменение общего падения энергопотребления в первом квартале 2020 года, по оценке экспертов IEA, достигло уровня послевоенного периода конца 1950-х годов. На данный момент мировое энергопотребление снизилось на 3,8% по сравнению с первым кварталом 2019 года, что эквивалентно 150 Мтое.

Такое падение полностью нивелировало рост энергопотребления за весь 2019 год. Наибольшее влияние lockdown оказал на угольную отрасль – потребление угля по сравнению с 2019 годом сократилось практически на 8%. Такое снижение, однако, произошло не только по причине снижения электропотребления вследствие COVID-19 (на 2,5%), но в большей степени по причине замещения угля более дешёвым природным газом. Ограничения в использовании транспорта в целом снизили мировой спрос на нефть и нефтепродукты примерно 5%, а на природный газ – на 2%, при этом это падение было смягчено по причине низких цен на углеводородное топливо. Спрос на возобновляемую энергетику, напротив, вырос на 1,5% по сравнению с первым кварталом 2019 года, что было стимулировано вводом новых проектов по солнечной и ветряной энергетике в эксплуатацию.

Важно отметить прогнозы экспертов относительно совокупного годового изменения энергопотребления по отраслям. Так, например, IEA предполагает продолжение снижения спроса на традиционные источники энергии [35], в частности, потребление нефти может снизиться в общей сложности на 9%, что вернёт общий объём к показателям 2012 года. Падение спроса на уголь сохранится по прогнозам экспертов и составит 8%, при этом восстановление спроса на уголь для использования в промышленности и электрогенерации в Китае после завершения lockdown ограничит негативный тренд. Касательно газа и ядерной энергетики эксперты не могут дать чётких прогнозов, однако существует предположение, что в связи с падением спроса на энергию и использование газа в промышленности ввиду lockdown, степень падения этих источников может также существенно увеличиться на 3-4%. Возобновляемая энергетика, напротив, в связи с низкими операционными затратами может сохранить тенденцию к росту [34], однако, в более медленном темпе – низкая транспортная активность потенциально приведёт к снижению спроса на биотопливо, что негативно повлияет на рост спроса. Однако позитивным влиянием может стать введение в эксплуатацию в текущем году ряда новых проектов возобновляемой энергетики.

Таким образом, поскольку на сегодняшний день происходят резкие изменения в структуре мирового энергопотребления, связанного с рядом событий первого квартала 2020 года, достаточно сложно отследить текущие тренды развития альтернативной энергетики в мировом энергетическом комплексе. Опираясь на данные 2018 года как на наиболее полные, необходимо сделать вывод о ключевых позициях нефти и нефтепродуктов, угля и природного газа в структуре энергопотребления, а также о незначительной доле иных источников энергии, включая гидроэнергетику, ядерную энергию и возобновляемые источники.

Тем не менее, тенденции, связанные с кризисом lockdown и колебаниями на мировых газовых и нефтяных рынках, изменили структуру мировой энергетики. Общее энергопотребление в мире существенно снизилось, в первую очередь, по причине снижения операционного времени энергостанций на традиционных источниках энергии и снижения транспортного использования (использующего нефтепродукты в качестве топлива). На фоне этого снижения доля использования возобновляемых повысилась, что обусловлено не только большим использованием текущих проектов, но и также вводом в эксплуатацию в конце 2019 года новых мощностей. Исходя из сложившейся ситуации эксперты прогнозируют дальнейший рост доли возобновляемой энергетики, в том числе и за счёт снижения объёмов использования традиционных энергоресурсов.

2. ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА НА РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

2.1. Диверсификация деятельности транснациональных энергетических компаний в процессе энергетического перехода

В условиях современного роста социальной ответственности бизнеса перед рядом компаний остро стоит вопрос соблюдения ряда климатических соглашений. Киотский протокол 1997 года и Парижское соглашение 2015 года призваны регулировать экологическую обстановку в мире, делегируя полномочия по применению мер странам, ратифицировавшим эти соглашения. В рамках собственной юрисдикции государства тем или иным образом определяют порядок взысканий и поощрений по отношению к производствам, как использующим традиционные, «грязные» методы, так и более новаторским, построенным по принципу минимальных или нулевых выбросов.

Особая ответственность при этом лежит на предприятиях тяжёлой промышленности и энергетических компаниях, при этом, если новые способы производства материалов, сопряженные с уменьшением выбросов загрязняющих веществ, развиваются и внедряются достаточно медленно, то продукция нефтегазовых корпораций имеет серьёзную конкуренцию в виде возобновляемых энергоресурсов. Для того, чтобы идти в тренде мировых энергетических процессов, компаниям необходимо перенаправить вектор своей деятельности, вплоть до изменения концепта и бренда.

Одной из первых диверсифицировала свою деятельность и изменила имидж корпорации с нефтегазовой на энергетическую, стала норвежская компания Equinor. Известная ранее как Statoil, эта компания ещё в 2007 году начала диверсифицировать свою деятельность посредством приобретения компании Norsk Hydro, специализирующейся как на добыче нефти и газа, так и на производстве алюминия. К 2018 году руководством компании было принято решение о ребрендинге, что отражает долгосрочную стратегию корпорации. По словам председателя совета директоров, Йона Эрика

Рейнхардсена, «название Equinor отражает текущие изменения и поддерживает безопасную, ценную и низкоуглеродную стратегию» [26, 48]. Под брендом Equinor компания планирует построить индустриальные позиции с помощью выгодной альтернативной энергии, а также ожидается, что к 2030 году 15-20% совокупных капитальных затрат пойдут на инвестирование новых энергетических решений.

Базируясь на трёх принципах своей долгосрочной стратегии, Equinor разработал своё видение будущего компании, включая её место в мире. Так, например, корпорация планирует к 2050 году снизить углеродную интенсивность производства энергии более, чем в 2 раза [58]. Такое снижение, по мнению специалистов Equinor, возможно за счёт развития следующих направлений:

- операционная эффективность производства;
- разделение и масштабирование нефти и газа;
- рост использования возобновляемых/альтернативных источников энергии;
- внедрение мер по захвату, удержанию и утилизации углерода (carbon capture, utilization and storage, CCUS) и водородного топлива;
- прочие направления (включая биотопливо и использование естественных резервуаров).

В рамках корпоративной стратегии Equinor применяет комплекс мероприятий New Energy Solutions (NES). Этот комплекс отражает долгосрочные цели компании по дополнению нефтегазового портфолио с рентабельными альтернативными энергоисточниками, а также другими низкоуглеродными энергетическими решениями. В рамках NES Equinor устанавливает ветряные электростанции и внедряет решения, связанные с CCUS, равно как и прочие решения в области альтернативной энергетики (в т.ч. низкоуглеродные). Эксперты компании позиционируют NES как средство комбинирования компетенций в нефтегазовой отрасли, возможности

реализации проектов и способности интегрировать технологические решения [26].

Кроме того, в декабре 2019 года Equinor увеличила долю владения акциями компании Scatec Solar до 15,2%. Scatec Solar является норвежским производителем солнечной энергии с общим объёмом производства энергии в 1,9 ГВт в мире. С учётом объёма собственных капиталовложений, Equinor планирует увеличить общую энергогенерацию альтернативных энергоресурсов с 1,3 ГВт в 2019 году до 4-6 ГВт к 2026 году, а к 2035 – до 12-16 ГВт. Важным является тот факт, что в 2019 году только 0,5 ГВт производственных мощностей находится в собственности Equinor – оставшиеся 0,8 ГВт принадлежат другим компаниям, где Equinor обладает долей собственности (как в случае Scatec Solar; примерно 0,55 ГВт) либо же имеет право использования таковых (примерно 0,25 ГВт).

Производство электроэнергии при помощи альтернативных источников в 2019 году составило 1,8 ГВт*ч, что эквивалентно примерно 1,06 млн. ВОЕ. Этот объём можно сравнить с производственной мощностью нефтегазовой деятельности компании: в год было произведено примерно 0,76 млн. ВОЕ, а подтверждённые запасы оцениваются в 6 млрд. ВОЕ. Если учитывать среднегодовую стоимость электроэнергии в странах Западной Европы, то совокупный доход от реализации альтернативных энергоресурсов в 2019 году составил примерно 79,02 млн. евро (без учёта затрат).

Кроме того, компания Equinor заинтересована и в развёртывании новых проектов, связанных, в первую очередь, с ветряной электрогенерацией. Интерес к завершённому в 2019 году проекту Arkona offshore wind farm, оператором которого является RWE Renewables International GmbH и расположенному в Балтийском море на побережье Германии, составил лишь 25%. Однако к текущим проектам Nuwind Tampen, полностью принадлежащим Equinor и строящимся в Северном море интерес компании выше: 51% для лицензии Gullfaks и 33,28% для лицензии Snorre. Данные

проекты представляют собой ветряные электростанции по технологии off-shore wind.

Одним из способов достижения среднесрочных и долгосрочных целей Equinor является коллаборация с другими компаниями. Так, например, проект Northern Lights, осуществляемый совместно с Total и Shell, предполагает постоянное хранение сжатого диоксида углерода в естественных подземных резервуарах, оставшихся после добычи нефти и газа на месторождениях компании. Более того, такой проект предполагает дополнительно искусственное восстановление нефти путём увеличения давления в таких резервуарах и насыщения сжатого углерода водой [44]. Такое использование углерода может потенциально уменьшить риски нового энергетического перехода [48].

Тем не менее, партнёры Equinor по Northern Lights не остаются в стороне от декарбонирующих тенденций. Диверсификация деятельности Total основывается не только на солнечной и ветряной энергетике, но и применяемых разработках в сфере биотоплива. Проекты Total в области биотоплива на сегодняшний день представляют опытные образцы и установки, расположенные в различных регионах Франции, при этом специалисты планируют представить имеющиеся и применяемые технологии в 2020 году [53]. Кроме того, компания обладает рядом международных проектов в солнечной энергетике: в ЮАР, Чили, ОАЭ и Японии. Проекты солнечной энергетики расположены в этих странах в связи с большой потребностью в использовании новых источников энергии, например, разработка японского проекта Нанао связана с аварией на АЭС Фукусима, в связи с чем японским правительством было принято решение на снижение доли ядерной энергетики в общей структуре энергопотребления [54].

Однако компания не отказывается от производства и ископаемых источников энергии и считает, что для удовлетворения растущего спроса на энергетическую устойчивость одновременно со снижением объёма эмиссии стоит обратить внимание на генерацию электро- и тепловой энергии при

помощи природного газа. Использование газа как шага в рамках энергетического перехода, по мнению специалистов компании, сопряжено с определёнными трудностями, в частности хоть и низкими, но всё ещё присутствующими выбросами загрязняющих веществ, включая метан как основной компонент природного газа. Для борьбы с этим Total предполагает своё участие в мировое повестке по борьбе с выбросами загрязняющих веществ при использовании природного газа двумя путями:

- внедрения изменений в собственные производственные мощности;
- участие в международных проектах, направленных на борьбу с изменением климата из-за выбросов метана в атмосферу.

Одним из основных направлений формирования климатической стратегии Total является достижение целей устойчивого развития ООН, для этого компания объединяет силы с другими крупными нефтегазовыми игроками для участия в ряде коллаборационных проектов. Корпорация является членом-основателем Нефтегазовой климатической инициативы (Oil and Gas Climate Initiative, OGCI), а в 2017 году присоединилась к Прорывной Энергетической Коалиции (Breakthrough Energy Coalition), в рамках которой инвесторов разрабатываются долгосрочные решения по поддержке новых компаний в связи с предстоящими энергетическими вопросами. Total в 2019 году определила и представила исследование о влиянии международных энергетических ассоциаций на достижение климатических целей. Это исследование базировалось на следующих положениях:

- исследовательская позиция: существует связь между изменением климата и деятельностью человека как установившийся факт;
- Парижское соглашение выступает как основное средство для борьбы с изменением климата;
- оценка углерода: необходимость внедрения систем оценки углерода основана на поощрении энергетической эффективности и поддержке низкоуглеродных решений;

- роль природного газа: газ является ключевым компонентом в энергетическом переходе, в особенности как альтернатива углю;
- развитие возобновляемой энергетики: поддержка политик, инициатив и технологий для увеличения роста возобновляемых технологий, также разработка устойчивых видов биотоплива;
- разработка CCUS: разработка мер по удержанию, хранению и использованию углерода критична для достижения углеродной нейтральности ко второй половине столетия.

Основной мерой по достижению задач Парижского соглашения Total ставит разработку и внедрение систем оценки выбросов углерода. Установление цены на выбросы углерода, по мнению компании, является наиболее эффективным финансовым знаком для изменения рыночной и производственной ситуации и ускорения перехода к низкоуглеродной генерации энергии.

В своей отчётности компания Total отражает результаты использования альтернативных источников энергии в графе *Integrated Gas, Renewables and Power*, что, фактически, не выделяет какие-либо показатели, относящиеся только к альтернативным энергоресурсам. Под *Integrated Gas* в этом сегменте подразумевается использование технологий по сжижению и транспортировке природного газа, где также кратко рассматриваются основные показатели данного направления. Однако какие-либо данные касательно совокупной мощности альтернативной энергетики в компании, целей по увеличению её доли в будущем в отчётах Total не представлено [55]. Это позволяет сделать следующие предположения: либо компания ещё не представила собственные решения по использованию альтернативных энергоисточников, либо её вклад на сегодняшний день заключается только в поддержке и сопутствующих разработках для коллаборационных проектов. Тем не менее, ни одно из этих предположений не противоречит результатам компании по снижению выбросов диоксида карбона, что достижимо при нынешних производственных мощностях Total только с помощью мероприятий CCUS.

Основным принципом нефтегазовой компании Royal Dutch Shell в рамках энергетического перехода является устойчивость энергетической системы, что в видении компании является аналогичным предоставлению большего количества более чистой энергии потребителям. Такой подход соответствует ключевым ценностям компании – честности, целостности и уважения к людям – принятым как Shell General Business Principles [46]. Подход к устойчивому развитию подразумевается компанией как комплексный, состоящий из трёх основных направлений:

- операционное: продвигая безопасный, эффективный, ответственный и выгодный путь ведения бизнеса;
- потребительское: помогая сформировать более устойчивое энергетическое будущее;
- общественное: посредством внесения позитивного вклада.

В рамках осуществления данных направлений компания рассматривает борьбу с изменением климата как одно из ключевых решений, в связи с чем Shell опирается на использование следующих мер:

- развитие роли природного газа: как чистейший углеводород, природный газ при использовании в энергогенерации выделяет лишь половину диоксида карбона и одну десятую прочих загрязняющих веществ по сравнению с углём;
- разработки технологий CCUS: для достижения целей борьбы с изменением климата предполагается, что для мирового сообщества необходимо разработать и внедрить большее число проектов по захвату, использованию и хранению углерода;
- увеличение доли возобновляемых источников: Shell обладает десятилетним опытом в развитии ветряной энергетики, а также рассматривает использование этанола из сахарного тростника как наиболее чистый вид биотоплива, кроме того, недавно созданная дочерняя компания New Energies позволит изучить инвестиционные возможности в энергетических решениях,

объединяющих, к примеру, ветряную и солнечную энергетику с газом, а также новые пути для обеспечения потребителей энергией;

- разработка механизмов оценки выбросов: оценка выбросов является эффективным способом развития инвестирования в низкоуглеродные технологии и альтернативные энергетические решения, при этом разработка таких механизмов практически невозможна без непосредственного воздействия государства;

- развитие решений низкоуглеродного транспорта: большое количество электромобилей, по мнению специалистов Shell, поможет снизить уровень выбросов загрязняющих веществ в городской среде, а также имеется существенный потенциал у биотоплива и СПГ как низкоуглеродных сжиженных углеводородов, применяемых в автомобильном, морском и воздушном транспорте;

- низкоуглеродная генерация энергии: увеличение использования электроэнергии потребителями должно компенсировать не столько за счёт развёртывания традиционных станций по генерации энергии, но при помощи низкоуглеродных источников энергии;

- концепция «честного и справедливого перехода»: такая концепция закреплена в Парижском климатическом соглашении как подтверждение принятия рисков изменения структуры занятости населения в связи с переходом на низкоуглеродные решения, кроме того, такой переход должен соотноситься с Целями устойчивого развития ООН.

Цели и результаты Shell в области энергетического перехода, в первую очередь, пересекаются с аналогичными у Total, в частности – в области Integrated Gas, что, как и у их партнёров, означает развитие систем производства и реализации сжиженного природного газа. Несмотря на это, компания также и специализируется на альтернативных энергоисточниках [47]. Так, например, в 2019 году Shell приобрела немецкую компанию «sonnen», специализирующуюся на обеспечении домашних хозяйств системами хранения энергии с интегрированными солнечными панелями.

