

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экономики и управления

Направление подготовки

Профиль

Кафедра «Экономическая теория и
международные отношения»

38.03.01 «Экономика»

Мировая экономика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

Проблемы и перспективы развития зелёной энергетики в странах мира

Студент

Биктимирова
Диана
Дамировна

подпись, дата

Руководитель

Мишина Н. А.

подпись, дата

Нормоконтролер

Влазнева С.А.

подпись, дата

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от _____ № _____)

Заведующий кафедрой

Рожкова Л. В.

подпись, дата

Работа защищена с отметкой _____ (протокол ГЭК от _____ № _____)

Секретарь ГЭК

Рассказова Н. В.

подпись, дата

Пенза 2023

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
Институт экономики и управления
Кафедра «Экономическая теория и международные отношения»
Направление подготовки 38.03.01 «Экономика», профиль Мировая экономика

«УТВЕРЖДАЮ»:
Зав. кафедрой
д.с.н., доцент Рожкова Л. В.

« _____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
НА БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ

студенту Биктимировой Д. Д., группа 19ЭЭр1, обучение очное

1 Тема бакалаврской работы: Проблемы и перспективы развития зелёной энергетики в странах мира

утверждена приказом по университету

от «__» _____ 20__ г. № _____

2 Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы: 13.06.2023.

3 Исходные данные к бакалаврской работе: нормативно-правовая база, научная и справочная литература, данные сети Интернет.

4 Перечень подлежащих разработке вопросов: теоретические основы исследования «зеленой» энергетики; «зеленая» энергетика в странах мира; зарубежный опыт перехода к «зеленой» энергетике; развитие «зеленой» энергетики в России; проблемы и перспективы «зеленого» энергоперехода.

5 Перечень графического материала: таблицы, рисунки.

6 Дата выдачи задания: 1.12.2022.

График подготовки бакалаврской работы

№ п/п	Содержание работы	Срок выполнения	Дата выполнения, подпись руководителя
1	Составление плана ВКР	1.12.2022 – 15.12.2022	
2	Изучение исходных данных к бакалаврской работе	16.12.2022 – 9.01.2023	
3	Написание Главы 1	10.01.2023 – 19.02.2023	
4	Написание Главы 2	20.02.2023 – 27.03.2023	
5	Написание Главы 3	28.03.2023 – 4.05.2023	
6	Написание введения и заключения	5.05.2023 – 14.05.2023	
7	Оформление ВКР	15.05.2023 – 25.05.2023	
8	Сдача ВКР на нормоконтроль, проверка в системе «антиплагиат.вуз»	26.05.2023 – 9.06.2023	
9	Ознакомление с отзывом руководителя	10.06.2023	
10	Представление законченной бакалаврской работы	13.06.2023	

Руководитель _____ / Н. А. Мишина /
(подпись) (инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению студент _____ / Д. Д. Биктимирова /
(подпись) (инициалы, фамилия)

Реферат

Бакалаврская работа 64 с., 3 ч., 11 рис., 5 табл., 79 источников.

«ЗЕЛЕНАЯ» ЭКОНОМИКА, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД, «ЗЕЛЕНАЯ» ЭНЕРГЕТИКА, УГЛЕРОДНАЯ НЕЙТРАЛЬНОСТЬ, ВИЭ, ГИДРОЭНЕРГЕТИКА, ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА, СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, БИОЭНЕРГЕТИКА, ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, «ЗЕЛЕНЫЙ» ВОДОРОД

Объектом исследования является «зеленая» энергетика.

Цель работы – проанализировать процесс становления «зеленой» энергетики, оценить ее современное состояние, перспективы и значение как для национальных экономик, так и для мирового хозяйства.

Методологическую основу работы составил системный подход. В процессе написания работы использовались методы единства исторического и логического, сравнительного анализа, индукции и дедукции, а также позитивный и нормативный подходы.

Результаты работы: изучены теоретические основы исследования «зеленой» энергетики, выявлена специфика «зеленой» экономики и энергетического перехода, охарактеризованы содержание понятия и виды «зеленой» энергетики, рассмотрен зарубежный опыт перехода к «зеленой» энергетике, оценено развитие «зеленой» энергетики в России, выявлены проблемы и риски перехода на «зеленую» энергетику, выделены тенденции и перспективы зеленой энергетики.

Теоретическая значимость ВКР состоит в обосновании целесообразности перехода мировой экономики к «зеленым» технологиям в целом, «зеленой» энергетике в частности.

Практическая значимость работы состоит в обобщении и систематизации большого массива статистических данных, рекомендаций и предложений ученых, специалистов, занимающихся проблемой «зеленого» перехода в мировой энергетической системе.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования. «Зеленая» энергетика имеет высокие перспективы развития, которые могут ограничиваться действием факторов изменяющейся внешней среды.

Оглавление

Введение	3
Глава 1 Теоретические основы исследования «зеленой» энергетики.....	6
1.1 Специфика «зелёной» экономики и энергетического перехода.....	6
1.2 Понятие и виды «зеленой» энергетики.....	12
Глава 2 «Зеленая» энергетика в странах мира.....	18
2.1 Зарубежный опыт перехода к «зеленой» энергетике	18
2.2 Развитие «зеленой» энергетики в России.....	28
Глава 3 Экономические проблемы и перспективы «зеленого» энергоперехода.....	37
3.1 Проблемы и риски перехода на «зеленую» энергетику.....	37
3.2 Тенденции и перспективы зеленой энергетики	44
Заключение.....	53
Список использованных источников.....	56

Введение

Новым технологиям производства электроэнергии из возобновляемых источников (ВИЭ) насчитывается менее 50 лет. Основанная на их использовании «зеленая» энергетика приобрела популярность в 1970-х гг. как часть растущего экологического движения. Но только в начале XXI в. в этой области был сделан настоящий прорыв, который со временем позволит ВИЭ вытеснить ископаемое топливо (уголь, нефть и природный газ) как основного энергоносителя [71].

Производство электроэнергии из ВИЭ растет в разных странах мира, и эта тенденция в обозримой перспективе сохранится. Так, по расчетам Управления энергетической информации США (*U.S. Energy Information Administration, EIA*), в 2020 г. уже 40 % энергии в стране вырабатывалось на основе не ископаемых источников топлива. В 2015 г. ВИЭ обеспечивали менее 20 % энергопотребления в США [65]. В Европе производство солнечной электроэнергии в 2020 г. увеличилось на 60 % по сравнению с 2019 г. В результате использования ветряных электростанций Великобритания уже имеет 67-дневный период без использования угля и планирует уже к 2025 г. постепенно отказаться от ископаемого топлива, а к 2030 г. запретить производство новых автомобилей с бензиновым и дизельным двигателем [49].

Считается, что «зеленая» энергетика способна решить проблемы глобального изменения климата и является одним из основных направлений снижения негативного воздействия человека на природу. Экономические выгоды включают создание новых рабочих мест при строительстве объектов «зеленой» энергетики и для их обслуживания. «Зеленая» энергетика также может стабилизировать стоимость энергии, поскольку ее источники локализованы на местном уровне и мало подвержены колебаниям цен на биржах или сбоям в цепочке поставок [78]. Уже сейчас в ряде стран они способны конкурировать с традиционными видами производства энергии [63].

Однако на пути распространения «зеленой» энергетики возникает много проблем, иногда самых неожиданных. Например, массовое размещение жителями

Австралии солнечных панелей на крыше домов нанесло серьезный ущерб поставщикам коммунальных услуг [49]. В связи с этим встают задачи согласования экологических и экономических аспектов развития «зеленой» энергетики, а также выбора оптимальной модели энергоснабжения. И для их решения необходимо представлять, что такое «зеленая» экономика и что за ней стоит.

Многие эксперты, представители международных организаций и научного сообщества считают возобновляемые источники энергии ключом к решению глобальных проблем, катализатором перехода к устойчивому развитию человечества, что определяет актуальность темы исследования.

Анализ научной литературы по теме исследования позволяет констатировать, что процессы формирования новой экономики широко рассматриваются как отечественными, так и зарубежными учеными. Зеленая экономика стала предметом исследований Д. Аронсона, В. С. Бочко, Ю. В. Булгакова, Э. М. Зомоновой, Н. И. Иванова, Д. Соловьева и многих других.

Цель работы – проанализировать процесс становления «зеленой» энергетики, оценить ее современное состояние, перспективы и значение как для национальных экономик, так и для мирового хозяйства.

Для достижения поставленных целей предполагается решение следующих задач:

- изучить теоретические основы исследования «зеленой» энергетики;
- выявить специфику «зеленой» экономики и энергетического перехода;
- охарактеризовать содержание понятия и виды «зеленой» энергетики;
- рассмотреть зарубежный опыт перехода к «зеленой» энергетике;
- оценить развитие «зеленой» энергетики в России;
- выявить проблемы и риски перехода на «зеленую» энергетику;
- выделить тенденции и перспективы зеленой энергетики.

Объектом исследования является «зеленая» энергетика. Предмет исследования – реализация политики стран по развитию «зеленой» энергетики.

Теоретико-методологическую базу исследования составляют принципы объективности, историзма, системности, единства исторического и логического,

социально-исторической обусловленности деятельности человека, взаимосвязи общественного бытия и общественного сознания.

В ходе исследования использовались следующие методы: анализ, синтез, классификация, обобщение, ретроспективный анализ, сопоставление.

Структура работы отражает логику и содержание исследования. Работа состоит из введения, трех глав, разделённых на параграфы, заключения и списка использованных источников.

Глава 1 Теоретические основы исследования «зеленой» энергетики

1.1 Специфика «зелёной» экономики и энергетического перехода

С ростом населения и развитием человеческой цивилизации потребность в энергии неуклонно растет. В 1800 г. человечество потребляло около 5 600 ТВт/ч энергии в год. Всего за 200 лет этот показатель вырос более чем в тридцать раз и превысил 170 000 ТВт/ч. Сегодня в зависимости от региона, потребление энергии на душу населения составляет от 98 до 105 540 кВт/ч ежегодно и продолжает повышаться [50].

Рост потребления энергии неуклонно приводит к увеличению выбросов углекислого газа (рисунок 1).

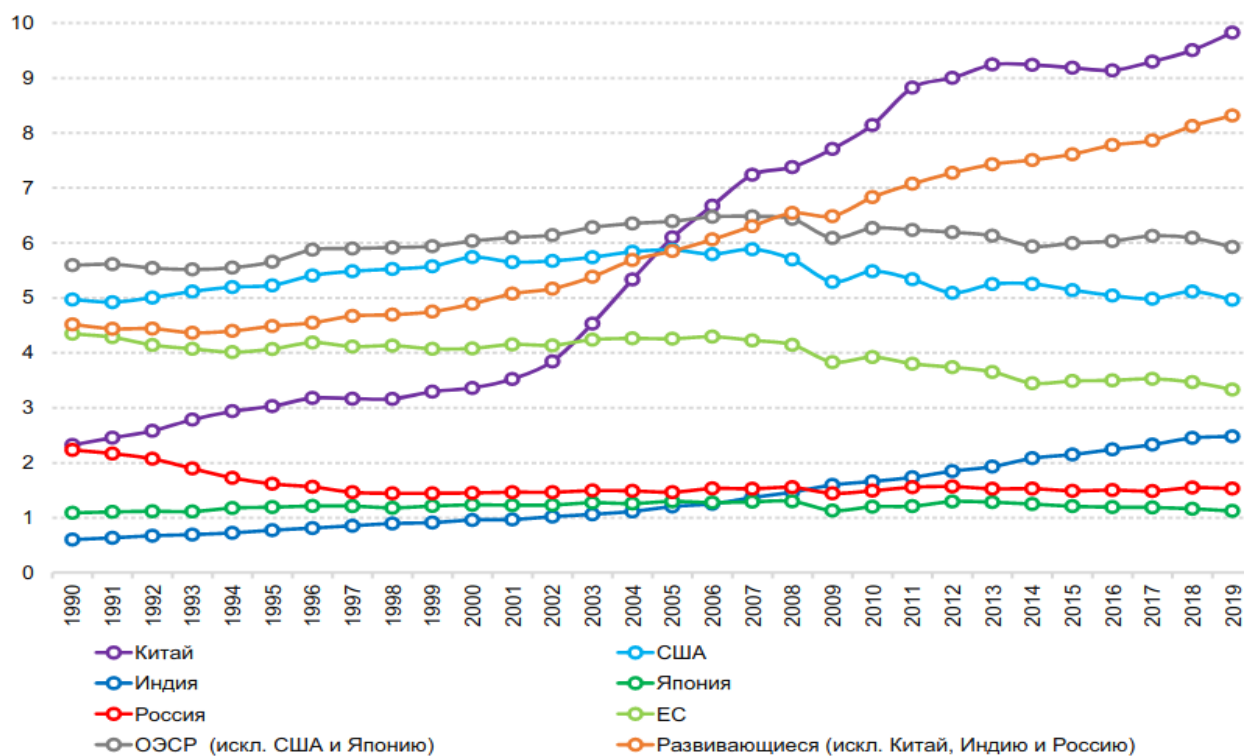


Рисунок 1 – Объемы выброса углекислого газа CO₂ по регионам мира за 1990–2019 гг., млрд т [39]

За тридцатилетний период значительный рост объемов выброса CO₂ зафиксирован в развивающихся странах и в Китае, что объясняется ростом производства и экономическим ростом в целом.