Кроме того, Shell также приобрела энерготехнологическую компанию Limejump, чьей отраслью является разработка решений по хранению энергии для малой альтернативной энергетики. Shell также является частью консорциума Blauwwind, Нидерланды, с долей в 20%. Консорциум разрабатывает ветряные электростанции Borselle III и IV по технологии off-shore wind, общая мощность этих станций составляет 731,5 МВт. Также Shell обладает 50% долей в совместном предприятии NoordzeeWind, мощность ветряных электростанций которого составляет 108 МВт. Компания инвестирует и в американские ветроэнергетические проекты, являясь сооснователями, а также обладает долей в 43,1% в Silicon Ranch Corporation, разработчиком, владельцем и оператором большинства солнечных панелей в США.

Отдельно важно отметить интерес Shell к потенциалу водородного топлива, которое, по мнению экспертов компании, может играть жизненно важную роль в переходе к низкоуглеродному миру. В частности, компания принимает участие в разработке судна по перевозке сжиженного водорода – Suiso Frontier. Этот проект был запущен в декабре 2019 года в Кобе, Япония совместно с Kawasaki Heavy Industries и при поддержке NASA. Ожидается, что к 2021 году Suiso Frontier станет первым в мире судном для транспортировки водорода, сжиженного при температуре -253 Цельсия. По мнению экспертов компании, Suiso Frontier позволит разработать и продемонстрировать технологии, необходимые для полной цепочки производства, транспортировки и реализации водородного топлива в промышленных масштабах к 2030 году. Проект может показать важность разработки подобных технологий в условиях мирового энергетического перехода.

Таким образом, в описанных кейсах транснациональных энергетических корпораций предлагаются комплексы мер, стратегий и сценариев развития в процессе энергетического перехода, однако фактическое развитие альтернативной энергетики в портфолио компаний практически не отображается. Лучше всего этот момент освещён в отчётах Equinor, где,

несмотря на отсутствие выделения результатов по производству и реализации альтернативных энергоресурсов, можно оценить общий объём участия компании в проектах – как национальных, так и международных. С учётом приведения цены электроэнергии в странах-потребителях можно рассчитать общий доход от реализации альтернативных энергоресурсов, в связи с чем становится доступна «грубая» оценка масштабов внедрения подобных проектов в компании.

Каждая из рассматриваемых транснациональных корпораций обладает своим подходом к решению климатических проблем, вынесенных на международную повестку. Основной стратегией компаний является диверсификация портфолио деятельности путём внедрения наряду с традиционным использованием нефти и газа низкоуглеродных решений (включая солнечные и ветряные электростанции, меры по CCUS и прочее). Так, норвежская компания Equinor расширила поле своей деятельности, развивая и участвуя в развитии проектов, связанных с фотовольтаикой и off-shore wind. В свою очередь, Total не представила пока что ни одного собственного проекта в области альтернативной энергетики, однако согласно их целям по климатической повестке ведутся разработки в области CCUS, а также поддержка сторонних проектов, связанных с альтернативной энергетикой. Компания Shell также пошла по пути представления собственных результатов, аналогичному Total, но, кроме того, также активно поддерживает и принимает участие во внедрении проектов по ветряной и солнечной генерации полного цикла в различных странах мира, а также совместно с Kawasaki Heavy Industries (Япония) и NASA разрабатывает проект судна для транспортировки водородного топлива. Важно отметить, что и Total, и Shell активно разрабатывают проекты по внедрению природного газа в производственные процессы и, тем самым, замещения более традиционных для индустрии нефти и угля.

2.2. Ограничение выбросов загрязняющих веществ как стимул развития альтернативной энергетики

Решение проблем экологичности мирового производства и потребления энергии, наряду с концепцией истощаемости традиционных ресурсов, занимающих основное место в энергобалансе мирового потребления, приводит к необходимости разработки и апробации достижений НИОКР в области альтернативной (устойчивой) энергетики. Тем не менее, необходимо проанализировать положения, определяющие международное регулирование ряда упомянутых задач. Для этого необходимо рассмотреть основные положения Киотского протокола от 1997 года и Парижского соглашения по климату от 2015 года.

Необходимо отметить, что Киотский протокол по ряду своих положений затрагивает аспекты экологии выбросов в атмосферу, которые не были учтены в Монреальском протоколе по веществам, разрушающим озоновый слой, от 1985 года [2]. Монреальский протокол, по словам Генерального секретаря ООН, за 17 лет после его подписания большей частью реализовал свой потенциал и, тем самым, определил ряд условий восстановления озонового слоя в ближайшее будущее [5]. Киотский протокол, в свою очередь, расширил список веществ, которые угрожают экологической системе Земли, включив в него перечень иных газов (кроме озоноразрушающих), известных в науке как «парниковые газы».

Предлагаемые меры, указанные в статье 2 Киотского протокола [1], являются прообразом современных мероприятий по CCUS, особенно с учётом упоминания отдельно углекислого газа наряду с парниковыми газами. Основным показателем оценки эффективности применения таких мер является значение уменьшения выбросов парниковых газов (статья 3), при этом особенность применения такой оценки заключается в том, что стороны протокола могут заключать договора-проекты о приобретении (передаче) единиц сокращения выбросов, т.е. имеет место быть возможность передачи части обязательств по сокращениям выбросов (статья 6). Наряду с этим, в

протоколе определяется «механизм чистого развития» (МЧР) – основополагающий механизм по содействию странам, не включённым в приложение В протокола, выполнения его условий. Отдельно необходимо отметить тот факт, что среди стран, включённых в приложение В, есть некоторые страны, количественные обязательства по сокращению выбросов равны или превышают 100%, что означает соответственно сохранение текущего уровня выбросов парниковых газов и вероятное увеличение этого уровня. К странам с обязательствами, равными 100%, относятся Новая Зеландия, Российская Федерация и Украина (последние две – в т.ч. по причине перехода от плановой экономики к рыночной), а среди стран, чьи обязательства превышают 100% – Австралия (108%), Исландия (110%), Норвегия (101%).

Немаловажным фактом является также то, что ряд развивающихся стран не был включён в приложение В протокола. Среди таких стран особенно выделяются Китай и Индия, как крупнейшие государства юго-востока Азии, при этом на сегодняшний день эти государства являются лидерами в потреблении традиционных ископаемых источников энергии и, соответственно, одними из крупнейших эмитентов CO₂ в атмосферу (первое и третье место по выбросам соответственно [21]). Такие тенденции вызвали критику положений Киотского протокола вследствие потери доверия к нему, и в 2011 году Канада вышла из числа сторон Киотского протокола.

На смену Киотскому протоколу в 2015 году было заключено Парижское соглашение по климату, включающее в себя и регулирующее те факторы, которые не были учтены при заключении Киотского протокола. Основным условием Парижского соглашения, равно как и основным вектором обсуждений в ходе Конференции по климату в Париже 2015 года, является «удержания прироста глобальной средней температуры намного ниже 2°C сверх доиндустриальных уровней и приложения усилий в целях ограничения роста температуры до 1,5°C, признавая, что это значительно сократит риски и воздействия изменения климата» (статья 2) [3]. В рамках сокращения прироста

глобальной средней температуры предполагается установление низкого уровня выбросов парниковых газов при сохранении производства продовольствия.

В отличие от Киотского протокола, согласно Парижскому соглашению, каждая сторона самостоятельно определяет меры и объёмы касательно сокращения выбросов парниковых газов, при этом отдельно отмечается, что развитые страны должны продолжить сокращать объёмы выбросов, а развивающиеся – «активизировать свои усилия по предотвращению изменения климата» (статья 4). При этом, согласно статье 9, развитые страны должны предоставлять развивающимся странам финансовые ресурсы для выполнения условий данного соглашения, иным сторонам соглашения всего лишь предлагается на добровольной основе осуществлять такую помощь.

Примечательным является то, что Парижское соглашение носит только рекомендательный характер и не определяет никаких санкций за невыполнение его условий. Кроме того, не указаны, в отличие от Киотского протокола, предлагаемые меры по достижению поставленных целей, а также в тексте соглашения не встречается конкретных предложений по снижению выбросов парниковых газов, в связи с чем некоторые эксперты в области проблем климата называют соглашение «мошенническим» [43] и «ведущим к увеличению эмиссии CO₂» [45].

Однако позиции стран в отношении «озеленения» национальных экономик и энергетики, в частности, не всегда базируются на международных климатических актах, описанных выше. В частности, страны Европы являются лидерами по разработке и внедрению мер поддержки и субсидирования безуглеродных систем, что включает как увеличение доли низкоуглеродных производств, так усиление контроля над загрязняющими. Видами такого контроля выступают системы «углеродного» налога (carbon tax, CT) и торговли выбросами (emission trade system, ETS), т.е. оценка углерода (carbon pricing). Несмотря на то, что CT и ETS в методологии Мирового Банка объединяются в единую категорию, поскольку подразумевают некоторое

ограничение по объёму выбросов, превышение которого обязательно к компенсации уполномоченным правительственным органам (в частности, по охране окружающей среды), необходимо рассмотреть каждый из этих видов отдельно.

Углеродный налог представляет собой фиксированную сумму дополнительных расходов на эмиссию загрязняющих веществ, в частности, диоксида углерода (CO₂). Этот налог определяется как специфическая ставка налога из расчёта на тонну эмиссии CO₂. Сумма налога определяется на национальном и субнациональном уровне самостоятельно, т.е. на данный момент не существует единой концепции системы углеродного налога, которая могла бы применяться на наднациональном или мировом уровне (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Значения специфической ставки налога на выбросы CO₂ и соответствующие значения выбросов в странах Европы [59]

Страна	Ставка налога, \$/tCO ₂	Значение эмиссии CO ₂ в 2018, млн. тонн	Доля в общем объёме эмиссии
Великобритания	21,79	394,1	23,3%
Дания	25,91	0,033	0,002%
Ирландия	22,07	0,037	0,002%
Исландия	31,3	0,004	0,000%
Испания	16,56	295,2	17,4%
Латвия	4,97	0,007	0,000%
Норвегия	57,14	0,05	0,003%
Польша	0,08	322,5	19,1%
Португалия	14,06	54,5	3,2%
Словения	19,09	0,015	0,001%
Украина	0,39	186,5	11,0%
Финляндия	58,5	46,6	2,8%
Франция	49,23	311,8	18,4%
Швейцария	96,57	36,6	2,2%
Швеция	121,29	44,8	2,6%
Эстония	2,21	0,024	0,001%

Сама концепция СТ была внедрена не во всех странах Европы, причиной тому является возможность использования иной системы компенсации эмиссии углерода – торговли выбросами, ETS. Идея такой торговли была

представлена в 1968 году канадским экономистом Джоном Дэйлсом в его книге «Загрязнение, собственность и цены» («Pollution, Property and Prices») [8]. Ее качественная новизна состояла в предоставлении правительству данной страны права установить конкретный объём суммарной степени загрязненности в качестве высшей экологической цели. После установления ограничения на выброс определённых веществ (к примеру, диоксид углерода, оксид серы, оксид азота) на определённой территории и за конкретный период времени, начинается распределение соответствующего количества квот на их выброс. Верхняя граница степени загрязненности в течение времени может постепенно снижаться. Благодаря свободной торговле этими квотами цена на сертификаты будет определяться спросом. Выбросы, произведенные вне рамок определённой квоты, облагаются штрафом. В английском языке подобная практика называется «cap and trade» («ограничить и торговать»). Подобная система указывается в качестве рекомендаций в Киотском протоколе [1], однако на данный момент практика её применения распространена не как общемировая, а как наднациональная (между некоторыми странами, заключившими соответствующие соглашения) и национальная (между регионами стран).

Соотношение между применениями систем ETS и СТ можно выразить графической моделью (рис. 2.1). При углеродном налогообложении издержки на выбросы рассчитываются исходя из ставки за каждую условную единицу выбросов (чаще всего — тонну CO₂), т.е. в упрощённом виде мы можем выразить эту зависимость как прямую пропорциональность. В случае ETS можно предположить, что некоторая фиксированная сумма уже была уплачена за квоту и, исходя из этого, каждое приращение совокупных издержек выражено в виде штрафа за чрезмерные выбросы загрязняющих веществ. Угол наклона каждой из линий обусловлен ставкой налога или ставкой штрафа за превышение квоты, что означает, что точка безразличия систем (выраженная на графике при объёме выбросов в 6 условных единиц) может и не существовать. Такая модель может быть применима в тех странах, где системы

оценки выбросов применяются параллельно, и компания сама может выбирать между ними, основываясь на результатах внутреннего и внешнего анализа ситуации касательно выбросов.

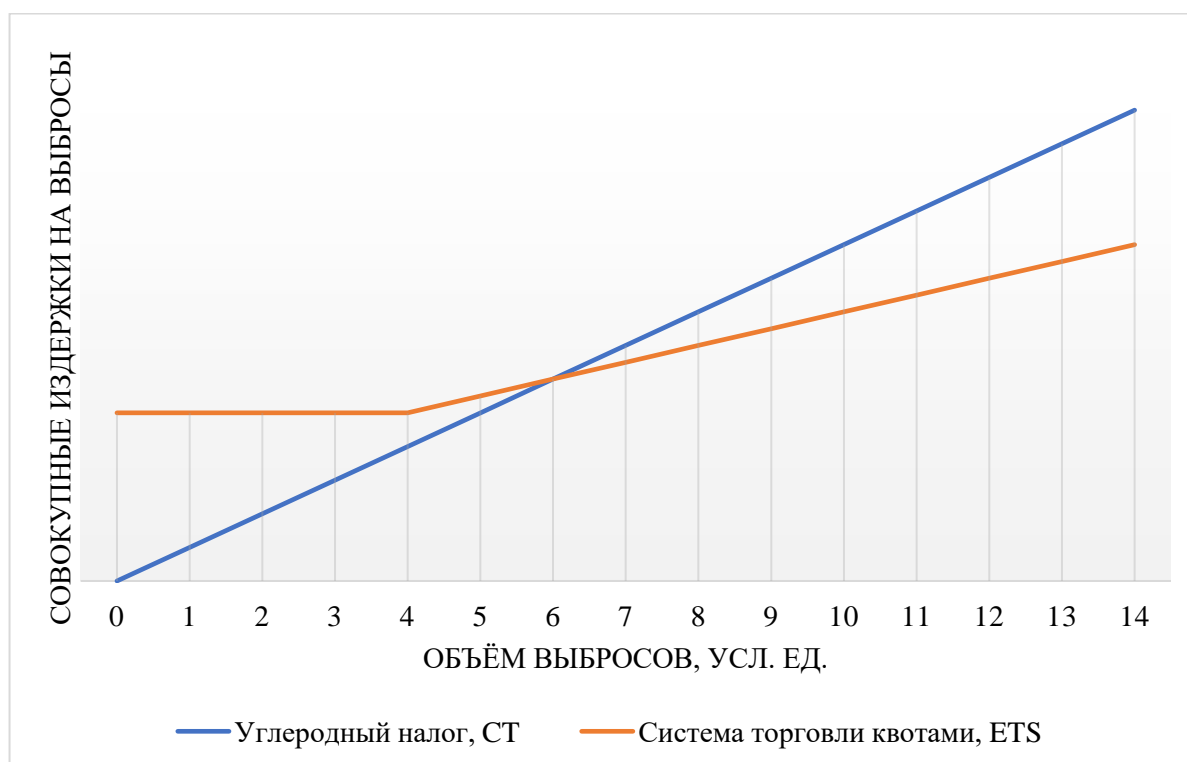


Рисунок 2.1 – Графическая модель соотношения издержек применения систем оценки выбросов ⁶

Система ETS отличается от системы СТ более широкой категорией загрязняющих веществ. Так, в частности, в учёте ETS включаются следующие вещества по секторам выбросов:

- углекислый газ (CO₂):
 - а) производство электроэнергии и тепла;
 - б) энергоемкие отрасли промышленности, включая нефтеперерабатывающие заводы, металлургические заводы и производство чугуна, алюминия, металлов, цемента, извести, стекла, керамики, целлюлозы, бумаги, картона, кислот и сыпучих органических химикатов;
 - в) коммерческая авиация;

⁶ Составлено автором

- закись азота (N_2O): производство азотной, адипиновой и глиоксиловой кислот и глиоксаля;
- перфторуглероды (ПФУ): производства алюминия.

На сегодняшний день развитие ETS привело к расширению концепции, предложенной Дэйлсом, а именно объём квот может быть не только предоставлен безвозмездно определённым, выбранным правительством, компаниям, но и выставлен на торги в формате аукциона. Более того, не исключается и концепция существования вторичного рынка квот в рамках ETS, предполагающая перепродажу данных квот третьим компаниям, незанятым в первичном распределении [25].