Концепция «зеленой» экономики, предполагающая постепенный переход к возобновляемым источникам энергии для устойчивого развития, была сформулирована еще в 1991 г. британским экономистом Майклом Джейкобсом. Ее основные положения автор изложил в книге «Зеленая экономика: окружающая среда, устойчивое развитие и политика будущего» (*The Green Economy: Environment, Sustainable Development and the Politics of the Future*). Однако широкое распространение идеи Джейкобса получили только после экономического кризиса 2008 г., когда «зеленую» экономику стали рассматривать в качестве оперативной стратегии восстановления мирового хозяйства и предотвращения крупных потрясений в будущем. После этого вопросы «зеленой» экономики и «зеленой» энергетики приобрели международное значение, стали обсуждаться на уровне ООН. Концепция «зеленой» экономики была закреплена в программе ООН по окружающей среде (UNEP) и признана способом «повышения благосостояния людей и социальной справедливости при одновременном значительном снижении экологических рисков и экологического дефицита» [15, с. 14].

Экологическая программа ООН (UNEP) определяет «зеленую» экономику как низкоуглеродное, ресурсоэффективное и социальное хозяйствование. В «зеленой» экономике рост занятости, доходов и общего благосостояния населения обусловлен государственными и частными инвестициями в такую экономическую деятельность, инфраструктуру и активы, которые позволяют сократить выбросы углерода и загрязнение, повысить энергоэффективность и эффективность использования ресурсов, а также предотвратить утрату биоразнообразия и разрушение экосистемы [53].

В основе «зеленой» экономики лежит концепция устойчивого развития. Именно забота о состоянии окружающей среды вносит наибольшее количество корректив в хозяйственную жизнь общества.

Связь экологической, социальной и экономической сфер деятельности человека представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема взаимодействия элементов устойчивого развития [70]

Данная концепция предполагает, что социальный и экономические сектора должны быть преобразованы таким образом, чтобы рынки ориентировались на, соответственно, социальные и экологические ценности. В свою очередь государство должно сотрудничать с общественными организациями в целях инновационного преобразования.

Необходимо развитие новых стимулов для экологического поведения хозяйства и упрощения процесса перехода от традиционной экономики. Также имеет место проявление политической воли, способной сместить акценты в сторону «зеленого» роста национальной и мировой экономики [44, с. 16].

Исследователи разделяют понятия «зеленая» экономика и «зеленый» рост, несмотря на то, что зачастую они используются в качестве синонимов.

В таблице 1 представлены методологические подходы к «зеленой» экономике.

Таблица 1 – Методологические подходы к «зеленой» экономике [6, с. 8]

Подход	Содержание подхода
1	2
Технологический подход	«Зеленая» экономика понимается как переход всех производств на новые технологии, обеспечивающие экологически чистое и безопасное производство товаров
Отраслевой подход	Развитие отдельных отраслей экономики согласно «зеленым» принципам. К таким сферам могут относиться энергетика, природопользование, развитие низкоуглеродных технологий, а также производство отдельных видов товаров и услуг
Нравственно-экологический подход	Предполагает активное развитие общественных движений за сохранение природы и повышение общего уровня благосостояния людей

Так, «зеленой» экономикой можно назвать систему мер, направленных на переход к ресурсоэффективной, низкоуглеродной экономике, которая гарантирует улучшение благосостояния человечества в долгосрочной перспективе.

«Зеленый» рост в свою очередь фокусируется на стимулировании экономического роста путем инвестиций в инновации, обеспечивая тем самым сохранение природного капитала. Является своеобразным планом перехода к «зеленой» экономике.

Можно сказать, что «зеленая» экономика отражает систему «общество – окружающая среда», а «зеленый» рост – «экономика – окружающая среда» [8, с. 90].

Стоит также обратить внимание на то, что практически все международные организации неразрывно связывают «зеленые» рост и экономику с преодолением нищеты, социального неравенства и несправедливости, а также доступа бедных слоев населения к основным благам. В данном случае «зеленая» экономика является средством осуществления глобальной социальной программы развития [15, с. 15].

В отчете «Путеводитель по зеленой экономике» РИО+20 выделяет следующие принципы «зеленой» экономики:

- принцип справедливости (распространение равенства на Земле);
- принцип достоинства (создание подлинного процветания и долгосрочного благополучия);
- принцип предосторожности (улучшение состояния окружающей среды);

– принцип включения (принятие того или иного решения должно опираться в том числе на перспективы воздействия этого решения на цели устойчивого развития);

– принцип управления (действия «зеленой» экономики являются прозрачными и подотчетными);

– принцип устойчивости (повышения экономической, социальной и экологической устойчивости);

– принцип эффективности (обеспечение стабильного производства и потребления);

– принцип преемственности поколений (действия в настоящем с учетом их воздействия на будущее) [44, с. 6].

Подчеркиваются также основные направления работы системы «зеленой» экономики.

1 Внедрение возобновляемых источников энергии. По утверждению исследователей, половина горючих полезных ископаемых должны оставаться неизведанными во благо сохранения стабильного климата.

2 Работа над системой управления отходами.

3 Управление водными ресурсами. Внимание уделяется проблеме нехватки пресной воды на планете в целом и в отдельных регионах в частности.

4 Изменение транспортной системы. Целью является снижение спроса на транспорт (в особенности на личные транспортные средства) без ущерба для общей мобильности.

5 Органическое земледелие в сельском хозяйстве. Отказ от применения гербицидов, пестицидов, ядохимикатов, а также удобрений полностью искусственного происхождения.

6 Энергоэффективность в ЖКХ. Разработка новых жилых комплексов, имеющих свойства, направленные на устранение тепловых и энергетических потерь.

7 Эффективное управление экосистемами. Подчеркивается необходимость предотвращения экологического кризиса.

8 Сокращение загрязнения окружающей среды и повышение ресурсной эффективности в строительстве.

9 Создание систем раннего предупреждения и адаптации к температурным аномалиям.

10 Повышение общего благосостояния за счет более продуктивного использования ресурсов [16, с. 21].

Переходя к вопросу энергетики, стоит отметить прямую ее связь с экологией, что выражается в определении понятия «энергетический переход».

Согласно Международному агентству возобновляемой энергии, энергетический переход – это путь к трансформации мирового энергетического сектора от ископаемого топлива к безуглеродному ко второй половине XXI в. В ее основе лежит необходимость сокращения выбросов углекислого газа, связанных с энергетикой, чтобы ограничить изменение климата [50].

Перед рассмотрением концепции энергетического перехода также важно отметить, что энергосфера напрямую связана с более масштабными взаимодействиями государств, что делает энергофактор эффективным инструментом международной политики. В связи с этим реформирование энергетического рынка может оказать непредсказуемый эффект на мировую экономику [23, с. 253].

Энергетический переход предполагает изменение структуры мирового топливно-энергетического баланса – соотношения добычи различных видов топлива, выработанной из них энергии и использования её в хозяйстве.

Одним из достижений зеленой экономики в целом и энергетического перехода в частности является появление технологий, способных извлекать энергию из внешней среды в любой точке пространства.

Важным элементом новой энергетической политики являются целевые показатели, представленные на рисунке 3.

Главными целями энергетического перехода являются гарантия доступной, устойчивой и современной энергии для всех, увеличение доли возобновляемых

источников энергии в мировом топливно-энергетическом балансе и двойное увеличение мировой энергоэффективности [74].

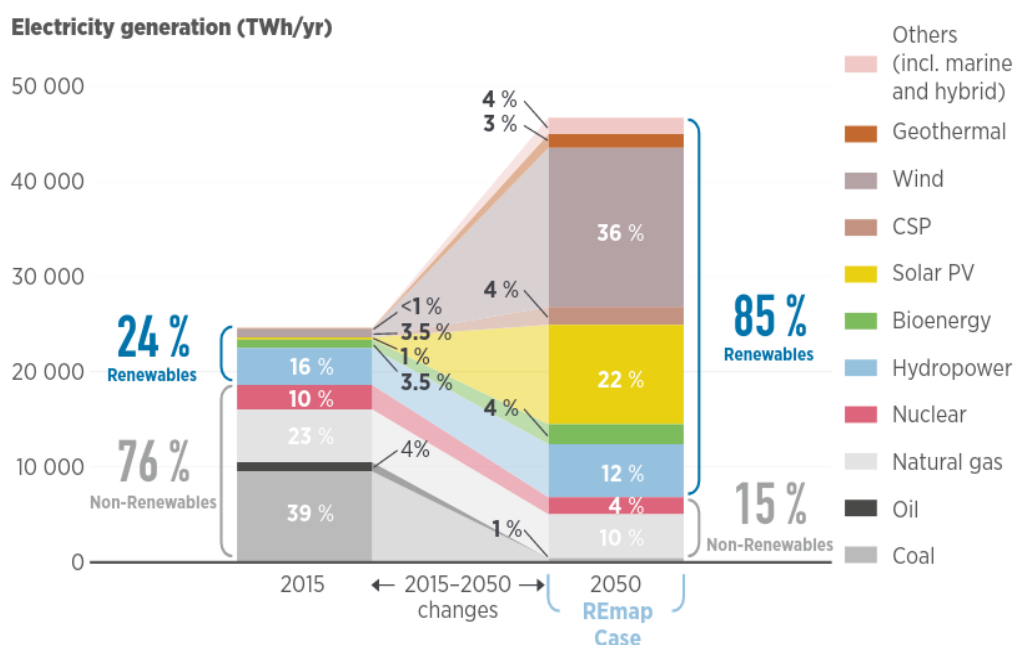


Рисунок 3 – Потенциальное изменение объемов и структуры мирового энергетического рынка [62]

Таким образом, можно сделать вывод о том, что «зеленая» экономика – это сложная система мер, направленных на переход к ресурсоэффективной, низкоуглеродной экономике, которая гарантирует улучшение благосостояния человечества в долгосрочной перспективе. «Зеленая» экономика и рост непосредственно связаны с концепцией энергетического перехода – трансформацией мирового энергетического сектора с целью не только сохранения благоприятных экологических условий на планете, но и обеспечения глобальной энергетической безопасности.