Таким образом, Киотский протокол и Парижское соглашение, выступая в качестве международных актов по сохранению климата и защите окружающей среды, оказывают влияние на развитие и изменение структуры международной энергетики. При этом положения Киотского протокола чётко определяют большинство предлагаемых мер, фактически предлагая конкретные пути разрешения сложной эколого-климатической обстановки. Эти меры, в том числе, затрагивают и изменение структуры использования источников энергии (в основном ископаемых – в сторону уменьшения), и, следовательно, в качестве альтернативы предполагается развитие возобновляемых и экологичных источников. Комплексный, однако не всеобъемлющий подход по регулированию уменьшения прироста выбросов парниковых газов для ряда стран-сторон протокола послужил гарантом выполнения его условий на протяжении более, чем 10 лет. В связи с недостатками протокола, выявленными в процессе мирового экономического развития, в 2015 году было определено Парижское соглашение по климату. Немаловажно, что Парижское соглашение отличается от своего «предшественника» более размытыми условиями его существования, к примеру, не предлагаются конкретные меры по выполнению его целей (сохранение и уменьшение прироста глобальной температуры), вместе с этим не накладываются обязательства на стороны соглашения и не

устанавливаются санкции за невыполнение условий по достижению целей. Такое отсутствие чётких формулировок вызвало критику среди ведущих экспертов по климату; в числе прочего было также выдвинуто предположение, что соглашение подразумевает увеличение эмиссии углекислого газа, в отличие от Киотского протокола. Тем не менее, положения и цели Парижского соглашения, как и Киотского протокола ранее, в целом косвенно определяют дальнейшее развитие использования ископаемых энергоресурсов как основного источника выбросов загрязняющих атмосферу веществ (парниковых газов).

Однако позиции стран в отношении «озеленения» национальных экономик и энергетики, в частности, не всегда базируются на международных климатических актах, описанных выше. В частности, страны Европы являются лидерами по разработке и внедрению мер поддержки и субсидирования безуглеродных систем, что включает как увеличение доли низкоуглеродных производств, так усиление контроля над загрязняющими. Видами такого контроля выступают системы «углеродного» налога (carbon tax, CT) и торговли выбросами (emission trade system, ETS), т.е. оценка углерода (carbon pricing). Углеродный налог представляет собой фиксированную сумму дополнительных расходов на эмиссию загрязняющих веществ, в частности, диоксида углерода (CO₂). Этот налог определяется как специфическая ставка налога из расчёта на тонну эмиссии CO₂, а его сумма определяется на национальном и субнациональном уровне самостоятельно. Сама концепция CT была внедрена не во всех странах Европы, причиной тому является возможность использования иной системы компенсации эмиссии углерода – торговли выбросами, ETS. Ее качественная новизна (предложенная Дэйлсом в «Загрязнение, собственности и цены») состояла в предоставлении правительству данной страны права установить конкретный объём суммарной степени загрязненности в качестве высшей экологической цели. На сегодняшний день развитие ETS привело к расширению концепции, предложенной Дэйлсом, а именно объём квот может быть не только

предоставлен безвозмездно определённым, выбранным правительством, компаниям, но и выставлен на торги в формате аукциона.

2.3. Факторный анализ мировых позиций альтернативной энергетики

Как одна из ключевых составляющих мировой экономики, энергетика находится под влиянием множества факторов, как внешних, так и внутренних. Этот факт касается также и альтернативной энергетики, особенно с учётом современных тенденций, направленных на «озеленение» экономики в целом. Для того, чтобы отобразить реальные позиции альтернативной энергетики, необходимо провести анализ ключевых факторов, а также выявить позитивные и негативные тренды, влияющие на развитие альтернативной энергетики в целом.

Наилучшим форматом для проведения разведочного факторного анализа является PESTLE-анализ. PESTLE-анализ рассматривает внешнее воздействие на предмет по шести категориям:

- политические факторы;
- экономические факторы;
- социальные факторы;
- технологические факторы;
- правовые факторы;
- экологические факторы.

Политические факторы относительно альтернативной энергетики выражены, в первую очередь, в стимулирующих мерах правительств по разработке и внедрению проектов альтернативной энергетики. В частности, политическое влияние может быть рассмотрено по двум направлениям: с одной стороны стимулирование и субсидирование развития альтернативной энергетики, и с другой – ограничение использования традиционных энергоресурсов. Практика последнего направлена на постепенное снижение доли загрязняющих производств одновременно с увеличением доли

альтернативных. Такое ограничение выражено, в первую очередь, в виде налоговых взысканий за выбросы загрязняющих атмосферу веществ, что, тем самым, повышает расходы на использование «грязных» методов производства и делает, тем самым, производство менее привлекательным. Субсидирование и поддержка проектов альтернативной энергетики производится правительствами с целью достижения основных прогнозируемых результатов, закреплённых как в ряде климатических соглашений, в частности, Парижского (недопущение роста среднегодовой температуры более, чем на 1,5 градуса Цельсия), так и в частных межправительственных инициатив (европейский Green Deal [27]). Такие меры положительно влияют на рост доли альтернативной энергетики в целом.

Субсидирование «чистой» энергии и налогообложение «грязной» тесно перекликаются с категорией **экономических** факторов воздействия на развитие альтернативной энергетики. Так, к примеру, немаловажным фактором, логически продолжающим политический фактор налогообложения углерода, является внедрение систем, получивших общее название carbon pricing, т.е. оценка выбросов углерода и прочих загрязняющих веществ. С экономической точки зрения особый интерес представляет ETS, т.е. система по торговле выбросами (точнее, квотами на выбросы) [25]. Появление таких систем существенно расширило возможности как традиционных энергетических корпораций, так и дало толчок к развитию «альтернативных». В рамках ETS компаниям не воспрещается выводить излишки квоты на выбросы на вторичный рынок, где цена формируется под влиянием спроса и предложения на квоты. Более того, формирование в рамках ETS рыночных механизмов взаимодействия корпораций с государством (как эмитентом квот) позволяет представить такую систему как более мягкий аналог углеродного налога, поскольку при превышении квоты на выбросы ставка штрафа может быть ниже, чем аналогичная ей ставка углеродного налога.

Другим важным экономическим фактором является высокий уровень импорта технологий альтернативной энергетики в страны, которые развивают

такие проекты. Использование решений, применяемых в странах азиатско-тихоокеанского региона (в частности, Японии и Австралии) позволяет ряду европейских стран снизить собственные издержки на R&D в этой отрасли, что существенно влияет на сроки внедрения таких проектов [32]. Более того, к этой сфере относится импорт не только технологий, но и готовых установок для солнечной и ветряной электрогенерации. Такая ситуация вынуждает страны-импортёры быть зависимыми от экспорта технологий и решений, одновременно с этим снижая собственный бюджет на разработки в этой области, то есть таким образом производственно-технологический центр смещается на восток, в сторону азиатских стран, а страны Европы в данном случае выступают не как мировые производители, а как мировые потребители. Немаловажным фактом, который идёт в совокупности с ростом азиатского импорта технологий альтернативной энергетики, является также и рост числа азиатских проектов на территории Европы в этой сфере, в частности, в ветряной электроэнергетике [23].

Кроме того, альтернативная энергетика, являясь принципиально новой для освоения в некоторых регионах отраслью, требует дополнительных капиталовложений, которые связаны не с приобретением технологий или конкретных решений, а с развёртыванием необходимой инфраструктуры. В качестве такой инфраструктуры может выступать электросеть достаточной мощности, топливные и аккумулирующие элементы, а также прочие здания и сооружения, которые обеспечивают эффективную эксплуатацию альтернативных энергоресурсов. Однако в связи с отдалённостью и трудным географическим положением отдельных населённых пунктов и местностей, размещение подобной инфраструктуры потребует значительных дополнительных расходов на подготовку местности для проведения.

На развитие альтернативной энергетики влияет также и структура акторов в индустрии, включающая как их размер, так и цепочку распределения энергоресурсов (рис. 2.2). Такая цепочка отличается от вида B2B2C, преимущественно применимого для традиционных видов энергетики, где

продукция поступает потребителям от компаний, чья сфера деятельности – downstream, которая, в свою очередь, получает её от upstream и midstream компаний.

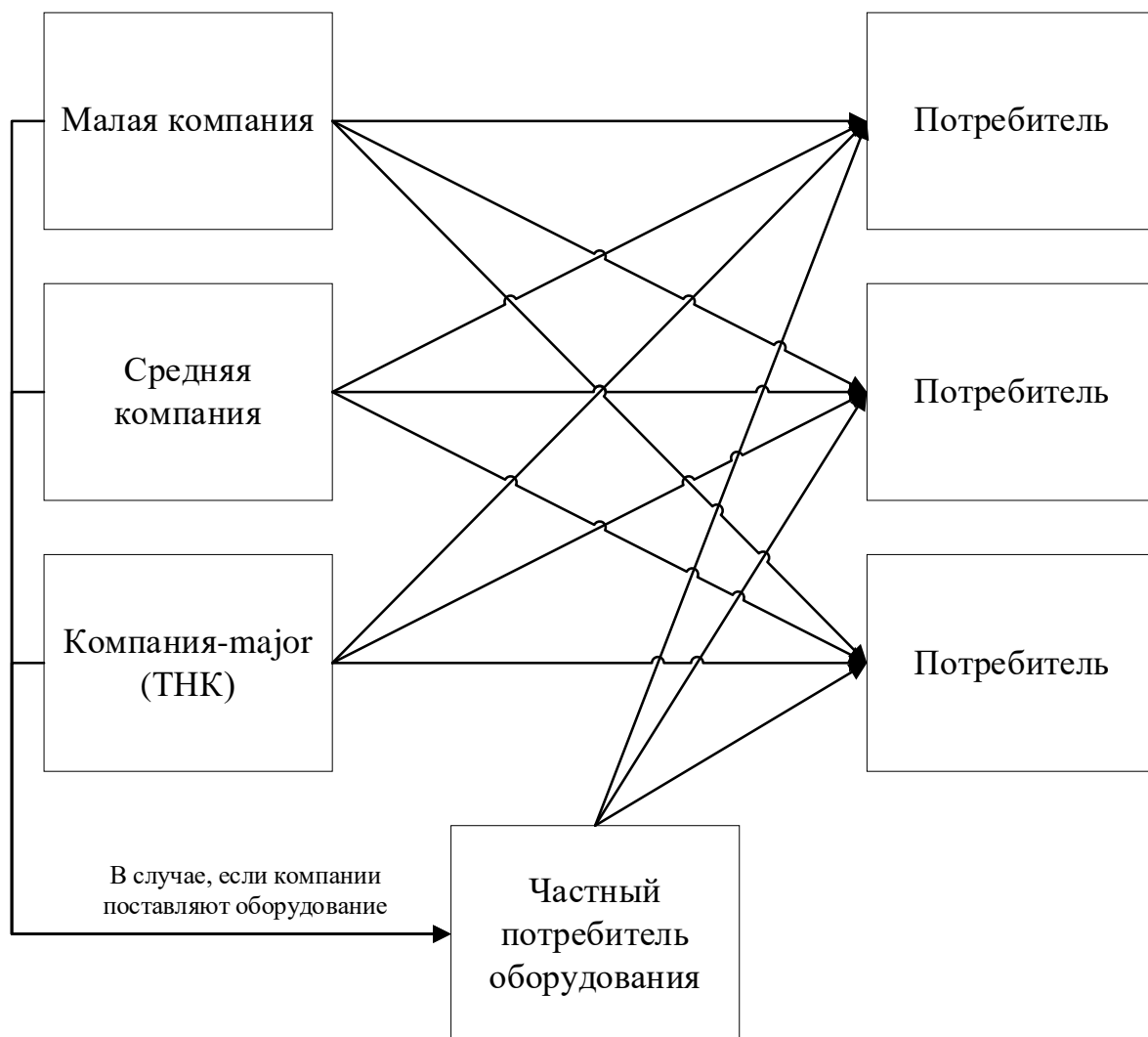


Рисунок 2.2 – Распределённая схема реализации альтернативных энергоресурсов⁷

Одной из главных отличительных особенностей распределённой цепочки полного цикла заключается в том, что компании обладают достаточными мощностями и возможностями, чтобы самостоятельно осуществлять сбыт продукции или энергии, получаемой от альтернативных источников, потребителям. Эта особенность позволяет свободно выходить на рынок более мелким, локальным компаниям, которые могут осуществлять свою деятельность в пределах нескольких населённых пунктов или

⁷ Составлено автором

отдалённых производств, обеспечивая, тем самым, гибкость развёртывания проектов альтернативной энергетики. Однако, что важно отметить, крупные игроки в энергетической отрасли, ориентирующиеся на достижение целей, связанных с альтернативной энергетикой, могут также наращивать своё присутствие в таких регионах путём приобретения и поглощения уже установившихся малых и средних компаний, описанных выше.

Более того, дополнительным параметром гибкости является возможность отдельным потребителям решений в альтернативной энергетике при необходимости самому выступать как производителю энергии и, таким образом, сбывать излишек. При наличии развитых систем управления данными технологическими процессами такая концепция перекликается во многом с концепцией Internet of Energy, где энергия может быть распространена равносильно информации в сети Интернет (что, разумеется, не может быть применено к отдельным свойствам информации).

Несмотря на ряд экономических сложностей, ограничивающих развитие альтернативной энергетики, в её поддержку выступает ряд **социальных** факторов. Большое влияние природоохранных международных организаций стимулирует развивать альтернативные энергоресурсы как замену традиционным ископаемым. В некоторой степени такой поддержкой можно считать и принятие ряда климатических соглашений, которые, ограничивая возможность выброса загрязняющих веществ, тем самым вынуждают производства обращаться к более экологичным альтернативным источникам энергии. Кроме того, важно отметить повышение уровня социальной ответственности производителей, который в меньшей степени связан с климатическими ограничениями на выбросы. Ответственность перед собственными потребителями и выражение экологичности производства и использования энергии как критерия повышения конкурентоспособности продукции.

Таким тенденциям, тем не менее, препятствуют **технологические** факторы распространения и применения альтернативной энергетики. Так, в

частности, отмечается сложность производственной цепочки необходимого оборудования для использования альтернативных энергоресурсов. Такая сложность связана, прежде всего, с необходимостью использования редких материалов и комплексных технологических решений. Отсутствие на сегодняшний день возможности для упрощения подобных цепочек негативно влияет на развитие производства источников альтернативных энергоресурсов. Вторым немаловажным фактором является низкий коэффициент конверсии «природной» энергии в электроэнергию посредством альтернативных энергоресурсов. Несмотря на достаточно большой потенциал естественной энергии, используемой для электрогенерации, современные установки сравнительно неэффективны [41] по сравнению с традиционными, использующими ископаемые виды топлива. При этом при разработке новых технологий конверсии «природной» энергии необходимо придерживаться баланса между рентабельностью по издержкам и рентабельностью по эффективности (генерирующие установки с высоким коэффициентом полезного действия могут быть слишком дороги в производстве и использовании, и наоборот).

Существенную неопределённость, пагубно сказывающуюся на развитии альтернативной энергетики, вносят и **правовые** факторы. В частности, относительно альтернативной энергетики в международном праве до сих пор не выработано ни одного стандарта по производству, реализации или использованию. В связи с этим достаточно сложно регулировать данный сектор энергетики на международном уровне, поскольку каждый из субъектов международного права волен вносить определения, принципы и стандарты, конкретные для каждого отдельного случая рассмотрения. Иным фактором является неопределённость применения рекомендаций климатических актов, а также отсутствие стимулирующих и санирующих мер по их выполнению. Парижское соглашение в своих целях и принципах носит лишь рекомендательный характер [3], т.е. не предусматривает возможность взыскания за нарушение его условий, равно как и международного арбитража

по сопутствующим спорам. Киотский протокол, несмотря на наличие чётко установленных мер по соблюдению его целей, к сожалению, не может применяться в виду развивающихся тенденций, связанных с выбросами загрязняющих веществ и трендами альтернативной энергетики как контрмеры.

Ряд **экологических** факторов, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на процесс развития мирового производства и потребления альтернативных энергоресурсов. К внешним факторам воздействия можно отнести ряд предпосылок, характеризующие нестабильную экологическую обстановку, сформированную использованием традиционных энергетических ресурсов: загрязнение воздуха и воды отходами использования угля, нефти и нефтепродуктов, утечки метана как ключевого компонента природного газа [50], изменение водной структуры в связи с постройкой и эксплуатацией гидроэлектростанций и прочие. Все эти негативные факторы оказывают стимулирующее воздействие на развитие альтернативной энергетики. Однако отдельно стоит выделить те факторы, которые непосредственно связаны с производством и использованием альтернативных энергоресурсов, влияющих как на само развитие альтернативной энергетики, так и на ряд смежных сфер.

Ключевым фактором, определяющим развитие и интерес к альтернативным энергоресурсам, является отсутствие выбросов загрязняющих веществ при стабильной эксплуатации альтернативных энергоресурсов. Под стабильной эксплуатацией подразумевается надлежащее использование энергоресурсов, которое не может потенциально привести к преждевременному износу оборудования либо авариям. Однако при производстве и эксплуатации альтернативных энергоресурсов существует риск негативного непредсказанного воздействия на окружающую среду. В первую очередь, это касается производства сложного оборудования для использования альтернативных энергоресурсов [30], которое требует ряд редкоземельных металлов, добыча которых потенциально опасна для

окружающей среды. Одновременно с этим установка и эксплуатация ветряных генераторов создаёт пагубные последствия для флоры и фауны, нарушая естественную среду обитания, поскольку разрушает привычные для местности экосистемы, внося негативные влияния на жизнедеятельность организмов. К энергоисточникам, отрицательно влияющим на окружающую среду, можно отнести и установки по конверсии геотермальной энергии, поскольку в процессе под высоким давлением циркулирует сложная смесь подземных веществ и соединений высокой температуры [17]. В случае аварий или износа установки такая смесь с большой долей вероятности может быть выброшена на поверхность земли, а её пары – в атмосферу, что потенциально приведёт к крупной техногенной катастрофе. Такое неопределённое воздействие на экологию выступает негативным экологическим фактором, влияющим на развитие альтернативной энергетики в целом.

Таким образом, рассматривая влияние внешних и внутренних факторов на альтернативную энергетику, мы можем сделать вывод о положительном воздействии ряда политических факторов, поскольку субсидирование правительствами альтернативных энергоисточников и взыскание дополнительных расходов с традиционных в целом стимулирует производителей и потребителей энергии переходить на более выгодные с этой точки зрения источники энергии. С экономической точки зрения, тем не менее, всё не так однозначно: субсидирование проектов альтернативной энергетики позволяет снизить расходы, однако в дальнейшем необходимы дополнительные затраты, связанные с установкой необходимой инфраструктуры. Кроме того, достаточно спорна эффективность замещения традиционных энергоисточников альтернативными по причине её нерентабельности (даже с учётом систем carbon pricing).

В поддержку развития проектов альтернативной энергетики выступают высокий уровень социальной ответственности компаний перед своими клиентами, а повышение уровня экологической образованности социума стимулирует рост таких проектов. Однако технологическая сторона данного

вопроса не проработана достаточно хорошо, что выражается в низкой эффективности преобразования «природной» энергии в электрическую и тепловую, а также в достаточно сложной цепочке производства таких энергоресурсов. С правовой точки зрения отсутствует стандартизация и приёмы лицензирования проектов, связанных с разработками и внедрением альтернативных источников энергии, особенно на международном уровне, что негативно влияет на процесс их развития. Экологическое воздействие производства и использования альтернативной энергии является достаточно неопределённым, так как, с одной стороны, использование таких источников чаще всего не подвержено дополнительным выбросам загрязняющих веществ, но с другой стороны производство необходимого оборудования и установка инфраструктуры неизбежно приведут к дополнительным выбросам, пагубно влияющим на экологическую обстановку.

3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

3.1. Развитие водородной экономики как вспомогательного звена в процессе мирового энергетического перехода

Несмотря на то, что альтернативная энергетика позиционируется в мире как ключевой этап перехода к безуглеродной экономике, текущие решения в области солнечной и ветряной энергетике не могут быть использованы как источник надёжной и долгосрочной энергии, потенциально применяемый повсеместно. Дороговизна производства и использования, а также отсутствие подходящих способов хранения производимой энергии приводит к разработке промежуточных решений, которые могут быть использованы во время энергетического перехода.

Современные энергетические ТНК, как было сказано ранее, рассматривают процесс энергоперехода путём постепенного снижения выбросов диоксида карбона и других загрязняющих веществ, что возможно при помощи разработки систем CCUS либо же применения низкоуглеродных энергоисточников. Таким безуглеродным источником топлива, сравнимым с природным газом по термодинамическим и физическим свойствам, является водород. Водородная экономика – это образ будущего для глобальной экономики, в которой водород становится новым глобальным энергоносителем и начинает играть роль, сопоставимую с той, которую сейчас играют уголь, нефть или газ. В перспективе такая роль может стать важнее современной роли гидроэнергетики, атомной и биоэнергетики вместе взятых. По различным прогнозам, это может произойти в целом в мире после 2040 г., но в отдельных регионах водородная экономика начинает формироваться уже в наши дни.

В лидерах – Япония, поставившая целью строительство «общества, основанного на водороде», развивающая одновременно несколько элементов «водородной технологической цепочки» и несколько знаковых проектов межконтинентального экспорта водорода из Австралии, Норвегии и с

Ближнего Востока, а также проект использования водорода в миллионах домохозяйств. Всего в мире насчитываются десятки «водородных сообществ» и несколько сотен пилотных проектов, в первую очередь – в Японии, Германии, Великобритании, США, Южной Корее и других странах.

Если в XX веке основным драйвером развития водородных технологий была их экономическая конкурентоспособность по сравнению с дорожающими углеводородами – то в наши дни на первый план выходят обязательства государств, отдельных регионов, компаний и их объединений по борьбе с глобальным изменением климата. Водород является необходимым элементом для реализации этих обязательств: возобновляемые источники энергии могут декарбонизировать в основном электроэнергетику – в то время, как энергообеспечение зданий, транспортный сектор, промышленность во многом остаются вне процесса декарбонизации – если не удастся найти новый энергоноситель. Водород претендует на решение этой проблемы.



Рисунок 3.1 – Современные направления применения водорода [24]

Сегодня водород используется в большей степени в химической промышленности, включая нефтегазохимию, а также в тяжёлой промышленности и биопереработке материалов (рис. 3.1). По данным IRENA (International Renewable Energy Agency) [37], энергетическое использование водорода оценивается лишь в 1-2% от общих объёмов его потребления. По данным отчёта IEA (International Energy Agency) [34] глобальный ежегодный спрос на водород находится на уровне свыше 70 млн тонн в год, при этом этот спрос установлен на водород в чистой форме, а также дополнительные 45 млн тонн используются в промышленности без очистки от прочих газов (Приложение Г).

В настоящий момент водородная энергетика, оставшаяся вне внимания экспертов и представляющая лишь частный интерес, вновь начала пользоваться популярностью у международных организаций, занятых в области международной энергетики. Эксперты таких организаций (IRENA, IEA, Shell и др.) предполагают место водородной энергетике в альтернативной, что определяет её как возобновляемый источник энергии [37]. К сожалению, существует крайне малое количество российских исследований в области водородной энергетике, однако в рамках Энергетической стратегии РФ до 2035 года [4] уделяется отдельное место водородной энергетике как перспективному направлению.

Несмотря на потенциал использования водорода, он пока не играет важной роли на рынке энергоносителей. Кроме того, в XX веке был неоднократно замечен интерес к водородной тематике как альтернативе в области энергетики, однако такие периоды шли на спад с возвращением ведущих ролей у традиционных отраслей (т.н. «ложные рассветы» [40]). Динамику роста интереса к водородным проектам можно отследить по инвестициям в R&D по водородным проектам (Приложение Д). Так, согласно исследованиям IEA, спад объёма государственного инвестирования в такие проекты действительно произошёл к концу первого десятилетия XXI века, однако в настоящий момент возникает рост интереса к этой тематике, не в

последнюю очередь за счёт роста инвестиций в Китае. На текущий момент сложилась благоприятная ситуация для увеличения рентабельности проектов, связанных с производством и применением водорода. По мнению экспертов IEA, большое влияние на такую обстановку осуществило большое внимание к уменьшению эмиссии парниковых газов (согласно Киотскому протоколу) и углекислому газу, в частности. Кроме того, водородное топливо представляет собой своеобразную «страховку», которая позволит обеспечить и в дальнейшем текущий ускоренный рост возобновляемой энергетики, выступая в данном случае в качестве переходного топлива, обеспечивая тем самым процесс «энергетического перехода» в мировой экономике. И, наконец, водородное топливо может выиграть от положительного опыта в разработке технологий чистой энергии. Средства, инвестируемые в это направление мировой энергетики, позволяют также развиваться и проектам в области водорода, включая как производство и использование водорода с помощью электролиза, так и путём декарбонизации ископаемых энергоресурсов с применением технологий CCUS (Приложение E).

Однако на данный момент существуют также значительные сложности в распространении и использовании этого потенциала. В первую очередь, это неопределённость политик и технологий, которая заключается в том, что большинство прикладных решений по водороду не являются рентабельными без прямой поддержки правительств.

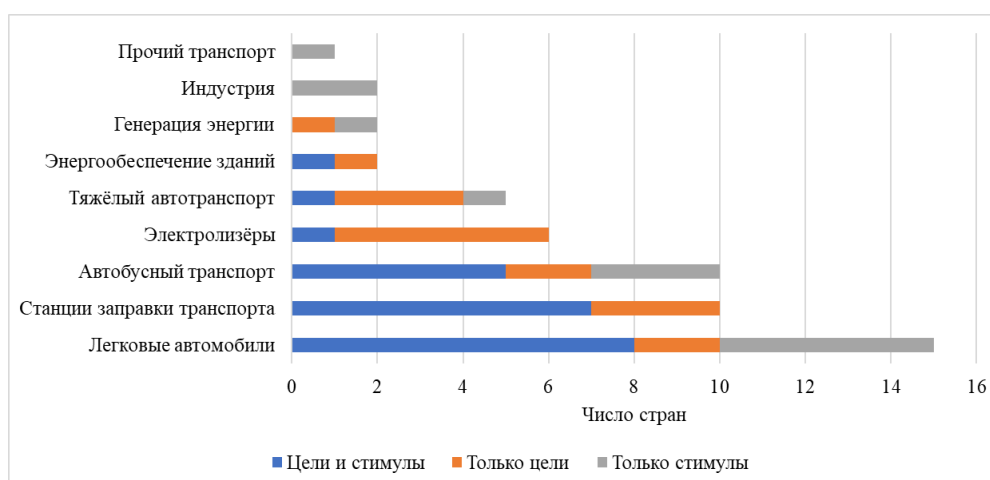


Рисунок 3.2 – Структура внедрения политик, направленных на поддержку водородной энергетики [34]

Внедряемые политики не могут в полной мере обеспечить всю необходимую поддержку, и в некоторых случаях их основным аспектом является либо целевая установка на применение водорода, либо система поощрений его использования (рис. 3.2), при этом чаще всего применяется совмещённая система целей и стимулов.

Вторым аспектом является сложность производственной цепочки и инфраструктуры для хранения водорода. Спрос на водород, как на низкоуглеродное сырьё имеется и потенциально может развиваться во многих отраслях, при этом для его прикладного применения требуются отдельные его формы, в том числе и смешанные с другими веществами.



Рисунок 3.3 – Основные способы транспортировки и хранения водорода

[19]

Кроме того, в отличие от природного газа, транспортировка водорода возможна несколькими способами и в различном состоянии (рис. 3.3), при этом у каждого из способов есть свои преимущества и недостатки. Третьим осложняющим фактором является вопрос регулирования, стандартизации и внедрения водородных проектов. Состояние существующих мер по стандартизации и регулированию на мировом уровне в текущих условиях существенно ограничивает развитие водородных проектов, а определённые меры неясны или не охватывают потенциальное использование водорода, не позволяя применять весь спектр возможностей водорода.

Таким образом, водород в настоящее время может выступать как топливо для развития потенциально нового сектора энергетики, но при этом он является сейчас достаточно важным современным сырьём для промышленности. На данный момент энергетическое использование водорода не превышает 2%, однако эксперты считают, что эта цифра может быть увеличена путём усиления роли водорода в мировой экономике. Несмотря на это, спрос на водород в энергетическом эквиваленте примерно равен потреблению Германии, а производство преимущественно осуществляется из ископаемых видов топлива: около 6% от мирового производства природного газа и примерно 2% – угля. Начиная с 1970-х годов интерес к водороду периодически возрастал, в том числе, это было связано с нестабильностью цен традиционных энергоресурсов, в частности, нефти. Однако такие «ложные рассветы» угасали, как только ситуация стабилизировалась.

Тем не менее, на сегодняшний день сложилась наиболее благоприятная обстановка для развития водородных проектов. Потенциал применимости водорода достаточно широк, при этом он может быть реализован в связи с процессами мировой декарбонизации производства, т.е. постепенного перехода от углеродосодержащего сырья к безуглеродному в ключевых отраслях промышленности (чёрная металлургия, энергетика). Несмотря на это, водород как сырьё подвержен ряду проблем, таких как неопределённость политик и технологий, связанных с его производством и внедрением,

сложность производственной и логистической цепочки, что связано с различными способами применения водорода, а также отсутствия чёткого регулирования и стандартизации проектов по водороду, особенно на мировом уровне. Для успеха разработок и внедрения водородных проектов рекомендуется предпринять комплекс мер, направленных на устранение этих проблем, либо же смягчения их воздействия на развитие водородной экономики. В частности, к таким решениям можно причислить разработку систем политик и стимулирования применения водорода, инвестирование в R&D, что потенциально позволит усовершенствовать и упростить производственную цепочку с одновременным повышением рентабельности производства и транспортировки, а также определить систему стандартизации таких производственных процессов для стимулирования использования водорода в мировой экономике как ресурса.

3.2. Перспективы участия российских энергетических компаний и организаций в мировом энергетическом переходе

Энергетический вопрос достаточно остро стоит среди российских компаний, производящих свои ресурсы и решения для сбыта за рубежом. В связи с текущей неопределённостью на рынках традиционных энергоресурсов, а также повышающимся воздействием международных климатических актов на мировую экономику, российские энергетические компании могут находиться в невыгодном положении по сравнению с их конкурентами за рубежом. Для сохранения лидирующих позиций в области энергетики компаниям необходимо последовать примеру иностранных коллег и изменить собственную стратегию поведения, диверсифицировав портфолио или изменив подход к производству и сбыту энергоресурсов.

Важно отметить, что, по мнению экспертов Московской школы управления «СКОЛКОВО» [8], Россия остаётся в стороне от международных сообществ и партнёрств, развивающих низкоуглеродные технологии, поскольку климатическая повестка и декарбонизация пока что играют

малозначительную роль в энергетической стратегии. Такая ситуация сдерживает развитие низкоуглеродных технологий, в частности касательно альтернативной энергетики, энергоэффективности, электротранспорта и пр. Вместе с тем у России имеются не только значительные ресурсы для адаптации к новой экономико-энергетической перспективе, но и собственные технологические разработки, а также перспективный внутренний спрос на низкоуглеродные решения.

Развивающиеся в настоящий момент рынки альтернативных энергоресурсов, несомненно, не могут конкурировать с текущими рынками углеводородов, на которых российские компании обладают твёрдыми лидерскими позициями, в связи с чем «стратегия игнорирования» перспективных низкоуглеродных решений в краткосрочной (в некоторых случаях – и среднесрочной) перспективе является достаточно эффективной. Однако в долгосрочной перспективе падение мирового спроса на углеводороды, который по мнению экспертов является лишь вопросом времени, а также ограничение развития инновационного сектора в промышленности создаст высокие риски замедления роста национальной экономики.

Частично проблема возникновения этих рисков может быть решена путём достижения целей Энергетической стратегии РФ до 2035 года [4], которая освещает большинство актуальных аспектов мировой энергетики и адаптацию российской энергетической системы к ним. Для достижения поставленных целей в содействии социально-экономическому развитию России одновременно с укреплением и сохранением позиций в мировой энергетике до 2035 года в рамках энергетической стратегии предполагается совершение ускоренного перехода (модернизационного рывка) к более эффективной, гибкой и устойчивой модели энергетики. Такой рывок должен обладать следующими компонентами:

- 1) структурная диверсификация: углеродная энергетика дополняется неуглеродной, централизованное энергоснабжение – децентрализованным,

экспорт энергоресурсов – экспортом технологий, оборудования и услуг в сфере энергетики;

2) цифровая трансформация и интеллектуализация отраслей топливно-энергетического комплекса;

3) оптимизация пространственного размещения энергетической инфраструктуры, включая расширение роли России как ведущего игрока на рынках Азиатско-Тихоокеанского региона;

4) уменьшение негативного воздействия отраслей топливно-энергетического комплекса на окружающую среду, их адаптация к изменению климата.