1.2 Понятие и виды «зеленой» энергетики

Рост потребления электроэнергии неизбежен и неразрывно связан с экономическим развитием. С учетом средних темпов роста населения и

энергетических потребностей, углеводороды, которые сейчас обеспечивают до 86 % потребления первичной энергии, и другие традиционные источники могут иссякнуть на горизонте нескольких десятилетий. Ископаемые виды топлива, такие как нефть, газ и уголь, состоят из разложившихся остатков растений и животных, которые за миллионы лет преобразовались в свои нынешние формы в земной коре и ее слоях. Ископаемое топливо содержит химическую энергию, которая выделяется вместе с различными загрязняющими веществами при сгорании. По сравнению с электричеством, которое может быть получено из возобновляемых источников, но которое довольно сложно хранить, ископаемое топливо легче хранить и доставлять конечным пользователям. Энергетическая инфраструктура и технологии, разработанные после промышленной революции, в значительной степени основаны на использовании ископаемого топлива.

Ограниченность и истощаемость традиционных источников энергии порождают необходимость в альтернативных решениях. Одним из них становится «зеленая» энергетика.

В современном мире значение «зеленой» энергетики для устойчивого развития становится решающим. По мнению многих экспертов и журнала *World Energy Outlook*, наиболее значимой из 17 Целей устойчивого развития в «Повестке дня на период до 2030 г.» ООН является именно Цель № 7 – переход к «зеленой» энергетике, поскольку именно ее решение может привести к достижению остальных целей [20, с. 169].

«Зеленая» энергетика – это часть энергопроизводящей системы, основу которой составляют неисчерпаемые или возобновляемые в масштабах человечества природные ресурсы. К источникам «зеленой» энергетики относят ветер, солнечный свет, водные потоки, гейзеры, биотопливо. Кроме неисчерпаемости, преимуществом таких источников энергии является их экологичность. Предполагается, что «зеленая» энергетика поможет смягчить негативное влияние глобальных мегатрендов – урбанизации и смены климата.

«Зеленая» энергетика – это технологии выработки энергии, при которой минимизировано загрязнение окружающей среды, в том числе отсутствуют выбросы

парниковых газов в атмосферу. При этом «зеленая» энергетика использует неисчерпаемые и возобновляемые источники, прежде всего энергию ветра, солнечную энергию и гидроэлектроэнергию (включая энергию морских приливов и отливов). К ним также отнесена ядерная энергия (условно – из-за опасности катастроф). По определению *EIA*, возобновляемая энергия поступает из естественных источников, которые практически неисчерпаемы [65].

Однако это определение нуждается в уточнении. Во-первых, возобновляемые и неисчерпаемые источники энергии – это не одно и то же. Во-вторых, хотя, например, энергия солнца неисчерпаема (в пределах Земли), но редкоземельные металлы, используемые для создания солнечных панелей, представляют собой ограниченные ресурсы, которые необходимо добывать [59].

Кроме того, здесь не учитывается загрязнение окружающей среды от использования ВИЭ. А с этой точки зрения далеко не все они соответствуют принципам «зеленой» энергетики. Например, сжигаемые для получения энергии традиционные возобновляемые органические материалы (дрова, торф и т.д.) не являются экологически чистыми («зелеными») источниками из-за образования углекислого газа (CO_2) в этом процессе [78].

К «зеленым» энергетическим технологиям относят переработку органических отходов, так как в этом случае ущерб окружающей среде минимизируется. Таким образом, «зеленая» энергетика опирается на использование альтернативных по сравнению с ископаемым топливом источников – неисчерпаемых или возобновляемых, – при производстве энергии из которых наносится гораздо меньший ущерб окружающей среде (выделяется меньше парниковых газов и других вредных веществ). Различие между «зеленой» и традиционной энергетикой наиболее отчетливо проявляется за пределами домохозяйств, считает С. Орландо. Ориентируясь на ископаемое топливо, компании должны постоянно искать новые месторождения, так как старые истощаются. Установки, сжигающие ископаемое топливо для производства электроэнергии и тепла, а также на разных видах транспорта, суммарно являются крупнейшим источником выбросов парниковых газов в атмосферу [59].

При сжигании угля также выделяются токсичные газы, такие как окись углерода. Другие негативные формы воздействия на окружающую среду включают загрязнение почвы и воды, в том числе разливы нефти, вредны для живых организмов. Добыча природного газа (особенно методом гидро-разрыва) вызывает небольшие землетрясения и т.д. Тем не менее в настоящее время традиционные (ископаемые) источники энергии играют доминирующую роль как в мировом энергобалансе, так и отдельных стран [61]. Ископаемое топливо можно легко транспортировать из одной страны в другую, а сам этот рынок является высоко прибыльным. Однако, по мере того, как легкодоступные ресурсы начинают иссякать, стоимость производства этого типа энергии возрастает. Напротив, стоимость более экологически чистых (или альтернативных) источников энергии падает в связи с масштабными инвестициями в инновационные технологии.

В пользу «зеленой» энергетики свидетельствуют и другие факторы, в том числе возможность осуществлять относительно недорогие локализованные энергетические решения, такие как солнечные «фермы». Кроме того, «зеленые» энергоустановки не требуют значительных дополнительных затрат энергоресурсов после введения в эксплуатацию, поскольку используют ВИЭ. В результате «зеленая» энергия становится не только экономически жизнеспособной, но и предпочтительным вариантом развития. Хотя ее эффективность во многом предопределяется географическим местоположением. Например, в регионах с интенсивным солнечным излучением легче и быстрее создать эффективное энергетическое предприятие на основе солнечных батарей.

Самыми распространенными и быстро развивающимися видами «зеленой» энергетики в настоящее время являются гидроэнергетика, ветроэнергетика и солнечная энергетика (рисунок 4).

Гидроэнергетика – основывается на наиболее широко используемом виде ВИЭ, на долю которого приходится 54 % от всех генерирующих мощностей в мире, работающих на этих источниках. На сегодняшний день в производстве гидроэлектроэнергии лидирует Китай.

Ветроэнергетика – занимает второе место по масштабам производства. Технологические достижения и применение новых композитных материалов способствовали увеличению сроков службы и снижению стоимости ветряных турбин. В результате, например, береговая ветроэнергетика обеспечивает выработку около 10 % всей энергии в Великобритании и является для нее наиболее экономичным вариантом альтернативной энергетики. Морские ветряные электростанции снабжают электроэнергией около 4,5 млн домохозяйств в этой стране.

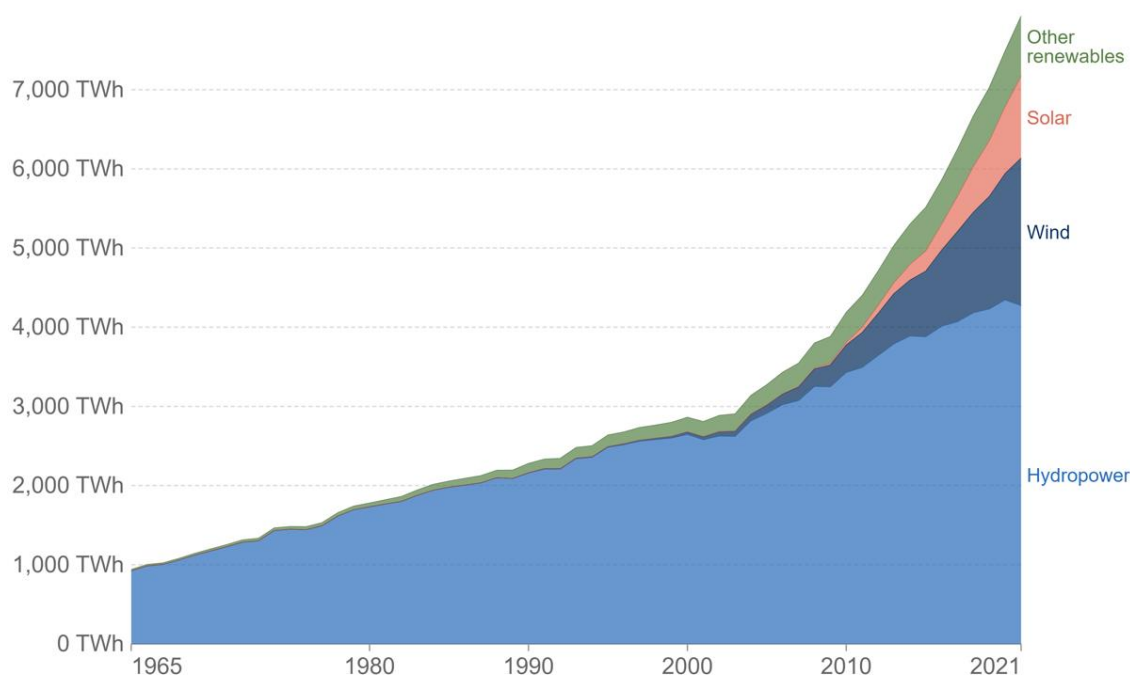


Рисунок 4 – Мировое производство возобновляемой энергии, ТВт/ч [64]

Солнечная энергетика – самый быстрорастущий вид «зеленой» энергетики и третий по объему производства на основе ВИЭ в мире в 2021 г. [73]. Самая большая солнечная электростанция находится в Объединенных Арабских Эмиратах и производит электроэнергию в количестве, достаточном для того, чтобы уменьшить углеродный след, эквивалентный эффекту от устранения 200 тыс. автомобилей [75].

Биоэнергетика – четвертый по величине вид «зеленой» энергетики. Производство электроэнергии и тепла основывается на инновационном

использовании традиционных источников биомассы, таких как побочные продукты сельского хозяйства и бытовые отходы. Китай, Великобритания и Индия в настоящее время являются лидерами в производстве биоэнергии. Бразилия, Германия, США и Швеция тоже активно развивают эти технологии [73].

Геотермальная энергия также входит в список ВИЭ, использование которых растет быстрыми темпами. Крупнейшим производителем геотермальной электроэнергии в мире является Исландия. Заметные позиции в данной сфере занимают Индонезия, Италия, Мексика, Филиппины и США [75].

Таким образом, «зеленая» энергетика выступает не просто заменой традиционных источников энергии, а драйвером перестройки мирового хозяйства, инструментом смягчения глобальных проблем – энергетических, экологических, продовольственных – и шансом человечества на устойчивое развитие.

Глава 2 «Зеленая» энергетика в странах мира

2.1 Зарубежный опыт перехода к «зеленой» энергетике

Освоение «зеленой» энергетики происходит стремительно. По информации аналитического центра *REN21*, который больше 15 лет исследует проблемы возобновляемой энергетики под эгидой Программы ООН по окружающей среде, в 2020 г. на фоне сокращения использования углеводородов в связи с пандемией *COVID-19* возобновляемые источники энергии достигли рекордно высокой доли в мировом балансе электроэнергии – 29 %. Мировой прирост энергии, вырабатываемой за счет возобновляемых источников, составил 256 ГВт, что на 30 % больше, чем в предыдущем году [64].

Опыт развитых стран показывает, что переход к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) – реальный и осуществимый процесс, а не утопия экологических активистов.

В США процесс перехода на «зеленую» энергетику отслеживает Агентство энергетической информации (*U. S. Energy Information Administration*). По данным этого органа, в 2020 г. возобновляемые источники энергии обеспечили около 20 % (11,59 квадрант британских тепловых единиц) от общего производства и 12 % от общего потребления энергии в стране [55]. Наибольшие доли в структуре возобновляемой энергетики составили энергия ветра (26 %) и гидроэнергия (22 %) (рисунок 5).

По прогнозам *EIA*, к 2050 г. производство возобновляемой энергии (энергии ветра, солнца, коммунальных отходов, геотермальной энергии) на территории страны вырастет больше всего – на 3,9 %, до 14,11 БТЕ.

В США находятся штаб-квартиры компаний, занимающихся развитием «зеленой» энергетики – *Sunrun*, *Next Era Energy Partners*, *TPI Composites*, *Enphase Energy*, *First Solar*, *Plug Power* и других. Ожидается, что эти компании будут активно развиваться и получают дополнительную поддержку со стороны государства в рамках «Плана революции в области чистой энергии и экологической

справедливости», который включил в свою предвыборную программу президент США Джо Байден (*The Biden Plan for a Clean Energy Revolution and Environmental Justice*).