Топливо-экономический комплекс РФ позиционируется как один из самых экологически чистых, что связано с большой долей низкоуглеродных решений в электрогенерации: около половины генерации осуществляется с помощью природного газа, более трети – на атомную, гидроэнергетику и проекты в области альтернативной энергетики. Однако для сохранения энергетической безопасности России, удовлетворения внутреннего и внешнего спроса на энергоресурсы и соответствия международным экологическим стандартам общая доля альтернативных источников энергии в топливно-энергетическом комплексе должна вырасти. Однако особую опасность для энергетической системы России в процессе развёртывания таких решений может стать «каннибализация», которая будет выражена в увеличении доли альтернативной энергетики путём фактического снижения объёма традиционных энергоресурсов. Для того, чтобы избежать подобного сценария, в Энергостратегии дано разъяснение «структурной диверсификации», приведённое выше – традиционные источники должны быть не замещены, а дополнены альтернативными. Такая трактовка в целом соотносится с определением роли альтернативной энергетики по отношению к традиционной, описанной в п.1.2.

Очевидно, что для достижения поставленных целей необходимы структурные изменения в комплексе российских энергетических компаний, в

частности, диверсификации их деятельности. Для этого нужно, в первую очередь, оценить готовность компаний осуществить такую диверсификацию, при которой альтернативные энергоресурсы могут выступать не только как продукт сбыта, но и как средство производства.

Для оценки устойчивой составляющей и готовности диверсифицировать свою деятельность был проведён анализ портфолио крупнейших компаний и ассоциаций в России, представляющих соответственно один из пяти основных традиционных сегментов международной энергетики:

- нефть и нефтепродукты – ПАО «НК «Роснефть»;
- природный газ – ПАО «Газпром»;
- уголь – АО «Сибирская угольная энергетическая компания»;
- ядерная энергетика – Госкорпорация «Росатом»;
- крупная гидроэнергетика – Ассоциация «Гидроэнергетика

России».

Данные организации оценивались по ряду критериев, которые отражают степень их участия в национальной и международной экологической повестке (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Сравнение основных показателей степени участия компаний в экологической повестке и проектах альтернативной энергетики⁸

Компания/ организация	Основа экологических стратегий	Основная повестки устойчивого развития	Проекты диверсификации деятельности (альтернативная энергетика)
Роснефть [15]	Цели устойчивого развития ООН	Промышленная безопасность и охрана труда	нет
Газпром [11]	Собственная экологическая политика	Природный газ как низкоуглеродное топливо – «топливо будущего»	нет
СУЭК [16]	Собственная экологическая политика	Снижение негативного техногенного воздействия на окружающую среду	«чистый уголь», CCUS

⁸ Составлено автором

Продолжение таблицы 3.1

Компания/ организация	Основа экологических стратегий	Основная повестки устойчивого развития	Проекты диверсификации деятельности (альтернативная энергетика)
Росатом [14]	Собственная экологическая политика	Соответствие экологическим нормам, презумпция опасного воздействия на экологию	нет
Ассоциация ГЭС [7]	Общие решения Собрания ассоциации	Внедрение в практику гидроэнергетических компаний принципов устойчивого развития	нет

Как мы можем видеть, наиболее прогрессивным базисом в достижении целей Энергостратегии РФ в области диверсификации энергетического комплекса обладает АО «СУЭК». Компания, являясь наиболее уязвимой к рискам от внедрения комплекса экологических мер, самостоятельно начала развивать системы по захвату и удержанию карбона, а также проводить разработки в отрасли т.н. «чистого угля», т.е. продукта переработки угля, при использовании которого выбросы диоксида карбона в атмосферу минимальны. С учётом того, что «СУЭК» является одним из мировых поставщиков угля, развитие таких технологий для компании является критически важным.

С другой стороны, крупнейшие нефтегазовые компании ПАО «Газпром» и ПАО «НК «Роснефть» не располагают или не представляют собственные разработки в области альтернативной энергетики, а также проекты по диверсификации собственной деятельности для открытого доступа. Необходимо отметить также, что «Газпром», в отличие от «Роснефти», обладает собственной экологической политикой компании (равно как и «СУЭК»), а также опирается на стратегию внедрения природного газа как низкоуглеродного ископаемого топлива. «Роснефть», в свою очередь, опирается в своей стратегии лишь на Цели устойчивого развития ООН, определяя приоритет этих целей самостоятельно и не выдвигая экологическую составляющую энергетики как первоочередную, а предполагаю своей

основной задачей обеспечение высокого уровня промышленной безопасности, охраны труда и снижения безработицы.

Госкорпорация «Росатом» также обладает собственной экологической политикой, при этом стратегия компании ориентирована на использование именно ядерной энергетики в качестве решения по диверсификации топливно-энергетического комплекса России, предполагая увеличение её доли и позиционируя её как альтернативный источник энергии, опираясь на доступность, надёжность и устойчивость ядерной энергии. Ассоциация «Гидроэнергетика России» не является обособленной компанией, являющейся крупнейшим производителем крупной гидроэнергетики в России, в отличие от других рассматриваемых компаний, однако при этом объединяет интересы гидроэнергетических компаний, представляя их как независимая организация. В качестве экологической повестки и стратегии в области устойчивого развития Собрание ассоциации предлагает участникам разработать и внедрить меры по устойчивости энергетики в контексте развития крупной гидроэнергетики.

Для достижения экологических целей международной повестки, направленной на осуществление энергетического перехода компаниям необходимо не только заострить внимание на декарбонизации собственного производства, но также, возможно, поспособствовать развитию применения альтернативной энергетики и декарбонизации производства в смежных отраслях. Так, например, поскольку нефтепродукты в энергетике используются в большей степени как энергоресурс для транспортного сектора, «Роснефти» рекомендуется рассмотреть стратегию коллаборативных проектов с отечественными производителями автомобильной и авиационной индустрии. Такая коллаборация позволит провести разработки в отрасли безуглеродного потребления нефтепродуктов в транспортном секторе, что, в свою очередь, повысит интерес к продукции как «Роснефти», так и автопроизводителей и авиационной промышленности. К таким разработкам можно отнести решения в области CCUS, которые будут достаточно

компактные и дешевы, а также просты в применении. Такие разработки позволят совместить надёжность углеводородного топлива и современные требования в контексте международных климатических соглашений, что, в совокупности, отвечает целям устойчивого развития ООН.

Обладая собственной экологической политикой «Газпром» имеет также большой потенциал для реализации амбиций в климатической сфере. Базируясь на собственной риторике продвижения природного газа как «топлива будущего», а также ссылаясь на сниженный объём выбросов диоксида карбона при его эксплуатации, компания обладает возможностями для увеличения доли использования природного газа, в частности, в качестве газомоторного топлива для транспорта. Однако следующим шагом, возможным для достижения целей по нулевым выбросам карбона к 2050 году, является полная декарбонизация природного газа, т.е. сведение его к водородному топливу [13]. Важно отметить, что дочерними предприятиями «Газпрома» уже разрабатываются экспериментальные установки по декарбонизации природного газа методом термического пиролиза метана [29]. Этот способ отличается более высоким потреблением природного газа, чем при использовании метода парового риформинга, однако, тем не менее, карбон образуется не в состоянии трудноуловимого диоксида, а в виде порошка или гранул, что существенно снижает затраты на CCUS, необходимые при декарбонизации углеводородов. Важно отметить, что существующая газовая инфраструктура потенциально пригодна и для водородного топлива (с небольшими улучшениями). Наконец, замена природного газа на водородное топливо приведёт к существенному снижению метана как одного из парниковых газов в атмосферу. Утечки же водорода не приведут к каким-либо негативным климатическим воздействиям, т.к. он достаточно быстро окисляется с образованием воды и водяного пара.

Изменения и инновации в угольной отрасли, проводимые на данный момент АО «СУЭК», могут быть развиты далее. На сегодняшний день в мировой практике используемый уголь делится на две категории: термический

уголь, обладающий большим количеством воды и примесей (до 50%) и металлургический уголь, практически полностью состоящий из углерода и его соединений. Как следует из названия, термический уголь в большей степени используется в энергетике как топливо для генерации тепловой и электроэнергии, при этом металлургический уголь является ресурсом для тяжёлой металлургии, в частности, процессов коксования металлов. Главный недостаток использования термического угля в энергетике заключается в том, что при сжигании содержащаяся в нём вода преобразуется в водяной пар, который, смешиваясь с частичками углерода, не оседает в виде золы, а выбрасывается в атмосферу как диоксид карбона, что является основным источником эмиссии карбона. Использование металлургического угля в энергетике потенциально возможно, особенно с применением новейших технологий, а также сниженным объёмом выбросов карбона, однако добыча такого угля достаточно дорога для использования в энергогенерации. Исходя из этого, можно предложить следующие два пути для развития угольной отрасли, потенциально применимые АО «СУЭК»: разработка «чистого» угля как продукта переработки термического угля, по своим свойствам максимально приближенного к металлургическому, а также разработка новых месторождений металлургического угля, «излишки» которого могут быть использованы для генерации энергии без увеличенных затрат на внедрение решений CCUS. Важно отметить, что Россия входит в тройку крупнейших экспортёров угля, однако структура экспорта по категориям угля показывает, что Россия является лидером по экспорту металлургического угля, поскольку Австралия, занимающая первое место по экспорту угля в мире, поставляет за рубеж в большей степени термический уголь. Иной способ преобразования добытого термического угля является его газификация с целью получения жидких и газообразных углепродуктов (в частности, водородного топлива). Важно отметить, что в настоящее время производители металлургической продукции опираются в разработке стратегий не на использование угля в качестве сырья, а полагают развитие безуглеродных и водородных

технологий, что позволит существенно снизить себестоимость продукции и повысить её качество. Ещё одной рекомендацией является разработка проектов энергетики биомассы, сырьё для которой может быть культивировано в областях отработанных шахт. Такое использование может существенно повысить уровень вовлечённости «СУЭК» в экологическую повестку, а также даст стимул для разработки проектов природоподобных технологий (NBS), в частности относительно очистки почвы, водных и воздушных ресурсов, а также укрепления почвы для избежания обвалов породы (при использовании в производстве биотоплива растений с мощной корневой системой).

Несмотря на то, что ГК «Росатом» позиционирует собственную продукцию (электроэнергию, полученную при помощи ядерной энергетики) как устойчивую альтернативу возобновляемым источникам, а потому не развивает проекты в области альтернативной энергетики, необходимо также рассмотреть варианты сохранения электроэнергии и сбыта за рубеж. При помощи имеющихся научно-технических мощностей «Росатому» рекомендуется разрабатывать технологии по передаче и устойчивому хранению энергии, что включает в себя как разработку и внедрение необходимой для передачи инфраструктуры, так и R&D в области топливных ячеек или иных способов сохранения и транспортировки накопленной электроэнергии (например, технологии Power-to-Gas). Иным направлением развития деятельности «Росатома» может стать разработка двигателей на ядерной энергии для сверхкрупного транспорта, пригодного для использования в процессе освоения Арктики. Несмотря на уже имеющиеся проекты, таковые на данный момент крайне немногочисленны в связи с большим количеством препятствий относительно их внедрения в более крупных масштабах. Разработка данных проектов позволит закрепить России как мировой арктической державе, а также даст потенциал для экспорта некоторых технологий иным странам, заинтересованным в освоении Арктики.

Возможности гидроэнергетических компаний России позволяют им также диверсифицировать свою деятельность. В первую очередь, «Гидроэнергетика России» может разработать комплекс внедрения решений в малой гидроэнергетике для обеспечения мобильности развёртывания. Такие решения могут быть использованы как малыми локальными предприятиями лично, так и в коллаборации с более крупными, с использованием их технологий. Для повышения устойчивости эксплуатации ГЭС рекомендуется также располагать некоторые безопасные установки по генерации альтернативных энергоресурсов, в частности, солнечные панели и ветряные генераторы (с учётом особенностей климата и рельефа). Такая стратегия потенциально может привести к разработке комплексного решения «hydro-solar-wind», универсально пригодного для использования в мире в труднодоступных регионах, где использование традиционных источников энергии затруднено, а внедрение решений только одного из упомянутых секторов не может в полном объёме удовлетворить спрос на электроэнергию в регионе.

Таким образом, поскольку на сегодняшний день в связи с текущей неопределённостью на рынках традиционных энергоресурсов, а также повышающимся воздействием международных климатических актов на мировую экономику, российские энергетические компании могут находиться в невыгодном положении по сравнению с их конкурентами за рубежом. Для сохранения лидирующих позиций в области энергетики компаниям необходимо последовать примеру иностранных коллег и изменить собственную стратегию поведения, диверсифицировав портфолио или изменив подход к производству и сбыту энергоресурсов.

Для достижения целей в содействии социально-экономическому развитию России в рамках Энергетической стратегии РФ до 2035 года одновременно с укреплением и сохранением позиций в мировой энергетике предполагается совершение ускоренного перехода (модернизационного рывка) к более эффективной, гибкой и устойчивой модели энергетики.

Особую опасность для энергетической системы России в процессе развёртывания таких решений может стать «каннибализация», которая будет выражена в увеличении доли альтернативной энергетики путём фактического снижения объёма традиционных энергоресурсов. Для того, чтобы избежать подобного сценария, в Энергостратегии дано разъяснение «структурной диверсификации», приведённое выше – традиционные источники должны быть не замещены, а дополнены альтернативными.

Для оценки устойчивой составляющей и готовности диверсифицировать свою деятельность был проведён анализ портфолио крупнейших энергетических компаний и ассоциаций в России: ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром», АО «Сибирская угольная энергетическая компания», Госкорпорация «Росатом» и Ассоциация «Гидроэнергетика России». В рамках исследования были изучены нормативные документы, определяющие экологическую стратегию и стратегию в области устойчивого развития, а также основные повестки таких стратегий и наличие проектов диверсификации деятельности. С учётом особенностей ведения деятельности и её возможной диверсификации, исходя из текущего портфолио компаний и организаций, был дан перечень стратегических рекомендаций, направленных на формирование имиджа энергетических корпораций с возможностью участия в мировом энергетическом переходе.

3.3. Прогнозирование мирового производства и потребления альтернативных энергоресурсов

Для формирования наиболее цельной картины необходимо рассмотреть не только ретроспективу развития альтернативной энергетики в мире, но также и предположить возможную её перспективу. Многие энергетические организации и компании делают свои прогнозы в отношении мирового энергетического комплекса, в частности, относительно трендов energy mix. Важно отметить, что такие прогнозы обладают прогнозным характером, лишь

предполагая ситуацию в энергетике на конкретный период, и только единицы используют динамичный сценарный подход.

В ходе исследования были проанализированы 9 прогнозов мировой энергетики к 2040-2050 годам (Приложение Ж). Важно отметить, что для анализа были использованы только те прогнозы, которые обладают достаточным количеством статистических данных для сравнения по выбранным критериям, а также охватывают масштаб всего мира. Так, в частности, не были использованы для сравнения два из четырёх сценариев IRENA [37]: Deeper Decarbonisation Perspective (предполагающий модифицированную версию Transforming Energy Scenario, направленный на большое внедрение решений по декарбонизации) и Baseline Energy Scenario (основанный на неизменности текущих процессов и трендов в энергетике), а также сценарий компании Shell – Climate-neutral EU [52], поскольку он охватывает только страны Европы.

Как следует из сравнения, различные прогнозы используют различный горизонт прогнозирования. «Малый горизонт» в данном случае составляет 20 лет (т.е., до 2040 года), а «большой» – 30 лет (до 2050). Важным фактом является то, что Shell Sky Scenario [51] является наиболее развитым среди всех, предполагая динамику развития производства и потребления наиболее известных источников энергии по отраслям и по регионам мира, а максимальная граница сценария составляет 80 лет (т.е., до 2100 года). При этом, поскольку данные этого сценария представлены динамически с шагом в 5 лет, для анализа были взяты те показатели, которые отражают прогнозируемое состояние мировой энергетики на 2050 года.

Одним из ключевых моментов сравнения сценариев является различный взгляд на общий объём потребления энергии в мире к рассматриваемому периоду. Первым основным фактором, влияющим на изменение этого показателя, является перспектива общего снижения производства энергии, что фактически может повлиять на совокупное количество промышленных производств, сокращая их в мире. Вторым фактором является общее

повышение энергоэффективности в мире, что позволит сократить общий объём энергопотребления без необходимости сокращать производство.

Ключевым свойством данных сценариев является невозможность однозначного разделения их на группы «традиционных» и «альтернативных». Каждый из рассматриваемых сценариев предполагает изменением вектора развития международной энергетики и развитие альтернативной в различном объёме – как «эволюционно», постепенно, так и «революционно», с резкой сменой парадигмы. К более «мягким» сценариям можно отнести те сценарии, в которых показатель доли альтернативных источников энергии не превышает 20%. Важно отметить, что в большей части анализируемых сценариев наблюдается обратная зависимость между показателем общего объёма энергопотребления и соответствующего значения доли альтернативных источников энергии в ней. Коэффициент корреляции Пирсона составляет - 72,7%, что свидетельствует о наличии высокой обратной связи между данными (по шкале Чеддока). Такую зависимость можно пояснить тем, что эксперты прогнозируют повышение потребления энергии в мире не за счёт увеличения объёма использования альтернативных энергоресурсов, а за счёт увеличения объёма традиционных [22]. Из этого следует, что достижение прогнозируемых показателей возможно, как минимум, при сокращении объёма использования традиционных энергоресурсов. С другой стороны, более надёжным методом достижения поставленных прогнозов является не уменьшение доли традиционных источников энергии, а перенаправление их в альтернативное русло, включая диверсификацию их производства, внедрения решений CCUS и прочего. Иным фактором такого метода является повышение совокупной энергоэффективности производства путём разработки более рентабельных в энергетическом аспекте производств, разработка технологий повышения КПД установок по генерации тепловой и электрической энергии для потребления, а также усовершенствование методов хранения и передачи энергии для фактического снижения энергопотерь [13]. И, наконец, развитие рентабельных технологий и внедрение решений, основанных на имеющихся

на данный момент альтернативных источниках энергии: солнечной, ветряной, геотермальной и прочих.

Особо важно отметить, что анализируемые прогнозы датируются максимум 2019 годом, однако пандемия COVID-19 и последовавший за ней кризис lockdown первой половины 2020 года внесли коррективы в текущий мировой энергобаланс, сформировав новые возможности и риски для развития альтернативной энергетики. На сегодняшний день ключевой позицией среди сторонников развития альтернативной энергетики в условиях кризиса lockdown является стратегия «green recovery» [31, 39]. Основная идея данной стратегии заключается в том, что для восстановления мировой энергетической системы необходимо не осуществлять возобновление старой системы 2019 года (пре-COVID), а, с учётом текущего сокращения использования традиционных источников энергии, увеличить объём альтернативных энергоресурсов в мировой экономике.

Смещение приоритетов в область «серого восстановления», по мнению экспертов, только лишь отложит вопрос развития альтернативной энергетики на неопределённый срок, что, в свою очередь, вынудит сместить срок достижения целей климатических соглашений на более поздний период. Кроме того, возобновление традиционных производств энергии после завершения lockdown приведёт к интенсификации их использования, в случае чего совокупный объём выбросов резко превысит значения пре-COVID. Такая ситуация не только негативно отразится на экологической обстановке в мире, но и нивелирует все достижения в области «озеленения» производства и экономики, что включает в себя также и развитие альтернативной энергетики [35].

Таким образом, можно сделать два прогноза возможного развития энергетики в мире и места альтернативной в ней: «step back» («шаг назад») и «green recovery» («зелёное восстановление»). Сценарий «step back», как было указано ранее, предполагает восстановление мировой промышленной системы до уровня 2019 года. Побочный положительный эффект на экологическую

обстановку, оказанный lockdown, в этом случае исчезнет. Кроме того, интенсивное использование традиционных методов производства приведёт к вероятному возвращению объёма выбросов к уровню 2014-2015 года, т.е. до разработки и внедрения мер по достижению целей климатических соглашений и сопутствующим им международным программ. Интенсификация производства энергии может потенциально привести к использованию в краткосрочных стратегиях компаний-производителей риторики «вынужденной деэкологизации», которая теоретически основывается на необходимости восстановления экономики любыми способами, в том числе за счёт игнорирования норм и практик по защите окружающей среды в мире. Кроме того, использование такой риторики позволит компаниям свернуть проекты по разработке и внедрению решений альтернативной энергетики как нерентабельных в текущих условиях. Восстановление таких разработок может занять дополнительное время и увеличенных затрат.

Для анализа и формирования прогнозов «step back» и «green recovery» далее используются статистические данные ВР [21], Sky Shell Scenario [51], а также данные влияния COVID-19 на показатели мирового энергетического комплекса согласно отчёту IEA [35]. При сценарии «step back», как было указано ранее, может произойти резкое увеличение потребления энергии, т.е. примерно к началу 2025 года общий объём потребления может составить примерно 610-630 EJ, что превышает прогноз Sky Shell Scenario с поправкой на снижение потребления вследствие lockdown. Однако при сохранении тенденций роста пре-COVID, усиленных процессами восстановления экономики, к 2035 году это значение может составить 740-790 EJ, к 2050 – 860-900 EJ. Доля альтернативной энергетики в этом комплексе в лучшем случае останется неизменной, а в худшем – сократится на треть по сравнению с 2018 годом, т.е. может составить потенциально 3-4%, несмотря на текущие темпы прироста в связи с кризисом lockdown.

Иным путём развития является применение стратегии «зелёного восстановления», описанной выше. В данном случае после завершения

lockdown необходимо наращивать мощности альтернативной энергетики, включая апробацию и внедрение текущих потенциально готовых к использованию разработок в этой отрасли. Стимулирование «green recovery» возможно при применении мер, ограничивающих возобновление «грязных» производств до уровня пре-COVID [31], а также поощрения новых разработок в данной отрасли, что включает в себя также и ужесточение контроля над выбросами диоксида карбона. Сама суть «green recovery» заключается в использовании падения мирового энергопотребления в качестве ниши для развёртывания проектов альтернативной энергетики.

В случае «green recovery» предполагается гораздо более медленное восстановление мирового энергетического комплекса, что, в свою очередь, приведёт к более низкому росту энергопотребления по сравнению со сценарием «step back». Более того, использование ниши, которая была занята традиционными источниками энергии, позволит альтернативным источникам занять более высокую позицию в общем объёме потребления, существенно нарастив производственные мощности. Так, например, можно предположить, что к 2025 году совокупный объём энергопотребления может достичь примерно 580-590 EJ, т.е. выйти на уровень 2015-2017 годов, однако ключевым отличием такого объёма будет более высокая доля использования альтернативных источников энергии. Так, например, при достижении фактических объёмов производства традиционных энергоресурсов уровня 2015-2017 годов, может ожидаться рост доли альтернативной энергетики до 17-18% при соблюдении указанных выше условий осуществления. К 2035 году общий объём энергопотребления может увеличиться до 650-670 EJ, а доля альтернативной энергетики – до 22-25% в общей структуре, и, соответственно, к 2050 году объём потребления энергии может вырасти до 750-800 EJ при сохранении его темпов прироста, а доля альтернативных источников в этом объёме потенциально может составить более 30% (табл. 3.2). Замедление темпов роста доли альтернативных источников может быть обусловлено постепенным изменением трактовки самого понятия, т.е. к 2050 году

источники энергии, которые на сегодняшний день классифицированы как «альтернативные», могут перейти в разряд «традиционных», при этом возможности развития новых «альтернативных» могут быть существенно снижены при неизменности скорости развития R&D в энергетике.

Таблица 3.2 – Сравнение предлагаемых прогнозных вариантов основных показателей мировой энергетики и места альтернативной в ней⁹

Верхняя граница периода	Step Back		Green Recovery	
	Объём потребления энергии, EJ	Доля альтернативной энергетики, %	Объём потребления энергии, EJ	Доля альтернативной энергетики, %
2025	610-630	3-4%	580-590	17-18%
2035	740-790	4-5%	650-670	22-25%
2050	860-900	6-7%	750-800	30-35%

Важно отметить, что при анализе прогнозных значений энергетики не рассматривались и не прогнозировались значения выбросов CO₂ в контексте изменения объёма энергопотребления и доли альтернативных источников в ней. Развитие альтернативной энергетики, включая как разработку прототипов, их апробацию и внедрение в промышленном масштабе, включает в себя большое количество не учитываемых в общем числе выбросов загрязняющих веществ, как указано в п. 2.3. Кроме того, использование тех или иных прикладных решений в альтернативной энергетике может как повысить совокупный уровень выбросов, так и наоборот, его снизить. Однако тенденции развития частных решений на сегодняшний момент остаются достаточно неопределёнными для того, чтобы определить как структуру таких решений в общем комплексе альтернативной энергетики, так и их влияние на объём выбросов загрязняющих веществ и, в частности, диоксида карбона.

Таким образом, для формирования наиболее цельной картины необходимо рассмотреть не только ретроспективу развития альтернативной энергетики в мире, но также и предположить возможную её перспективу.

⁹ Составлено автором

Многие энергетические организации и компании делают свои прогнозы в отношении мирового энергетического комплекса, в частности, относительно трендов energy mix. Важно отметить, что такие прогнозы обладают прогнозным характером, лишь предполагая ситуацию в энергетике на конкретный период, и только единицы используют динамичный сценарный подход. В ходе исследования были проанализированы девять различных прогнозов позиций мировой энергетике к 2040-2050 годам. Данные прогнозы различаются уровнем проработки, подходом к учёту факторов, влияющих на развитие энергетике, а также граничными сроками прогнозирования (в основном – 20-30 лет). Важно отметить высокую обратную связь между долей альтернативной энергетике в общем комплексе и уровне мирового энергопотребления, что означает в большинстве случаев рост доли альтернативных источников энергии не за счёт фактического увеличения их мощностей, а за счёт снижения традиционных энергоресурсов (т.е., эффекта «каннибализации»).

Исходя из проанализированных прогнозов были сформированы два варианта развития международной энергетике и места возобновляемых источников в ней. Первый из них, «step back», основывается на краткосрочной стратегии энергетических компаний возобновить своё производство традиционных энергоресурсов в масштабах 2018-2019 года (т.е. до кризиса lockdown). Такое возобновление планируется в сжатые сроки и может потенциально привести к нивелированию достижения целей международных климатических и экологических соглашений. Другим сценарием развития является «green recovery», предполагающий развитие энергетике и экономики в контексте применения альтернативных решений в энергетике, что влечёт за собой более низкие темпы восстановления, однако с соблюдением климатических и экологических норм. При этом сценарии также прогнозируется более низкие темпы прироста мирового энергопотребления, что возможно не за счёт «каннибализации», а с внедрением разработок по энергоэффективности и снижению энергопотерь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в рамках исследования были выявлены основные тенденции в мировом производстве и потреблении альтернативных источников энергии. Ключевыми факторами, влияющими на такие тенденции, являются общие тренды развития мирового энергетического комплекса в условиях процесса энергетического перехода, а также меры правительств и транснациональных корпораций по достижению климатических и экологических целей, определяющих переход.

В рамках выполнения поставленных задач были проанализированы терминологические аспекты понятий «альтернативная энергетика», «энергетический переход» и сопряжённых с ними. Также была сформулирована собственная модель классификации источников энергии, базирующаяся на уходе от использования дихотомии «fossil-renewable» и оценивающая энергоисточники комплексно в контексте подхода life cycle assessment. На основании апробации модели с учётом мнения экспертов международных исследовательских организаций были выделены граничные значения, определяющие категорию «альтернативных энергоисточников».

Также были проанализированы текущие позиции альтернативных источников энергии в мировом энергетическом комплексе. Обзорный анализ этой позиции проводился с учётом рассмотрения как более старых статистических отчётов 2017-2018 годов, так и с учётом текущих данных и динамики мирового энергопотребления в первом квартале 2020 года, включая тренды и прогнозы международных агентств по энергетике (IEA, IRENA). Лаг в периодах рассматриваемых отчётов поясняется отсутствием статистически значимых данных за 2019 год, однако текущая ситуация с влиянием COVID-19 и кризисом lockdown стимулировала указанные организации выпустить срочные отчёты по состоянию мирового энергетического сектора.

В рамках рассмотрения процесса энергетического перехода были рассмотрены кейсы компаний Equinor, Total и Royal Dutch Shell как одних из ключевых игроков в мировой энергетике. Были проанализированы их

показатели в отрасли разработки и внедрения решений альтернативной энергетики, которые показали сравнительно небольшое смещение вектора деятельности указанных компаний от нефтегазовой к мультиэнергетической, т.е. включающей в портфолио традиционные и альтернативные решения одновременно с тенденциями к увеличению доли последних.

На основании изучения портфолио деятельности крупнейших энергетических компаний и организаций России были даны рекомендации с учётом целей Энергетической стратегии РФ до 2035 года, направленные на вовлечение таких компаний в мировой процесс энергетического перехода посредством диверсификации собственной деятельности. Для изучения были выбраны 5 ключевых акторов на энергетическом рынке РФ, каждый из которых представляет один из пяти традиционных сегментов мировой энергетики: ПАО «НК «Роснефть» (нефть и нефтепродукты), ПАО «Газпром» (природный газ), АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (уголь), Госкорпорация «Росатом» (ядерная энергетика) и Ассоциация «Гидроэнергетика России» (крупная гидроэнергетика).

Для возможности прогноза будущего состояния мирового энергетического комплекса и места альтернативной энергетики в нём были проанализированы девять прогнозов различных энергетических и экономических организаций, включая Royal Dutch Shell, BP, World Economic Forum, IRENA. На основании проанализированных прогнозов были сформулированы два сценарных варианта развития мировой энергетики и места альтернативной в ней в процессе восстановления мировой экономики после кризиса lockdown: «step back», подразумевающий откат состояния энергетического комплекса к состоянию пре-COVID, что приведёт к резкому росту энергопотребления традиционных источников и негативного влияния на экологическую и климатическую ситуацию, и «green recovery», рассматривающий восстановление энергетики путём внедрения альтернативных решений в энергетике и экономике в образовавшуюся из-за lockdown нишу. К данным сценариям были приведены численные значения,

которые соответствуют общим тенденциям прогнозов энергетики, т.е. степень внедрения решений альтернативной энергетики (т.е. её доля в energy mix) обратно пропорциональна общему объёму энергопотребления. Такую зависимость можно пояснить повышением энергоэффективности мировой экономики в процессе энергетического перехода, что при увеличении объёма использования альтернативных энергоисточников одновременно снижает общие масштабы производства и потребления энергии.

Результаты проведённого исследования могут быть использованы в качестве прикладных решений по вовлечению компаний в процесс энергетического перехода, а также для формирования комплекса поощрительных мер, направленных на стимулирование развития проектов альтернативной энергетики для достижения целей среднесрочных и долгосрочных международных климатических соглашений одновременно с формированием комплекса мер и стратегий по восстановлению энергетического сектора после кризиса lockdown.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата // United Nations [Электронный ресурс]. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (дата обращения: 12.02.2020).
2. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой // United Nations [Электронный ресурс]. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/montreal_prot.shtml (дата обращения: 11.03.2019).
3. Парижское соглашение // United Nations [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf (дата обращения: 12.02.2020).
4. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/ES-2035_09_2015.pdf (дата обращения: 05.05.2020).
5. Аннан К. Послание бывшего Генерального секретаря Кофи Аннана по случаю Международного дня сохранения озонового слоя // United Nations [Электронный ресурс]. URL: https://www.un.org/ru/sg/annan_messages/2004/ozonedepletion04.shtml (дата обращения: 12.03.2019).
6. Гафуров Н. М., Хакимуллин Б. Р., Багаутдинов И. З. Основные направления альтернативной энергетики // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2016. № 4. С. 74–75.
7. Гидроэнергетика России. Приоритетные направления деятельности // Ассоциация «Гидроэнергетика России» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hydropower.ru/assotsiatsiya/obshchaya-informatsiya-ob-assotsiatsii/prioritetnye-napravleniya-deyatelnosti/> (дата обращения: 25.05.2020).

8. Митрова Т., Мельников Ю., Чугунов Д. Водородная экономика - путь к низкоуглеродному развитию [Электронный ресурс]. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Hydrogen-economy_Rus.pdf.
9. Некрасов В. Л. Энергетический переход. Теоретико-методологические аспекты исследования // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 300–3. С. 57–60.
10. Нестеренко П. Е., Кожанов Н. Т. Альтернативная энергетика // Научные исследования и разработки молодых ученых. 2015. № 3. С. 104–107.
11. Правление ОАО «Газпром». Экологическая политика ОАО «Газпром» [Электронный ресурс]. URL: https://ugs.gazprom.ru/ecology/environmental_policy/ (дата обращения: 20.04.2020).
12. Ратнер С. В., Закорецкая К. А. Оценка экологической эффективности конкурирующих технологий фотовольтаики // Инновации. 2017. № 227 (9). С. 77–84.
13. Рекорд С. И., Куликов Д. В. Международные аспекты формирования технико-экономической модели декарбонизации природного газа // Проблемы современной экономики. 2019. (3 (71)). С. 176–180.
14. Росатом. Экологический менеджмент // Росатом [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosatom.ru/sustainability/environmental-management/> (дата обращения: 25.05.2020).
15. «Роснефть» : вклад в реализацию целей ООН в области устойчивого развития // Роснефть [Электронный ресурс]. URL: https://www.rosneft.ru/upload/site1/attach/3/06/Rosneft_UN_RUS.pdf (дата обращения: 19.05.2020).
16. Сибирская угольная энергетическая компания. Внедряем передовые технологии – повышаем экологическую безопасность // СУЭК [Электронный ресурс]. URL: <https://ar2019.suek.com/ru/strategic-report/environment> (дата обращения: 25.05.2020).