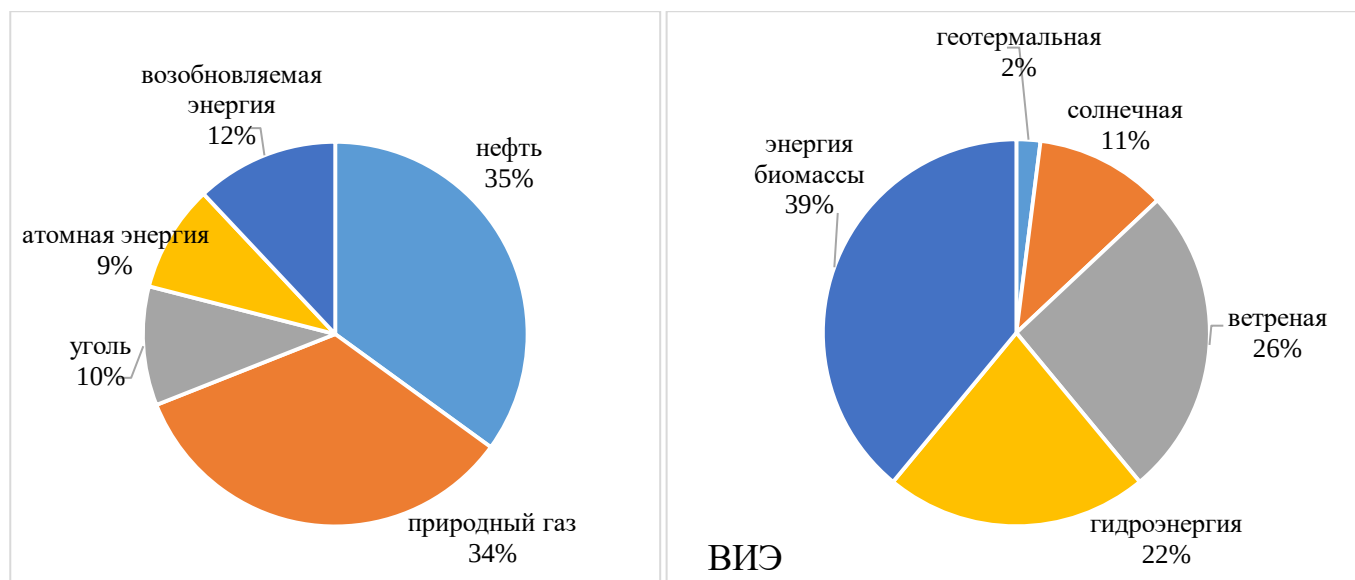


Рисунок 5 – Структура потребления энергии в США по источникам за 2021 г. [55]

Ключевой целью Плана является переход к экономике, на 100 % основанной на применении чистой энергии, а также достижение углеродной нейтральности не позднее 2050 г. Для достижения цели требуются беспрецедентные инвестиции на общую сумму более 5 трлн долл. После длительных переговоров 6 ноября 2021 г. Конгресс США утвердил инфраструктурный план в размере 1 трлн долл. Часть этих средств пойдет на дальнейшее развитие ВИЭ.

«Зеленая» энергетика активно развивается и в Евросоюзе. 11 декабря 2019 г. Европейской комиссией был принят «Зеленый пакт для Европы» (*European Green Deal*) – план достижения нулевого выброса парниковых газов и нулевого суммарного загрязнения окружающей среды путем перехода от использования ископаемых к возобновляемым источникам энергии к 2050 г. На основе «Зеленого пакта» был составлен Климатический закон, который юридически обязывает участников объединения соблюдать положения «Зеленой сделки» и добиваться

поставленных целей. Все государства-члены ЕС обязаны каждые два года отчитываться об успехах в этой области.

По данным Евростата, на конец 2019 г. доля возобновляемых источников энергии в структуре энергопотребления ЕС-27 составила 19,73 % при цели 20 % к 2020 г., а в 2021 г. – уже более 22 % валовой конечной энергии. Однако доля возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе существенно различается по странам ЕС: в Швеции она составляет около 60 %; в Дании, Эстонии, Финляндии и Латвии более 40 %; а в Бельгии, Венгрии, Ирландии, Люксембурге, Мальте и Нидерландах от 10 % до 15 % [7; 33].

По итогам 2020 г. ВИЭ в Европе впервые превзошли ископаемое топливо по объему выработки (1 052 582 ГВт/ч, или 38 %, против 1 022 589 ГВт/ч и 37 % традиционных источников) [33].

Доля ЕС в валовом конечном потреблении энергии из возобновляемых источников в 2021 г. достигла 21,8 %, что примерно на 0,3 процентных пункта ниже, чем в 2020 г. Снятие ограничений, связанных с пандемией *COVID-19*, вероятно, сыграло роль в этом снижении. Кроме того, этому способствовало изменение правовой базы и методологии бухгалтерского учета. На рисунке 6 показана доля возобновляемых источников энергии в валовом конечном потреблении энергии.

С более чем половиной энергии из возобновляемых источников в валовом конечном потреблении энергии Швеция (62,6 %) имела самую высокую долю среди государств-членов ЕС в 2021 г., опережая Финляндию (43,1 %) и Латвию (42,1 %). На противоположном конце шкалы самая низкая доля возобновляемых источников энергии была зарегистрирована в Люксембурге (11,7 %), за ним следуют Мальта (12,2 %) и Нидерланды (12,3 %).

Рост производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии в период с 2011 по 2021 гг. в значительной степени отражает расширение использования двух возобновляемых источников энергии в ЕС, а именно энергии ветра и солнечной энергии. В 2021 г. возобновляемые источники энергии составили 37,5 % валового потребления электроэнергии в ЕС, в 2020 г. – 37,4 %.

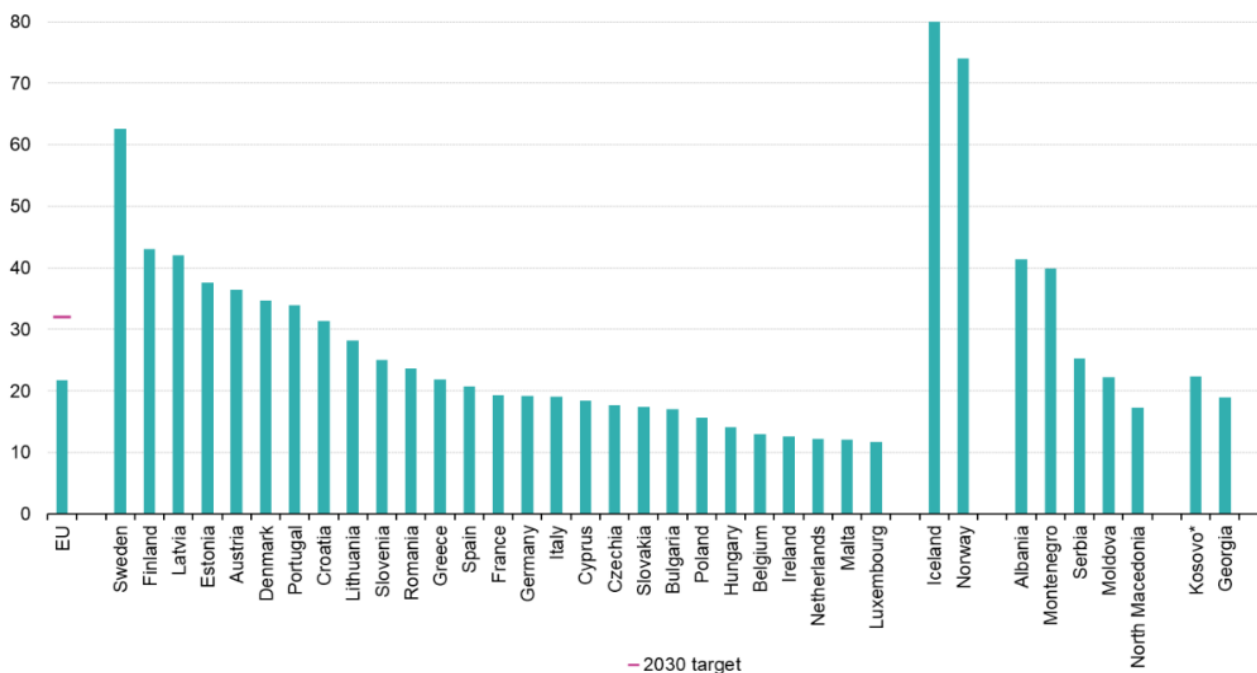


Рисунок 6 – Доля энергии из возобновляемых источников от валового потребления по странам ЕС в 2021 г., % [64]

Ветро- и гидроэнергетика составила более 2/3 всей электроэнергии, произведенной из возобновляемых источников (37,5 и 32,1 % соответственно) (рисунок 6).

Оставшаяся 1/3 произведенной электроэнергии приходится на солнечную энергию (15,1 %), твердое биотопливо (7,4 %) и другие возобновляемые источники (7,9 %). Солнечная энергия является самым быстрорастущим источником: в 2008 г. на ее долю приходилось лишь 1 %. Это означает, что рост производства электроэнергии от солнечной энергии был достаточно резким: с 7,4 ТВт/ч в 2008 г. до 163,8 ТВт/ч в 2021 г.

По данным ассоциации *Wind Europe*, в прошлом году ветроэлектростанции обеспечили 11,6 % всей энергопотребности ЕС, а в некоторые дни – более 100 % энергозатрат отдельных государств. Самые высокие доли выработки ветровой и солнечной энергии были зафиксированы в Дании (61 %), Ирландии (35 %), Германии (33 %) и Испании (29 %). Прирост объемов производства в разных государствах составил от 1 % до 40 %.

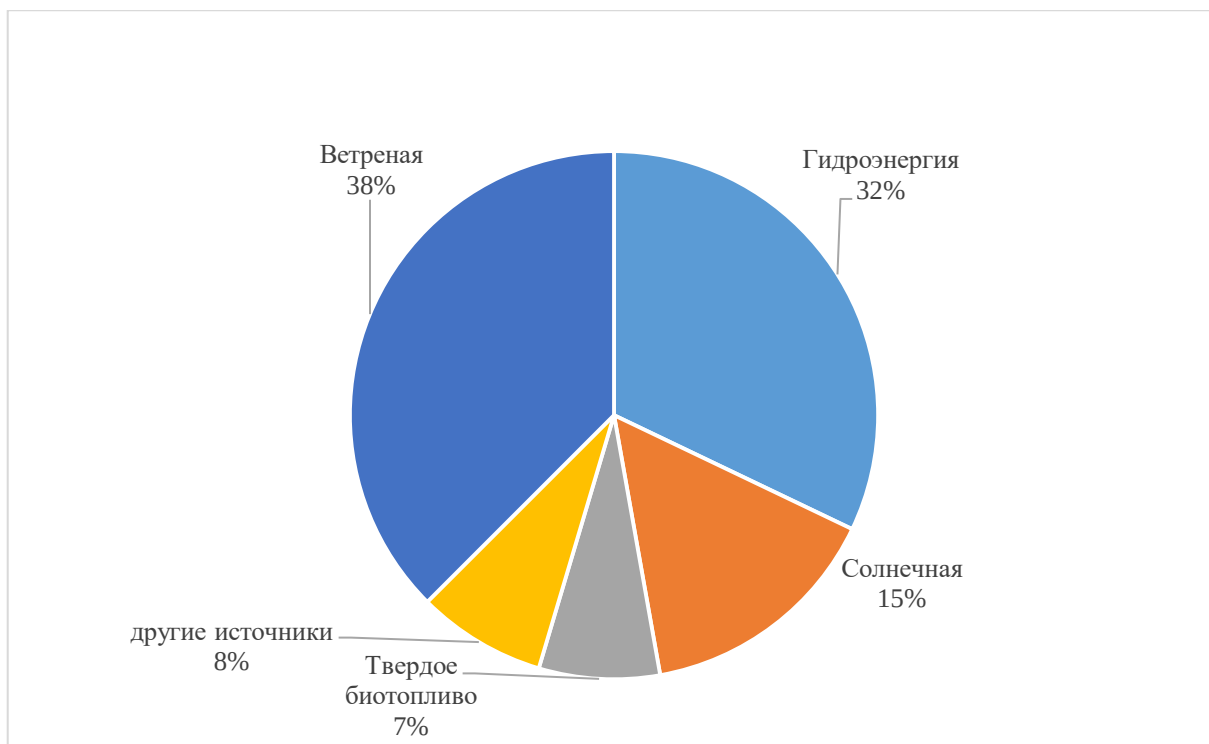


Рисунок 7 – Структура потребления электроэнергии из возобновляемых источников в ЕС за 2021 г., % [составлено автором по: 64]

Доля энергии возобновляемых источников в электроэнергии представлена на рисунке 8.

Среди государств-членов ЕС более 70 % электроэнергии, потребленной в 2021 г., было произведено из возобновляемых источников в Австрии (76,2 %) и Швеции (75,7 %). Потребление электроэнергии из возобновляемых источников также было высоким в Дании (62,6 %), Португалии (58,4 %), Хорватии (53,5 %) и Латвии (51,4 %), на долю которых приходилось более половины потребляемой электроэнергии. На другом конце шкалы доля электроэнергии из возобновляемых источников составляла 15 % или менее на Мальте (9,7 %), Венгрии (13,7 %), Люксембурге (14,2 %), Чехии (14,5 %) и Кипре (14,8 %). Страна ЕАСТ – Норвегия произвела больше электроэнергии из возобновляемых источников, чем потребила в 2021 г., что привело к доле выше 100 %, в то время как Исландия имела долю почти 100 % (в основном за счет гидроэнергетики в обоих случаях).

В 2020 г. ВИЭ более чем на четверть обеспечили электроэнергией Францию. Энергопотребности страны почти на 70 % удовлетворяют атомные станции, однако

доля возобновляемых источников в структуре энергетического баланса страны выросла почти до 27 %. Согласно годовому отчету Синдиката возобновляемой энергетики (*SER*), объемы производства увеличились до исторического показателя 120,7 ТВт. Рост обеспечили, в основном, ветроэнергетика (+17,3 %) и гидроэнергетика (+9,3 %). В 2023 г. в стране заработает первый парк прибрежных ветроэлектростанций.

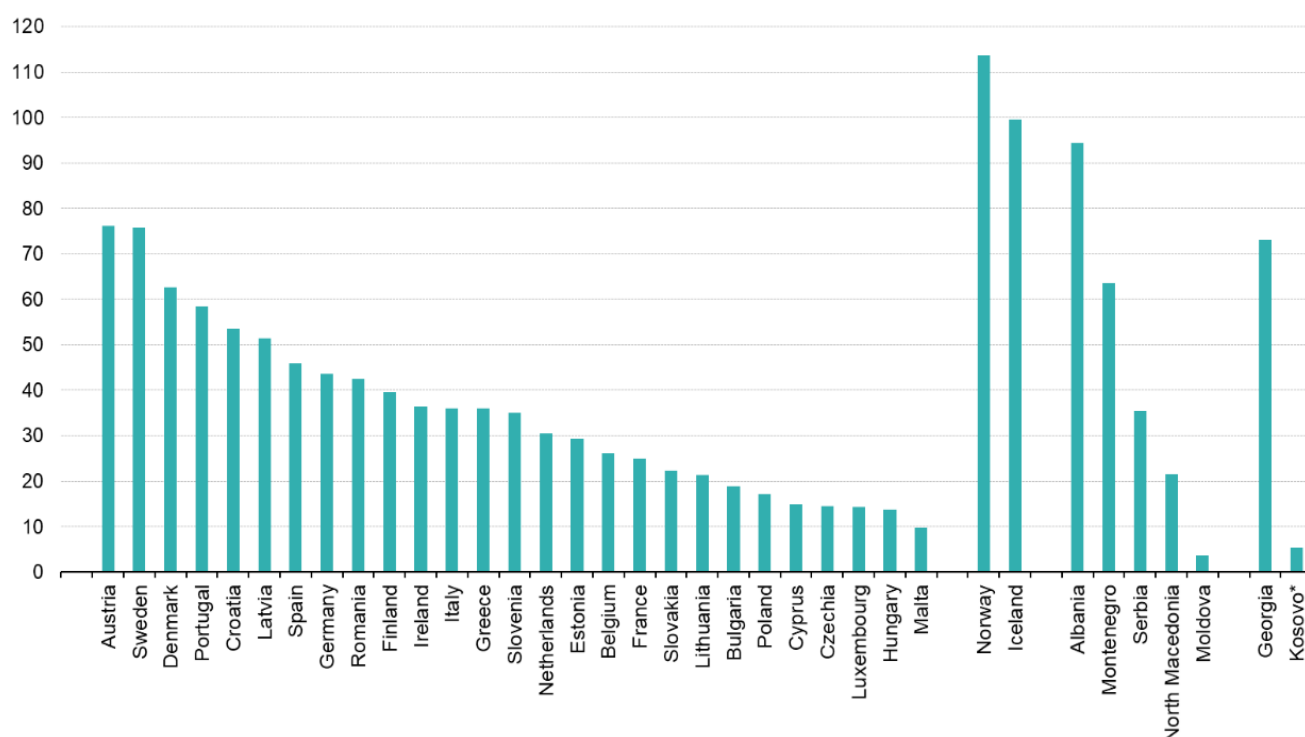


Рисунок 8– Доля энергии из возобновляемых источников в валовом потреблении электроэнергии по странам ЕС в 2021 г., % [64]

Один из индикаторов «озеленения» Европы – Германия. Страна, которая во многом полагалась на уголь и атом, поставила цель к 2030 г. сократить выбросы парниковых газов на 55 %, а к 2050-у г. стать углеродно-нейтральной. С 1990 г. производство возобновляемой энергии увеличилось в Германии более чем в 8 раз. За последние 5 лет установленная мощность ветрогенераторов достигла 55 ГВт, солнечных панелей – 50 ГВт [20, с. 168].

Великобритания вышла из состава Евросоюза, однако успела добиться успехов в переходе на ВИЭ. Благодаря климатическим условиям и протяженной

береговой линии, ветрогенераторы в 2019 г. обеспечили 20 % национального производства энергии. Крупнейшая в мире оффшорная электростанция *Hornsea Project Two*, расположенная на севере страны, ежегодно вырабатывает до 1200 МВт. Как сообщает *Electrek* со ссылкой на *EnAppSys*, в первом квартале 2021 г. ВИЭ в Великобритании обеспечили уже 44,6 % выработки (по сравнению с 38 % годом ранее). Стало известно о планах британского правительства ежегодно инвестировать порядка 26,8 млн долл. в развитие «зеленой» энергетики для полного перехода на ВИЭ к 2035 г. [20, с. 169].

Климат, географическое положение обусловили стремительное развитие «зеленой» энергетики и в скандинавских странах.

В Исландии на сегодняшний день за счет возобновляемых источников вырабатывается 80 % энергии. Благодаря ледникам, порожистым быстрым рекам и гейзерам 75 % выработки приходится на гидро- и геотермальную энергетику. Пятая по величине в мире исландская геотермальная электростанция *Hellisheidi* ежегодно вырабатывает 303 МВт электроэнергии и 400 МВт тепловой энергии.

Из стран, входящих в Евросоюз, лидером по внедрению «зеленой» энергетики стала Дания. В 2010 г. на солнце и ветер в стране приходилось только 20 % выработки, а в 2020 г. – уже 62 %. Датская оффшорная морская ветряная электростанция *Horns Reef 3* на 49 турбин способна обеспечить электроэнергией более 425 тыс. домохозяйств.

Другая скандинавская страна – Швеция – обладает богатыми запасами движущейся воды, что позволяет активно использовать ВИЭ для обеспечения энергопотребностей. По состоянию на 2019 г. из возобновляемых источников поступало около 56 % всей электроэнергии – больше, чем где-либо в ЕС. Шведская система энергетических сертификатов, при которой производитель может поставлять на рынок «сертифицированную» энергию, только если она получена из возобновляемых источников, позволяет ежегодно стимулировать выработку около 25 ТВт «зеленой» энергии. В 2020 г. более 27,6 ТВт/ч (17 %) электричества в Швеции вырабатывали ветрогенераторы [10].

В Финляндии доля возобновляемой энергии в выработке на 2020 г. превышает 30 %, в потреблении – 40 %. Установленной ЕС цели по использованию ВИЭ (38 % от общей энергопотребности) финны достигли еще в 2014 г. Среди стран, входящих в Евросоюз, по объемам использования «зеленой» энергии Финляндия занимает второе место после Швеции. *Statistics Finland* сообщает, что выработка гидроэлектростанций и ветрогенераторов в 2020 г. возросла на 28 % и 30 % соответственно. При этом основную потребность в энергии удовлетворяет биотопливо (28 %).

Многие недавние проекты по всей Европе начинают демонстрировать огромный потенциал возобновляемых источников энергии. В августе 2022 г. в Испании компания *Iberdrola* запустила крупнейшую в Европе солнечную электростанцию с примерно 1,5 млн солнечных панелей и мощностью 590 МВт, которая будет производить электроэнергию, достаточную для снабжения 330 тыс. домохозяйств.

Португалия устанавливает крупнейший в Европе плавучий солнечный парк на водохранилище Алкева, состоящий из 12 тыс. панелей.

В апреле в Греции открылась солнечная ферма мощностью 204 МВт с двусторонними панелями, которые могут собирать свет с обеих сторон.

План *REPowerEU* по ускорению перехода на возобновляемые источники энергии и снижению зависимости от российских ископаемых видов топлива направлен на поддержку таких проектов. Стратегия ЕС в области солнечной энергетики предусматривает удвоение мощности солнечной энергии к 2025 г., а европейская инициатива по солнечным крышам вводит обязательство устанавливать солнечные панели в крупных общественных и коммерческих зданиях, а также постепенно в новых жилых домах. Процесс получения разрешений на крупные проекты по возобновляемым источникам энергии также должен ускориться.

По данным независимого аналитического центра по климату и энергетике *Ember*, за последние 3 года европейские страны достигли значительного прогресса в области «зеленой» энергетики [46]. И все же, на 2021 г. некоторые страны отстают даже от среднего по ЕС показателя трехлетней давности. Таким странам, как

Польша, Болгария и Чехия, необходимо приложить больше усилий, чтобы ЕС мог достичь своих климатических целей в срок.

Кроме США и стран Европейского Союза, развитием «зеленой» энергетики так или иначе занимаются практически все государства – как крупные, так и небольшие.

В Китайской Народной республике «зеленая» энергетика является одним из ключевых факторов социально-экономического развития. Вопросы углеродной нейтральности, оптимизации энергопотребления и освоения ВИЭ подробно освещены в плане 14-й «пятилетки» 2021–2025 гг. Являясь на сегодняшний день одним из крупнейших «загрязнителей» в мире, Китай делает все, чтобы стать «державой возобновляемой энергии».

В 2020 г. председатель КНР Си Цзиньпин, выступая на Генассамблее ООН, рассказал о планах достичь пика углеродных выбросов к 2030-му г. и углеродной нейтральности – к 2060-му г. По данным Международного энергетического агентства (МЭА) КНР стала мировым лидером по внедрению ВИЭ [28].