17. Тошиба Россия (Toshiba Russia). Геотермальная энергетика: как тепло Земли превратили в эффективный энергоресурс // Habr.com [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/442632/> (дата обращения: 05.04.2019).

18. Ушаков В. Я. Современные проблемы электроэнергетики: Учебное пособие / В. Я. Ушаков, Издательство Томского политехнического университета, 2014. 447 с.

19. Aarnes J., Eijgelaar M., Hektor E. A. Hydrogen as an energy carrier: An evaluation of emerging hydrogen value chains [Электронный ресурс]. URL: http://images.e.dnvgl.com/Web/DNVGL/%7B12383a16-2ae0-4de4-8fdf-743d52bdcffc%7D_New_energy_value_chains_position_paper_261118_low_res_spreads2.pdf (дата обращения: 18.02.2020).

20. BP Technology Outlook 2018 // BP [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/what-we-do/bp-technology-outlook-2018.pdf> (дата обращения: 03.04.2020).

21. BP Statistical Review of World Energy 2019 // BP [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/press-releases/bp-statistical-review-of-world-energy-2019.html> (дата обращения: 03.04.2020).

22. Brand C. [и др.]. Road to zero or road to nowhere? Disrupting transport and energy in a zero carbon world // Energy Policy. 2020. (139).

23. Cruciani M. L'essor de L'éolien offshore en Mer du Nord. Un enjeu stratégique pour l'Europe // IFRI [Электронный ресурс]. URL: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/cruciani_eolien_offshore_mer_du_nord_2018.pdf (дата обращения: 18.02.2020).

24. DECHEMA Hydrogen, current use. Constraints and current merit-order for hydrogen utilization // IEA [Электронный ресурс]. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/imports/events/193/Session2-4-AUSFELDER.pdf> (дата обращения: 18.03.2020).

25. Dutch Emissions Authority. What is emissions trading? // Dutch Emissions Authority [Электронный ресурс]. URL: <https://www.emissionsauthority.nl/topics/what-is-emissions-trading> (дата обращения: 05.05.2020).

26. Equinor 2019 Annual report and Form 20-F // Equinor [Электронный ресурс]. URL: <https://www.equinor.com/en/investors.html#annual-reports> (дата обращения: 20.04.2020).

27. Eyl-Mazzega M.-A. The Green Deal's External Dimension Re-Engaging with Neighbors to Avoid Carbon Walls // IFRI [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ifri.org/en/publications/editoriaux-de-lifri/edito-energie/green-deals-external-dimension-re-engaging-neighbors> (дата обращения: 13.05.2020).

28. Eyl-Mazzega M.-A., Mathieu C. La guerre contre le carbone. Cinq priorités pour le Green Deal européen [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ifri.org/fr/publications/editoriaux-de-lifri/edito-energie/guerre-contre-carbone-cinq-priorites-green-deal> (дата обращения: 12.02.2020).

29. FuelCellWorks. Gazprom Develops Climate-Neutral Production for Hydrogen // FuelCellsWorks [Электронный ресурс]. URL: <https://fuelcellsworks.com/news/gazprom-develops-climate-neutral-production-for-hydrogen> (дата обращения: 22.01.2020).

30. Наарала К. Р., Prempreeda P. Comparative life cycle assessment of 2.0 MW wind turbines // International Journal Sustainable Manufacturing. 2014. № 2 (3). С. 170–185.

31. Harvey F. Government will push for green coronavirus recovery, says Tory MP // The Guardian. 2020.

32. Haubrock J. Roadmap on the way to a green Hydrogen economy St. Petersburg, «Energetika-XXI»:., 2019.

33. International Energy Agency. World Energy Outlook 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019> (дата обращения: 03.03.2020).

34. International Energy Agency. The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen> (дата обращения: 04.10.2020).

35. International Energy Agency. Global Energy Review 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020> (дата обращения: 05.05.2020).

36. International Renewable Energy Agency. Energy Transition // IRENA [Электронный ресурс]. URL: <https://www.irena.org/energytransition> (дата обращения: 15.04.2020).

37. International Renewable Energy Agency. Global Renewables Outlook Edition: 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020> (дата обращения: 20.04.2020).

38. Jaber S. Environmental Impacts of Wind Energy // Journal of Clean Energy Technologies. 2013. № 3 (1). С. 1–4.

39. Jagger J. Europe Charts a Course for Sustainable Recovery from COVID-19 // World Resources Institute [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wri.org/blog/2020/06/europe-charts-course-sustainable-recovery-covid-19> (дата обращения: 03.06.2020).

40. Lambert M. Hydrogen and decarbonisation of gas : false dawn or silver bullet ? // The Oxford Institute for energy studies [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oxfordenergy.org/publications/hydrogen-and-decarbonisation-of-gas-false-dawn-or-silver-bullet/?v=79cba1185463> (дата обращения: 12.04.2020).

41. Mackay D. J. C. David MacKay's Map of the World [Электронный ресурс]. URL: <http://www.inference.org.uk/sustainable/data/powerd/MapOfWorld.html> (дата обращения: 06.05.2020).

42. Mahjabeen [и др.]. Renewable energy, institutional stability, environment and economic growth nexus of D-8 countries // Energy Strategy Reviews. 2020. (29).

43. Milman O. James Hansen, father of climate change awareness, calls Paris talks «a fraud» // The Guardian [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2015/dec/12/james-hansen-climate-change-paris-talks-fraud> (дата обращения: 12.03.2019).

44. Mujezinović J., Pham V. Evaluation of Norwegian Shelf for CO₂ Storage Norwegian Petroleum Directorate (NPD) St. Petersburg, «Energetika-XXI»:., 2018.

45. Neale J. At COP21, the world agreed to increase emissions // Climate&Capitalism [Электронный ресурс]. URL: <https://climateandcapitalism.com/2015/12/13/cop21-world-agrees-to-increase-emissions/> (дата обращения: 15.03.2019).

46. Royal Dutch Shell PLC. Shell General Business Principles [Электронный ресурс]. URL: <https://www.shell.com/content/dam/royaldutchshell/documents/corporate/sgbp.pdf> (дата обращения: 22.05.2020).

47. Royal Dutch Shell PLC. Energy for a better future. Annual report and accounts [Электронный ресурс]. URL: <https://www.shell.com/investors/financial-reporting/annual-publications/annual-reports-download-centre.html> (дата обращения: 21.04.2020).

48. Saetre E. Equinor's Climate Roadmap [Электронный ресурс]. URL: <https://www.equinor.com/en/how-and-why/climate.html> (дата обращения: 20.03.2020).

49. Selin N. E. Renewable energy // Encyclopædia Britannica. 2020.

50. Sharples J. LNG as a Shipping Fuel in Northern Fuel St. Petersburg, «Energetika-XXI»:., 2019.

51. Shell Shell Scenarios: Sky - Meeting the goals of the Paris agreement [Электронный ресурс]. URL: https://www.shell.com/promos/meeting-the-goals-of-the-paris-agreement/_jcr_content.stream/1521983847468/5f624b9260ef2625f319558cbb652f8b23d331933439435d7a0fc7003f346f94/shell-scenarios-sky.pdf (дата обращения: 21.03.2020).

52. Shell International B.V. A Climate Neutral EU by 2050 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/scenario-sketches/new-sketch-a-climate-neutral-eu.html> (дата обращения: 18.05.2020).

53. Total BioTfuel: developing Second-Generation Biofuels [Электронный ресурс]. URL: <https://www.total.com/energy-expertise/projects/bioenergies/biotfuel-converting-plant-wastes-into-fuel> (дата обращения: 03.05.2020).

54. Total Results and Outlook [Электронный ресурс]. URL: https://publications.total.com/resultats2019/2020/q4/results/presentation/2019_results_and_outlook_february_2020.pdf (дата обращения: 19.03.2020).

55. Total Press Release. Fourth quarter and full-year 2019 results [Электронный ресурс]. URL: <https://new-publications.total.com/resultat1q2020-documents/en/1q20-results.pdf> (дата обращения: 18.03.2020).

56. U.S. Energy Information Administration, Analysis & Independent Statistics Renewable energy explained [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/> (дата обращения: 04.05.2020).

57. Vakulchuk R., Overland I., Scholten D. Renewable energy and geopolitics: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020. (122).

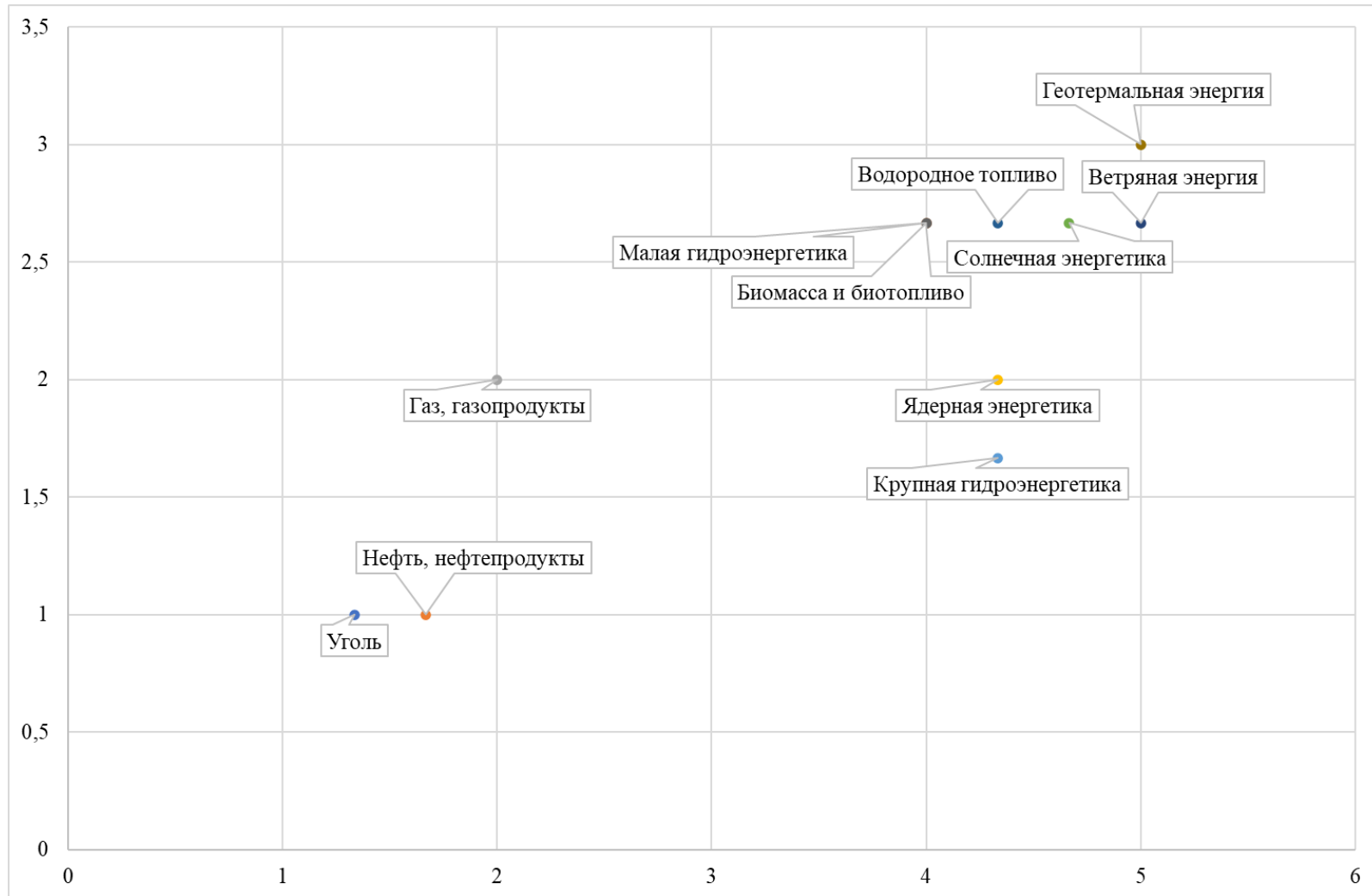
58. Wærness E. Energy Perspectives 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.equinor.com/en/news/energy-perspectives-2019-delaying-climate-action-increases-the-challenge.html> (дата обращения: 18.03.2020).

59. World Bank Carbon Pricing Dashboard // World Bank [Электронный ресурс]. URL: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data (дата обращения: 05.04.2020).

60. World Economic Forum. The A-Z of the Energy Transition: Knowns and Unknowns // World Economic Forum [Электронный ресурс]. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Energy_transition_known_and_unknown_2020.pdf (дата обращения: 15.11.2020).

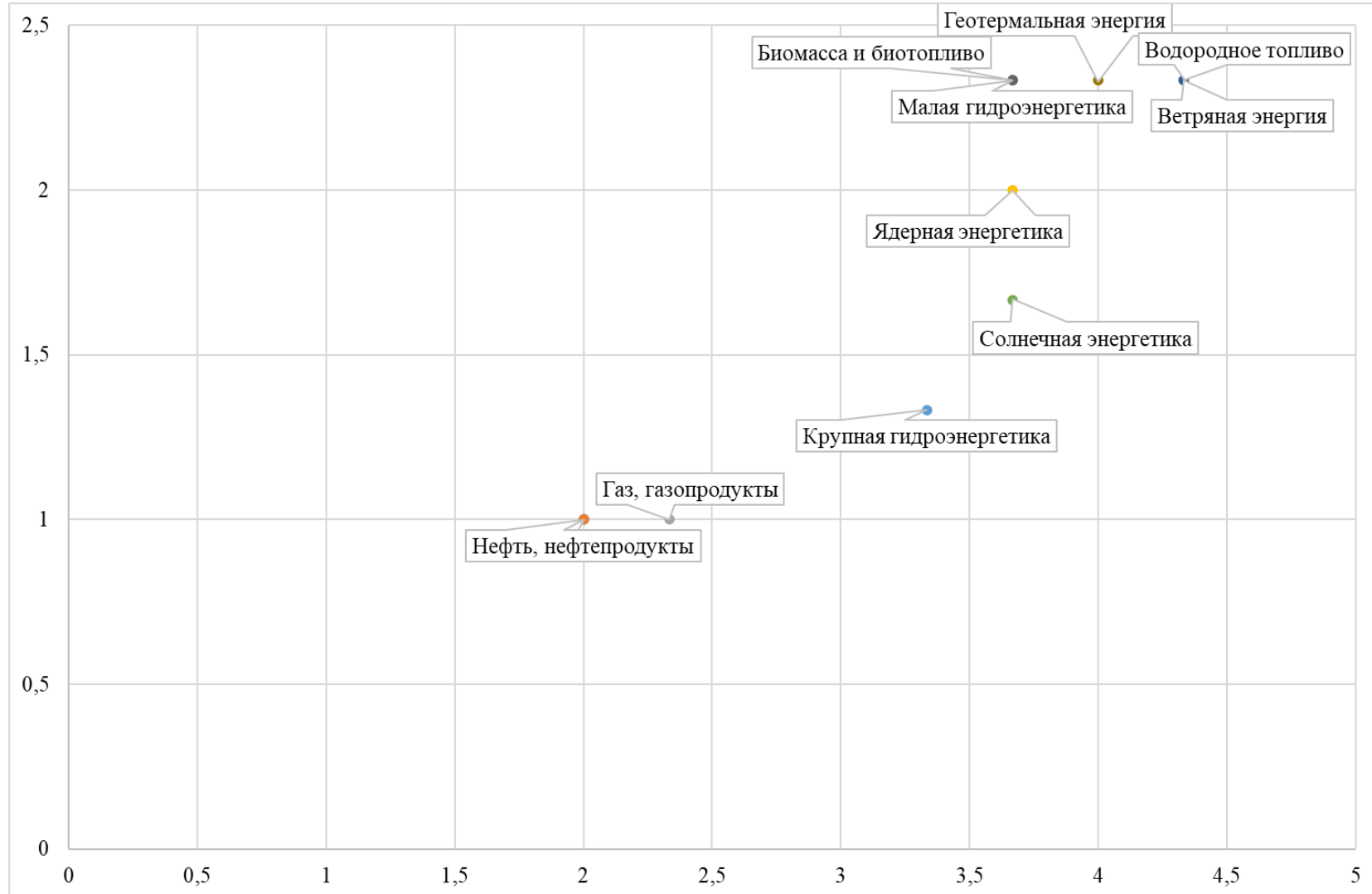
ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Экспертная оценка источников энергии по их эксплуатации



ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

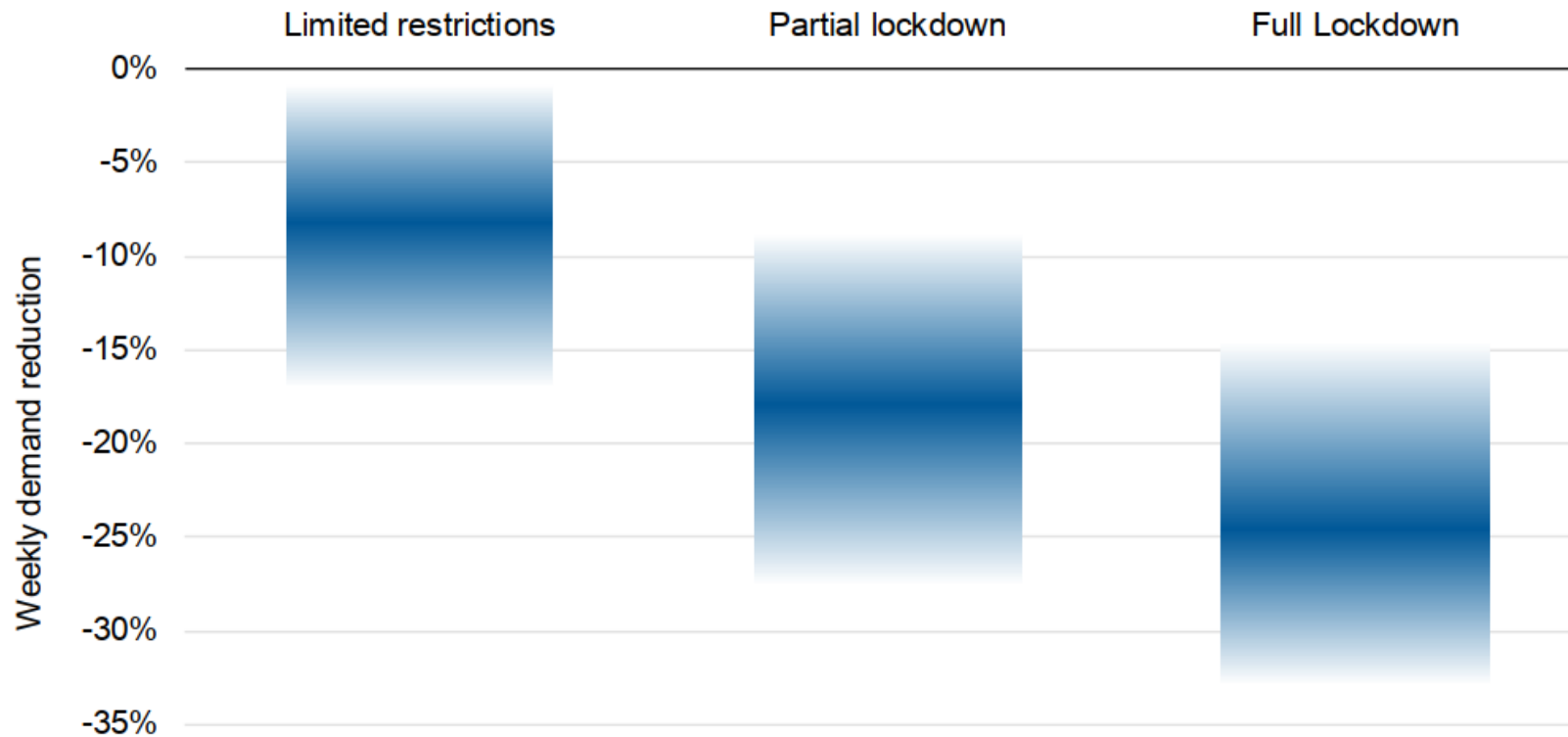
Экспертная оценка источников энергии по их производству (включая производство оборудования)



ПРИЛОЖЕНИЕ В.

Влияние мер по ограничению COVID-19 на еженедельное энергопотребление в мире [36]

Impact of Covid 19 containment measures on weekly total energy demand

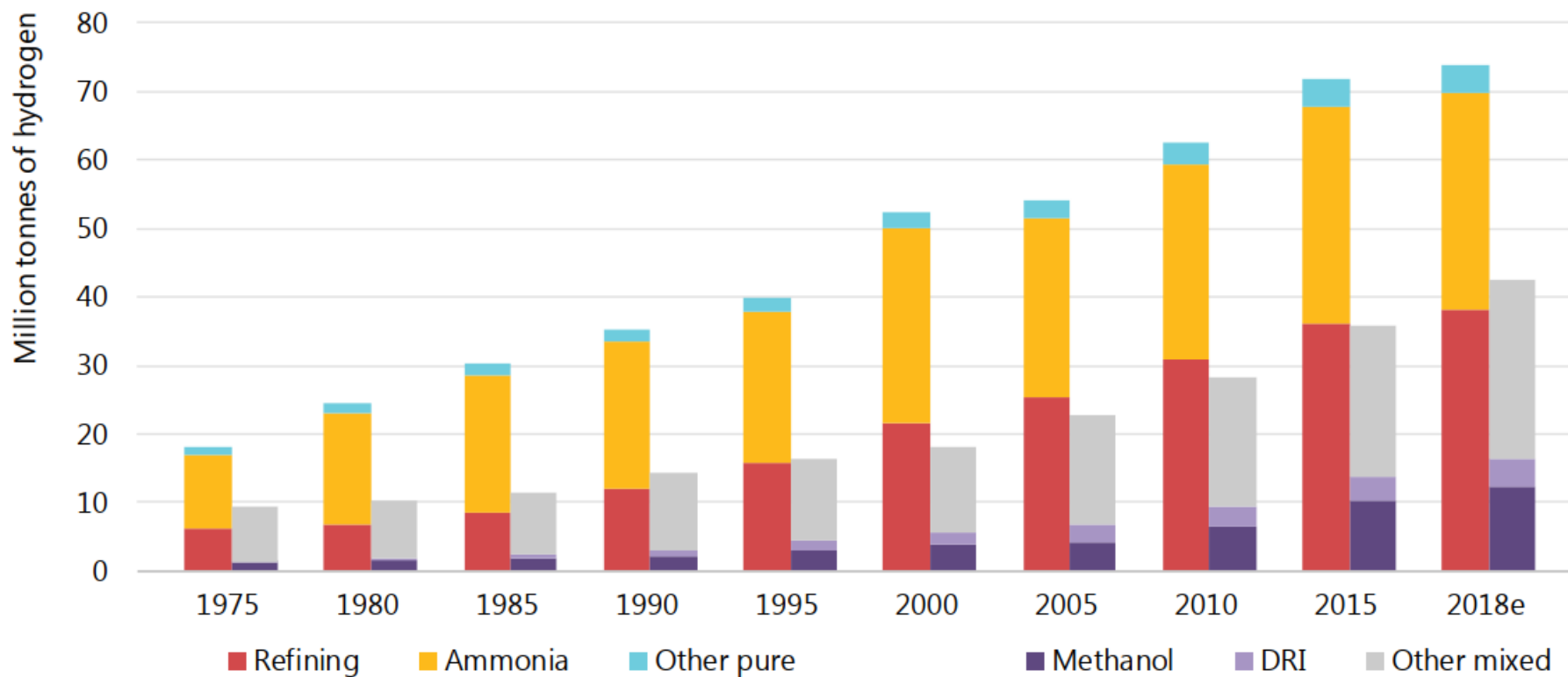


IEA 2020. All rights reserved.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г.

Динамика мирового спроса на водород по отраслям применения [35]

96

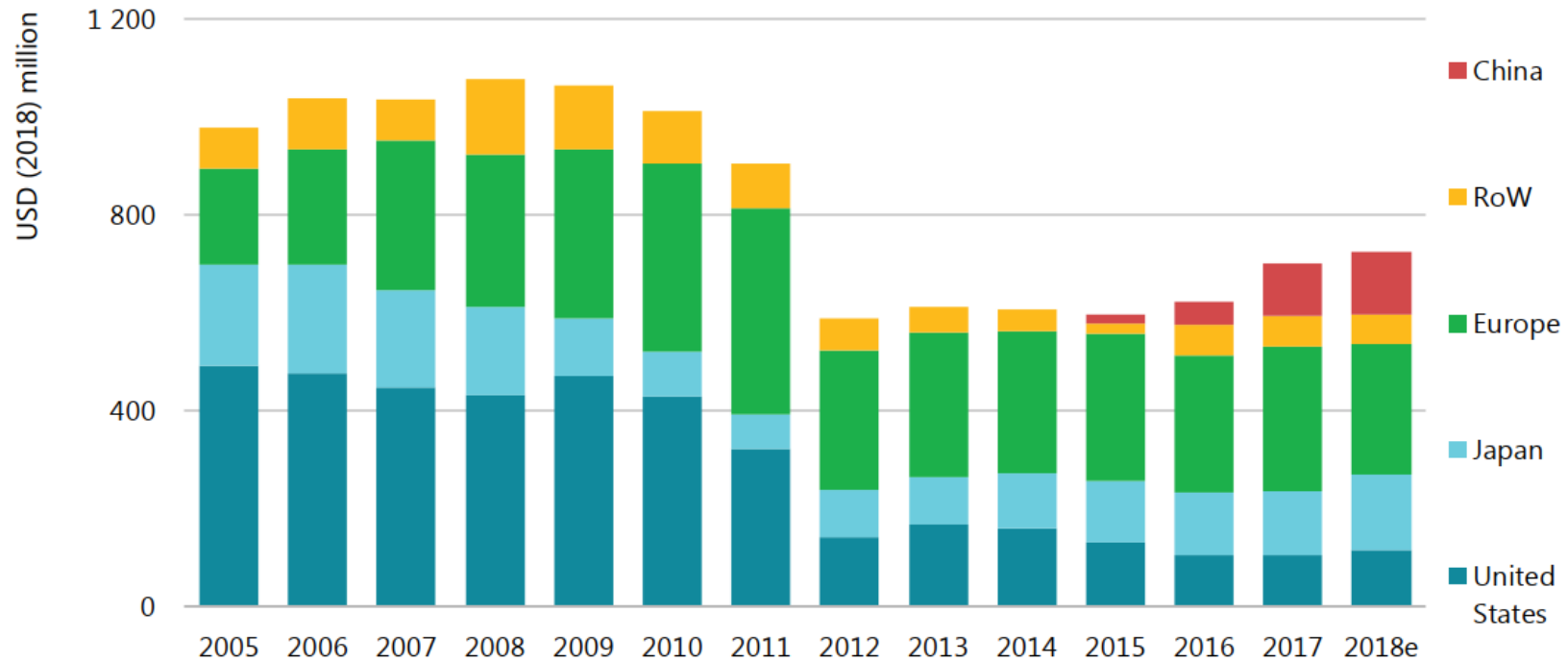


Notes: DRI = direct reduced iron steel production. Refining, ammonia and "other pure" represent demand for specific applications that require hydrogen with only small levels of additives or contaminants tolerated. Methanol, DRI and "other mixed" represent demand for applications that use hydrogen as part of a mixture of gases, such as synthesis gas, for fuel or feedstock.

Source: IEA 2019. All rights reserved.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д.

Динамика объёма государственного финансирования R&D касательно водородных проектов и водородных топливных ячеек [35]

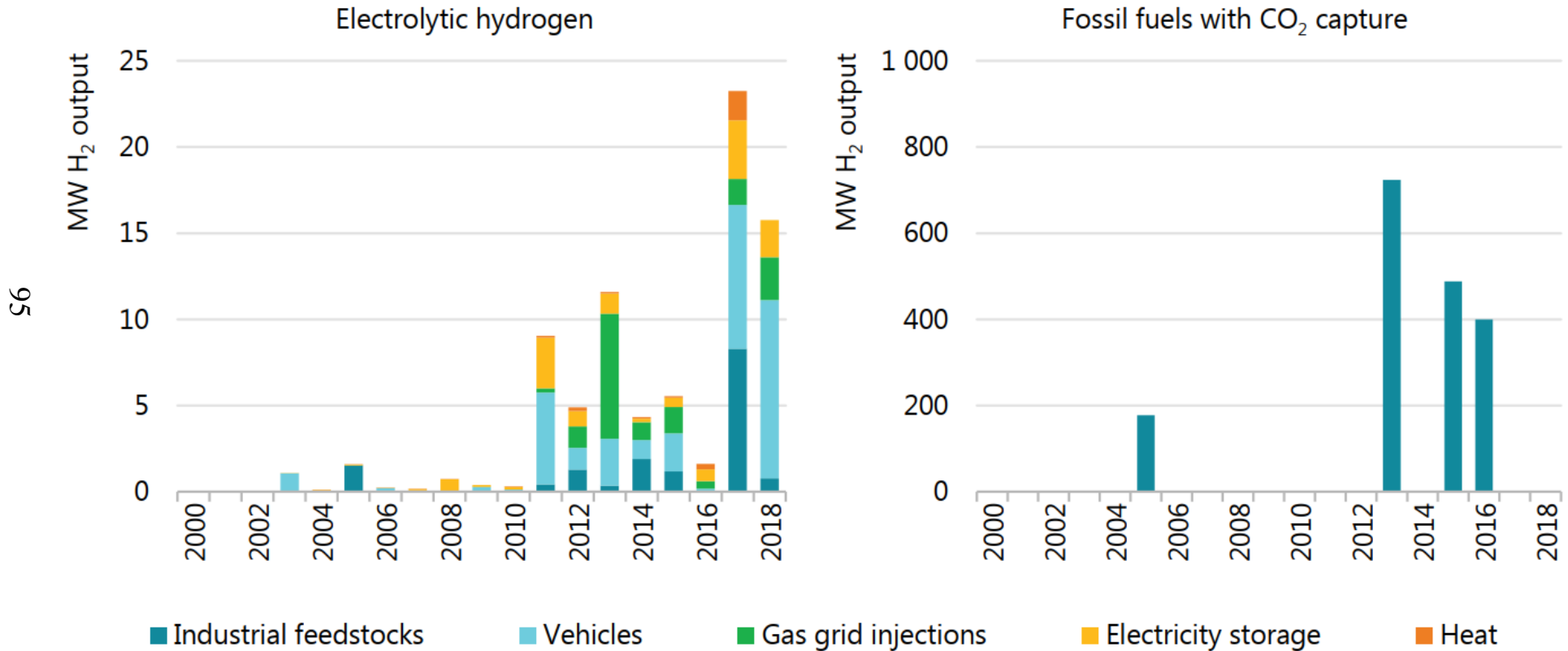


Notes: Government spending includes European Commission funding, but does not include sub-national funding, which can be significant in some countries. 2018e = estimated; RoW = rest of world.

Source: IEA (2018a), *RD&D Statistics*.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е.

Мощности новых проектов по производству водорода для энергетических и климатических целей, по технологии и году введения в эксплуатацию [35]



Sources: IEA analysis based on Chehade et al. (2019), "Review and analysis of demonstration projects on Power-to-X pathways in the world", IEA (2018), World Energy Investment, and the World Energy Council (2018), "Hydrogen an enabler of the Grand Transition" and data provided by IEA Hydrogen Technology Collaboration Programme.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.

Анализ основных показателей мировой энергетики в различных прогнозах экспертных организаций

Автор	Название	Верхняя граница периода	Ожидаемые результаты			
			Объём выбросов, Gt CO ₂	Объём мирового энергопотребления, EJ TPES	Объём использования традиционных источников, EJ TPES	Доля альтернативных источников
WEF [61]	Gradual Narrative	2040	N/A	740,0	550,0	14,8%
WEF [61]	Rapid Narrative	2050	N/A	590,0	310,0	39,0%
IRENA [38]	Planned Energy Scenario	2050	33	710,0	538,0	25,0%
IRENA [38]	Transforming Energy Scenario	2050	9,5	440,0	130,0	66,0%
Shell [52]	Sky Scenario	2050	18,45	828,3	474,3	42,7%
BP [20]	More Energy	2040	46	942,0	690,8	15,6%
BP [20]	Evolving Transition	2040	36	748,0	548,6	15,4%
BP [20]	Less Globalisation	2040	34	686,2	388,0	28,7%
BP [20]	Rapid Transition	2040	18	690,8	376,8	30,3%