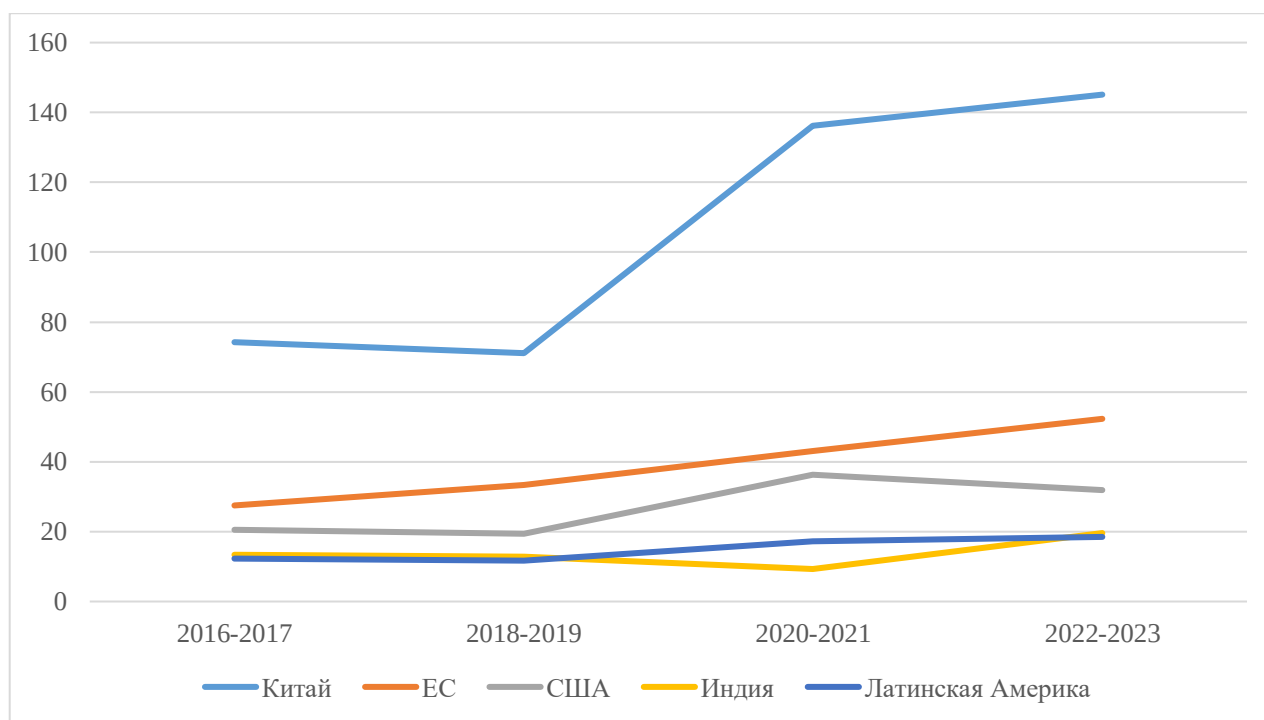


Рисунок 9 – Среднегодовой ввод мощностей ВИЭ по странам и регионам, ГВт [64]

На очередной Генассамблее ООН Китай также отказался от строительства угольных проектов за рубежом в рамках инициативы «Один пояс, один путь». Это решение китайского руководства – большой вклад в борьбу с загрязнением атмосферы и развитие «зеленой» энергетики.

В сентябре 2019 г. Министр энергетики Колумбии Мария Фернанда Суарес сообщила агентству *Reuters* об установлении общей для ряда латиноамериканских стран цели использования ВИЭ на уровне 70 % к 2030 г. – это более чем вдвое превышает планы Евросоюза. К пакту уже присоединились Колумбия, Чили, Перу, Эквадор, Коста-Рика, Гондурас, Гватемала и Доминиканская Республика [20, с. 172].

Благодаря уникальному географическому положению Коста-Рика – маленькая страна в Центральной Америке – уже сейчас способна практически полностью удовлетворять свои энергопотребности за счет ВИЭ. В 2019 г. гидроэлектростанции обеспечили 78,26 % выработки в стране, еще 10,29 % было получено от ветрогенераторов, 10,23 % – от геотермальных источников и 0,84 % – от солнечных батарей.

Южноамериканское государство Уругвай с населением 3,5 млн чел. стало одним из мировых лидеров по внедрению и использованию ВИЭ по итогам 2019 г. Благоприятная нормативно-правовая среда и сотрудничество государства с частным сектором позволили привлечь крупные инвестиции для развития ветряной и солнечной энергетики. На ВИЭ приходится около 95 % национальной выработки. Правительство страны активно стимулирует развитие «зеленой» энергетики, выделяет средства на подготовку квалифицированных кадров в Университете Республики Уругвай.

Весомый вклад в общемировое развитие «зеленой» энергетики внесла Бразилия. Являясь крупнейшим производителем топливного этанола, по объемам его потребления страна занимает второе место в мире после США. Доля биотоплива и энергии, получаемой при переработке отходов, в энергобалансе страны составляет почти 30 %. Источником биоэнергии в Бразилии, в отличие от других стран, выступает сахарный тростник – на генерацию электричества направляется почти 50 % урожая. Транспортные средства, работающие на биотопливе, а так же

на бензоэтаноловой смеси, составляют около 80 % продукции бразильского автопрома [13, с. 378].

В последние несколько лет ВИЭ активно осваивает Индия. За период 2013–2021 гг. установленная «зеленая» мощность страны увеличилась на 243 % и превысила 141 ГВт. На июнь 2021 г. возобновляемые источники обеспечивают 37 % общей национальной выработки. Сейчас Индия занимает 3-е место в мире по привлекательности инвестиций в энергетический сектор и ставит амбициозные цели: например, достичь 175 ГВт «зеленой» выработки к концу 2022 г. и 450 ГВт – к концу 2030 г. [7].

Таким образом, современные экономические проблемы, рост мировых цен на энергоресурсы, ужесточение требований по экологической безопасности, а также истощение крупных месторождений ископаемого топлива, определяют отношение большинства стран к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) как возможности замены классических источников энергии.

2.2 Развитие «зеленой» энергетики в России

Энергетический сектор России включает в себя производство, передачу, преобразование, потребление и распределение различных энергетических ресурсов. РФ является третьей страной по объему производства и потребления энергоресурсов в мире после США и КНР, которая обеспечивает 10 % производства и 5 % потребления энергоресурсов [22].

На рисунке 10 представлен график объема и структуры потребления первичной энергии в России за 2010–2020 гг. для более подробного рассмотрения энергетического баланса страны. Согласно рисунку, можно сделать вывод о том, что в российском энергобалансе около 55 % занимает газ, от 14–17 % занимает уголь, нефть стабильно держится на отметке около 20,5 % ежегодно. На атомную и гидроэнергетику приходится 8,5 %, а на возобновляемые источники энергии – менее 0,064 % ежегодно. Основной упор в России делается на полезные ископаемые.

Наша страна обеспечивает 16 % мировой торговли энергоресурсами, экспортируются все виды ресурсов, кроме урана. Россия занимает первое место в мире по экспорту газа, второе место по экспорту нефти и третье место по экспорту угля [22]. В общем объеме экспортируется около половины произведенной первичной энергии. По данным ОПЕК, запасы природного газа в России составляют почти четверть мировых запасов – 20,2 % [58].

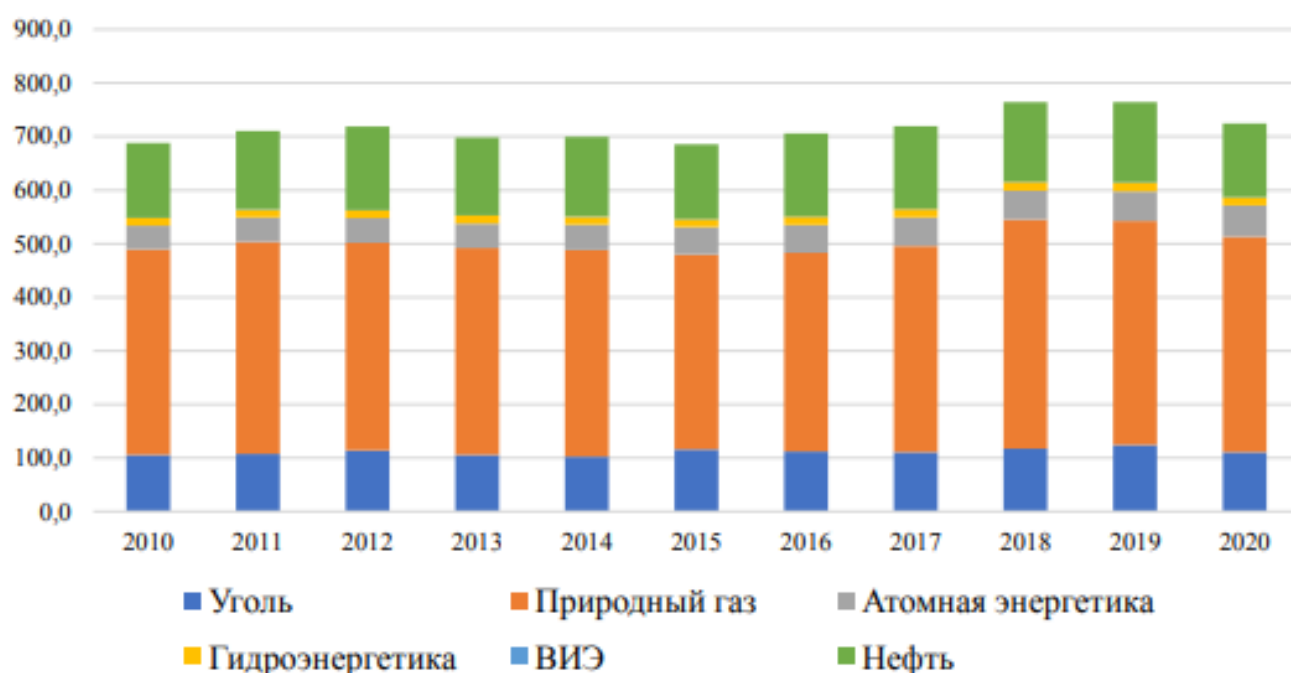


Рисунок 8 – Объем и структура потребления первичной энергии в РФ, млн т н. э. [19, с. 1166]

Вместе с тем, по выбросам парниковых газов Россия с объемом эмиссии CO₂ примерно 1,5 млрд т в год занимает 4-е место в мире [9]. Цели сокращения углеродных выбросов, а также экономическая целесообразность подталкивают к более активному развитию в стране «зеленой» энергетики [21]. По оценке Ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), в России на 2021 г. общий объем генерирующих мощностей, работающих на ВИЭ, составлял 2,9 ГВт.

Это составляет всего 0,5 % от уровня мирового лидера в области использования альтернативных источников энергии – Китая.

Учитывая большую территорию и сложный климат страны, электроснабжение должно быть надёжным. На данный момент потенциал ВИЭ на территории России оценивается в 270 млн т условного топлива (т у. т.) (таблица 2).

Таблица 2 – Потенциал ВИЭ в России, млн т у. т.

Виды ВИЭ	Потенциал, млн т у. т.
Тепловая энергия земли	115
Энергия малых рек	65
Энергия биомассы	35
Энергия низкопотенциальных источников тепла	32
Энергия солнца	13
Энергия ветра	10

Согласно «Отчёту о функционировании ЕЭС России в 2021 г.» [25], выработка электроэнергии электростанциями ЕЭС России по сравнению 2020 г. увеличилась на 6,4 % и составила 1 114 548 млн кВт/ч, в т. ч. ВЭС – 3621,7 млн кВт/ч и СЭС – 2253,8 млн кВт/ч (таблица 3).

Таблица 3 – Производство электроэнергии в ЕЭС России за 2020–2021 гг.

Тип электростанций	Производство электроэнергии, млн кВт/ч		Рост производства в 2021 г. по сравнению 2020 г., %
	2020 г.	2021 г.	
ТЭС	620566,8	676908,0	9,1
ГЭС	207416,3	209519,8	1,0
АЭС	215682,0	222244,8	3,0
ВЭС	1384,1	3621,7	161,7
СЭС	1982,3	2253,8	13,7
Всего	1047031,5	1114548,0	6,4

Суммарно за счёт возобновляемых источников в 2021 г. выработано электроэнергии 5875,5 млн кВт/ч. В общем объёме производства – это малая величина (0,53 %), но для ВИЭ – это значительный рост. Так, увеличение производства электроэнергии на СЭС составило 13,7 %, а на ВЭС – 161,7 %.

В России наметилась положительная тенденция роста доли альтернативной

энергетики. Если в 2019 г. ВИЭ занимали 0,15 % от всего объёма электрогенерации в стране, то в 2021 г. этот показатель достиг 0,53 % (рисунок 9).

В 2019 г. в РФ была принята программа «Пять гигаватт» по развитию солнечной и ветроэнергетики, согласно которой к 2024 г. выработка электроэнергии составит около 1 % от общего объема производства [18].

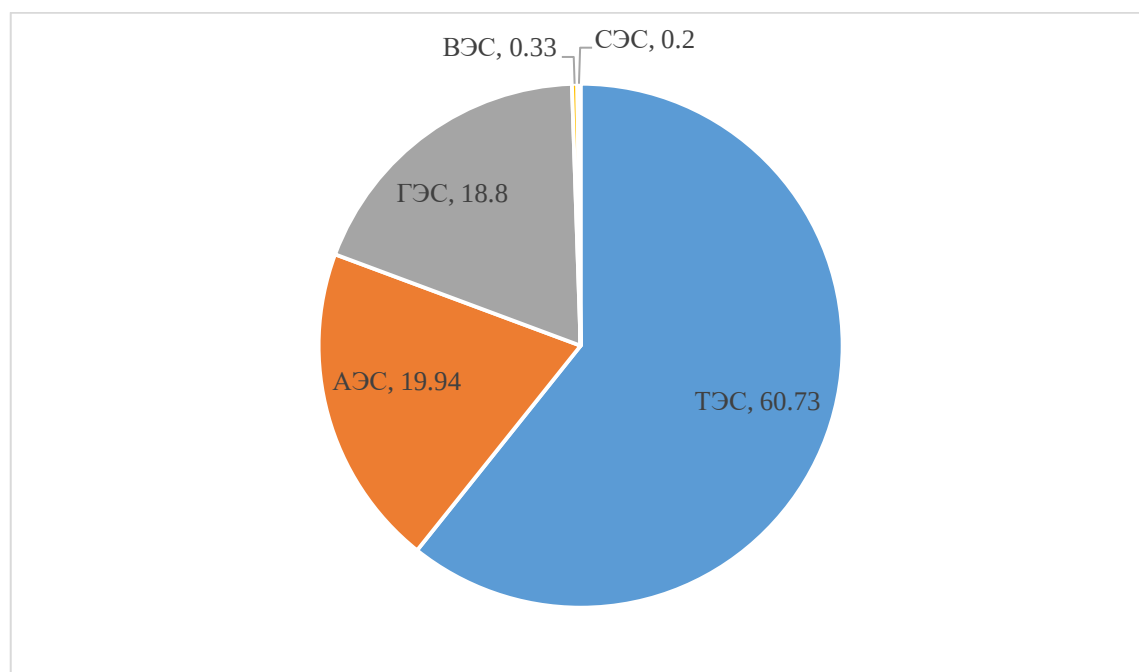


Рисунок 9 – Структура выработки электроэнергии ЕЭС России в 2022 г., %
[составлено автором: по 25]

На российском рынке зелёной энергетики введены в действие объекты генерации совокупной мощностью в 1,2 ГВт. Из них 1009 МВт приходится на ВЭС и 203 МВт – на СЭС. Таким образом, общая мощность установленных электростанций составила к концу года 3,6 ГВт, а установленная мощность всей ВИЭ-генерации России – 5,3 ГВт. Это достаточно хороший показатель динамики развития ВИЭ.

Рассмотрим совокупную установленную мощность электростанций на основе ВИЭ в России на рисунке 10.



Рисунок 10 – Совокупная мощность электростанций на основе ВИЭ, ГВт [19, с. 1167]

Согласно рисунку, на 1 апреля 2022 г. совокупная установленная мощность ВИЭ составляет 5,34 ГВт. С 2014–2022 гг. происходит стабильное увеличение установленной мощности ВИЭ в энергосистеме РФ с 1,47 ГВт до 5,34 гВт, что говорит о заинтересованности производства энергии в России с помощью ВИЭ. За данный промежуток времени наиболее прогрессивно развивались солнечные электростанции (СЭС) и ветровые электростанции (ВЭС), которые увеличили свою выработку электроэнергии в 16,5 и 18,5 раз соответственно. Если говорить про малые гидроэлектростанции (мГЭС до 50 МВт), геотермальные электростанции (ГеоЭС), приливные электростанции (ПЭС) и биологические электростанции (БиоЭС), то они показали слабый прирост. Это обусловлено тем, что для постройки таких типов электростанций требуются огромные инвестиции и ресурсы для реализации. Если говорить про БиоЭС, то на данном этапе развития ВИЭ в России реализация данных электростанций пока что представляется маловозможной, так как производства мало заинтересованы в различных видах биотоплива. Приливные электростанции малоэффективны, так как будут использоваться редко, и их выработка электроэнергии минимальна. Таким образом, программа «Пять гигаватт»

стремится к плановому завершению в выработке электроэнергии с помощью ВИЭ к 2024 г.

Вот несколько примеров применения альтернативных источников в России. ПАО «Газпромнефть» использует СЭС мощностью 1,2 МВт на Омском нефтеперерабатывающем заводе. Горнолыжная база «Семинский перевал», первая из баз России, освоила пилотную СЭС, мощность которой составила 80 кВт. В последние годы бизнес в России освоил немало пилотных проектов, потому что появилось понимание, как работать в этом направлении и эффективно использовать свои финансы.

В рамках программы Договора о предоставлении мощностей (ДМП) ВИЭ 2.0 (2025–2035 гг.) планируется введение порядка 6,7 ГВт мощностей на этой основе. В эти объемы войдут более 2 ГВт солнечной и 4 ГВт ветряной генерации, а также более 200 МВт малой гидрогенерации [35]. В соответствии с ДМП, средства на развитие генерации на основе ВИЭ должны выделяться не из государственного бюджета, а за счет дополнительной тарифной нагрузки на оптовых покупателей электроэнергии. В результате потребители вынуждены платить не столько за фактически полученные мегаватт-часы, сколько за готовность электростанции выработать необходимый объем энергии [12]. Вместе с тем участие в программе ДМП ВИЭ позволяет энергетическим компаниям снизить инвестиционные риски генерирующих компаний. Мощность по этим договорам оплачивается по повышенному установленному тарифу в течение ранее оговоренного периода времени. Проекты отбираются на конкурсной основе. Им гарантируется окупаемость инвестиций в течение 15 лет с базовой доходностью 12 % годовых (с возможностью ее корректировки) [36]. Плата за мощность гарантирует инвесторам окупаемость их вложений не только в строительство новых станций, но и подготовку персонала, создание отечественных производств ветряков и солнечных панелей [12].

В результате реализации программы ДМП 1.0 уже произошло существенное сокращение капитальных затрат на установку солнечной и ветряной генерации, что и было учтено при формировании новых параметров на 2025–2035 гг.

По оценкам «Роснано», нормированная стоимость энергии, вырабатываемой ветровыми установками, к 2030 г. сравняется с аналогичным показателем угольных электростанций. Уже сейчас дешевле построить ВЭС, чем новую теплостанцию, работающую на угле [4]. В отличие от крупных ГЭС и АЭС, строительство которых занимает десятилетия и требует огромных финансовых вложений, возводить ВЭС и СЭС можно сравнительно быстро и дешево [34]. Однако они зависят от переменчивых погодных условий и нуждаются в инфраструктуре накопления и хранения энергии, что снижает их экономическую эффективность.

Инвестиции в использование ВИЭ увеличивают конечную цену на электроэнергию. С другой стороны, генерации на основе ВИЭ уменьшают объем «дорогого» ценового предложения на оптовом рынке электроэнергии, что ведет к снижению цен на рынке «на сутки вперед» (РСВ) в среднем на 1,1–1,6 % и экономит потребителям до 17 млрд руб. в год, – в сумме это может составить до 300 млрд руб. к 2035 г. [31]. Средняя цена киловатт-часа электроэнергии, выработанной из ВИЭ, в период с 2014 по 2020 гг. в России уже снизилась в 2,5 раза. В ближайшие двадцать лет она может сократиться в шестнадцать раз, сделав ветер, солнце и воду самыми доступными источниками энергии на оптовом рынке [21]. Кроме того, снижаются удельные выбросы парниковых газов [31].

В то же время существуют и оппоненты, и скептики в отношении данных планов развития «зеленой» энергетики в России. Против поддержки ВИЭ за счет потребителей выступает коалиция энергосбытовых компаний (в основном связанных с крупными нефтегазовыми корпорациями) и энергоемких (главным образом, металлургических) производств. Созданное ими Сообщество потребителей энергии не первый год лоббирует прекращение или как минимум урезание программы ДПМ ВИЭ. Присутствие в коалиции таких гигантов, как «Роснефть», «Русал», «Транснефть», «Газпром», «Мечел», вероятно, не позволяет правительству игнорировать это мнение [27].

Еще одной проблемой, заставляющей государство проявлять сдержанность в отношении развития энергетики на основе ВИЭ, является защита интересов предприятий энергетического машиностроения, производящих оборудование для

традиционных ТЭС. С одной стороны, государство поддерживает угольщиков и газовиков, а с другой – машиностроителей, которые пока не могут наладить выпуск современной конкурентоспособной продукции (например, эффективные и экологичные газовые турбины) [26].

Придерживаясь курса на импортозамещение, правительство добивается стопроцентной локализации производства оборудования для электростанций, работающих на ВИЭ. Также под угрозой штрафов требуют, чтобы отечественные производители техники для ветряных и солнечных электростанций начали экспортировать ее за рубеж. По мнению «Гринпис России», все это замедляет развитие «зеленой» энергетики в стране [14].

Ряд исследователей считают, что снижение стоимости «зеленой» энергии до уровня ниже традиционной в ближайшие 15 лет нереалистично. В целях выполнения требований по локализации инвесторы вынуждены создавать новые машиностроительные предприятия. Это требует дополнительных капитальных затрат в расчете на 1 кВт/ч электроэнергии. Таким образом использование ВИЭ должно окупать не только сам объект генерации, но создание сопутствующих производств. «Если в проектах ДПМ ВИЭ 2.0 будет отсутствовать возможность компенсации таких расходов, то инвесторам они будут попросту не интересны» [31].

Некоторые эксперты полагают, что запрограммированные масштабы господдержки отрасли вряд ли позволят набрать темпы, которые намечены в рамках ДПМ ВИЭ 2.0. По мнению А. Жихарева, если финансирование использования ВИЭ опустится ниже 400 млрд руб., ввод новых мощностей составит менее 500 МВт в год. В результате «озеленение» энергетики замедлится, и после 2025 г. Россия будет вводить меньше генерации на ВИЭ, чем в 2019 и 2020 гг. (531 МВт и 1 ГВт соответственно) [29].

ВИЭ можно использовать не только для производства энергии. Некоторые из них могут выступать непосредственно в качестве энергоносителя для транспортных средств. Не случайно одной из наиболее популярных в Европе стратегий декарбонизации экономики является переход с ископаемого топлива на «зеленый»

водород, который может заменить не только природный газ (метан), но и нефть и ее производные (бензин, авиационный керосин и т.д.).

В России придерживаются другой точки зрения. «Зеленый» водород слишком дорог и энергозатратен, а масштабирование его производства потребует колоссального напряжения ресурсов всей европейской экономики. Альтернативой «зеленому» водороду является так называемый голубой водород, источником которого служит природный газ. Выделяющийся при его переработке углекислый газ не выбрасывается в атмосферу, а улавливается для последующего использования. Существуют и «серые» технологии производства водорода, которые предполагают выбросы парниковых газов в атмосферу. Правда, себестоимость «серого» водорода является рекордно низкой – около 1,85 долл. за кг [32]. Для России технологии производства «голубого» и «серого» водорода привычнее и поэтому кажутся предпочтительными. Дискуссии о том, какой путь развития «зеленой» энергетики выбрать России, продолжаются.

Глава 3 Экономические проблемы и перспективы «зеленого» энергоперехода

3.1 Проблемы и риски перехода на «зеленую» энергетику

«Зеленый» энергопереход во имя борьбы с глобальным потеплением в последние пару лет превратился из масштабной идеи в реальный процесс, затрагивающий все больше стран мира. Пандемия коронавируса обострила споры о необходимости и целесообразности скорейшей замены ископаемого топлива ВИЭ, а падение в первой половине 2020 г. спроса на нефть и газ породило множество прогнозов о том, что эра углеводородов заканчивается. Например, в прогнозе французской компании *Total* утверждается, что потребление нефти начнет падать уже в конце текущего десятилетия, а британская *BP* ожидает сокращения спроса после 2040 г. [35]. Однако до сих пор не решены технические и социально-экономические вопросы, связанные с таким переходом. Многие технологии «зеленой» энергетики находятся на стадии опытных образцов, до сих пор не созданы мощные и недорогие накопители энергии. Изыскания в этой области ведутся, но решения пока не найдены.

Форсирование планов превратить Землю в цветущий сад может обернуться совсем другой, пугающей стороной. Блага «зеленой» экономики окажутся доступны лишь ограниченной части населения планеты, расслоение обществакратно увеличится, а некоторые территории превратятся в гигантские свалки. Такого сценария можно избежать, если подходить к экологической повестке не с политической или пропагандистской позиции, а с точки зрения науки и экономики.

По данным Всемирного банка, в настоящее время в условиях крайней нищеты (до 1,9 долл. в день) живут около 700 млн чел. По статистике 2018 г. за чертой бедности (до 5,5 долл. в день) находилась примерно половина населения Земли. При этом около 1 млрд чел. до сих пор не имеет постоянного доступа к электричеству [7].

По оценкам издания *Oil Price*, энергопереход обойдется миру в 40 трлн долл. до 2050 г. Это половина годового мирового ВВП [24]. Показательно, что суммарный объем ВВП стран Евросоюза, основных сторонников скорейшего энергоперехода, составил всего 15,5 трлн долл. Чтобы оплатить энергопереход, ЕС нужно не есть, не пить, не потреблять, а только производить в течение почти трех лет.

В Международном энергетическом агентстве (МЭА) предполагают, что на частный капитал придется более 70 % инвестиций в развитие чистой энергетики. Стимулировать частные вложения будут соответствующей нормативно-правовой базой, то есть льготами, а также политическими стимулами. Остальные средства поступят из бюджета. Эти средства не могут взяться из пустоты. А это означает, что их изымут из реального сектора экономики. Нагрузка перекладывается на других участников рынка. Именно так сейчас работает развитие «зеленой» энергетики в Европе, благодаря чему цена солнечной и ветровой генерации может конкурировать с традиционными источниками энергии. Евросоюз активно повышает налог на выбросы CO₂, увеличивая, таким образом, себестоимость генерации на газе и угле. В результате растет экономическая привлекательность возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и дорожает электроэнергия, топливо, а вслед за ними все остальные товары.

В менее развитых, а тем более бедных странах подобная практика может привести к серьезному падению уровня жизни (ниже критического) и даже ограничениям доступа к элементарным бытовым благам. Тем более, если говорить о том миллиарде людей, которые и сейчас не имеют постоянного доступа к электроэнергии. По иронии судьбы, многие из них проживают в странах, которые должны будут стать главными поставщиками сырья для «зеленой» энергии.

Энергопереход потребует резкого увеличения добычи железа, меди, алюминия, никеля, лития, кобальта, платины и серебра, а также редкоземельных металлов. Рост их производства может привести к разрушению почв и горных пород. Например, литий – один из самых важных для возобновляемой энергетики металлов – в более половины случаев добывается в местности, где у населения уже

сейчас есть проблемы с водоснабжением (Боливия, Аргентина, Австралия, Чили). Если добыча будет еще более интенсивной, нагрузка на водоемы увеличится [30].

Яркий пример – пустыня Атакама в Чили, площадь которой растет, а оазисы внутри нее исчезают. Там добывается литий, при его извлечении из недр выкачивают огромные объемы воды, что иссушает почву и лишает местных животных пищи [30]. По аналогичному сценарию развивается ситуация в Боливии, Китае, Австралии и других регионах, где добывают этот металл.

Еще один важный для аккумуляторов элемент – кобальт. С ним проблема, скорее, не экологического, а социально-экологического характера. Более 60 % мировой добычи кобальта приходится на Демократическую республику Конго. Добывается он без всяких соблюдения норм безопасности, хотя металл и его соединения токсичны. Делается это с применением подневольного труда заключенных, а часто и детей. Этика и экономика плохо взаимодействуют, но в идее энергоперехода изначально заложены не экономические принципы, поэтому не обращать внимания на это не получается.

Технологии развиваются. Например, никель научились производить углеродно-нейтральным способом. Для России это особенно актуально, поскольку мы – мировые лидеры в производстве никеля. Но любые улавливающие и очищающие технологии дорогостоящи. Они увеличивают себестоимость конечного продукта. К тому же, о чем крайне редко говорят, они очень плохо справляются с ростом производства. А спрос на никель растет.

Можно наглядно представить масштаб роста спроса на литий или кобальт на примере рынка автомобилей. Сейчас в мире – 1,3 млрд машин. Электромобилей среди них только 11,2 млн. Прогнозируется, что к 2050 г. в мире будет примерно 2,5 млрд автомобилей. Предположим, что весь прирост дадут электрокары. На один аккумулятор для обычного электромобиля понадобятся минимум 10 кг лития (для *Tesla* в 1,5–2 раза больше) и 11 кг кобальта. Получается, что в среднем в течение 20 лет, чтобы обеспечить 1,2 млрд электрокаров аккумуляторами, ежегодная добыча этих металлов должна увеличиться на 600 и 660 тыс. т соответственно [37].

Сейчас добыча лития не превышает 100 тыс. т в год, а кобальта – 140 тыс. т. Ресурсная база есть: 80 млн т лития, кобальта – 25 млн т [36] и она будет расти, но едва ли получится быстро нарастить производство этих металлов. А тем более сделать их добычу безопасной для экологии. И приведенные цифры не учитывают рост спроса на литий и кобальт для мобильной техники и, а также для солнечных и ветровых электростанций.

Заменить литий-ионные аккумуляторы можно водородом. По этому пути пошла Россия. Но пока мы только в начале пути. Технологии производства водорода еще очень дороги, методов его транспортировки в промышленных масштабах не существует, а вопрос безопасности его хранения не решен.

Не меньше проблем с утилизацией отходов деятельности ВИЭ. Совокупный вред для экологии пока не рассчитан. Методика оценки воздействия на окружающую среду от утилизации компонентов для ВИЭ и аккумуляторов для электромобилей пока только формируется. Сейчас ученые активно разрабатывают способы утилизации компонентов ВИЭ, уже построенных в разных частях мира. Наиболее вредными для окружающей среды являются отходы лопастей от ветровых турбин и использованные литий-ионные батареи. Но ими вред не ограничивается. Солнечные панели создают в 300 раз больше токсичных отходов на единицу энергии, чем, например, атомные электростанции. Если в течение следующих 25 лет солнечные и атомные электростанции будут производить одинаковое количество энергии, а отходы будут складываться на двух футбольных полях, ядерные отходы достигнут высоты Пизанской башни (52 м), а солнечные – высоты двух Эверестов (16 км) [36].

Проблемы, с которыми сталкивается отрасль возобновляемой энергетики, многочисленны. Политическое давление, государственная политика, корпоративное влияние, устаревшая инфраструктура, отсутствие надлежащей системы хранения аккумуляторов и нынешний рыночный сценарий препятствуют более широкому внедрению во всем мире.

Несмотря на эти факторы, возобновляемые источники энергии получили глобальное признание как средство смягчения последствий изменения климата. Он

свободен от прямого загрязнения и выбросов углерода. Это наиболее реальный заменитель ископаемого топлива. Со временем он становится неотъемлемой частью комплекса производства энергии.

Высокая начальная стоимость установки. Выбросы углерода являются основной причиной глобального потепления. Было предпринято много усилий для увеличения его принятия. Тем не менее, стоимость является важным фактором, влияющим на его принятие. Одним из камней преткновения на пути его разработки является высокая начальная стоимость установки.

Из всех источников энергии солнечная и ветровая являются самыми дешевыми. Тем не менее, существует огромная разница в первоначальной стоимости установки солнечной энергетической системы и газовой электростанции. Стоимость установки крупномасштабных систем солнечной энергии составляет около 2000 долл. за киловатт. Аналогичным образом, для небольшой жилой системы это около 3700 долл., а для новой газовой установки – всего 1000 долл. за кВт. Безусловно, большой запас по стоимости установки имеет значение. Эта высокая первоначальная стоимость установки заставляет инвесторов и кредиторов думать о возобновляемых источниках энергии как о высоком риске, тогда как они считают установки на ископаемом топливе более приемлемыми из-за их низких затрат на установку.

Отсутствие инфраструктуры. Ветровая и солнечная энергия могут быть лучшими инвестициями, если учитывать затраты на срок службы. Отсутствие инфраструктуры является барьером для развития возобновляемых источников энергии. Существующая инфраструктура в основном построена для электростанций, работающих на ископаемом топливе, и атомных электростанций.

Существующая энергетическая инфраструктура нуждается в срочном реформировании, поскольку она не способна обрабатывать большие объемы возобновляемой энергии. Самое главное, некоторые из его лучших источников вообще остались без инфраструктуры.

Основная проблема энергосистемы – ее возраст. Большинство линий электропередачи и распределения были построены в 1950-х и 1960-х гг. Он прошел

свой 50-летний ожидаемый срок службы. Таким образом, делая их неспособными удовлетворить требования времени и резких климатических изменений [37].

Определить размер Солнечной системы очень сложно. Если система слишком мала, следовательно, производство энергии будет трудно построить. Если солнечная энергетическая система слишком велика, ей нужна большая система накопления энергии. Без системы хранения большой емкости произведенная энергия будет потрачена впустую.

Аккумулятор энергии. Самое главное, отсутствие накопителя энергии по доступной стоимости — еще один недостаток. Возобновляемые источники энергии производят большую часть своей энергии в определенное время суток. Его выработка электроэнергии не соответствует часам пикового спроса. Перемежаемость солнечного света и ветра не может обеспечить источник энергии по требованию 24 ч. в неделю. Солнечная энергия и ветер непредсказуемы. Существует волатильность в генерации и волатильность в нагрузках.

Выработка энергии за счет сжигания ископаемого топлива более стабильна. С другой стороны, прерывистая выработка электроэнергии возобновляемыми источниками энергии требует эффективной системы хранения аккумуляторов. Аккумуляторная система хранения помогает сохранять избыточную энергию для последующего использования. Это может помочь при нестабильности сети, тем самым предотвращая отключения электроэнергии. Технологический прогресс увеличил срок службы и емкость батареи системы хранения. Его высокая стоимость препятствует широкой установке. Цены на батареи должны снизиться, чтобы сделать хранение солнечной энергии более рентабельным.

Монополия невозобновляемой энергии. Доля поясницы на текущем энергетическом рынке приходится на невозобновляемые источники энергии. Конечно, это действует как еще одно препятствие. Солнечная, ветровая и другие возобновляемые источники энергии должны конкурировать с хорошо зарекомендовавшей себя отраслью ископаемого топлива. Несмотря на то, что правительство предоставляет скидки и другую поддержку солнечной энергии,

отрасль ископаемого топлива получает огромную поддержку со стороны правительства [36].

Индустрия ископаемого топлива препятствует внедрению экологически чистой энергии, подрывая изменение климата. Возобновляемые источники энергии – лучший способ справиться с изменением климата. Ископаемое топливо уже давно стало частью жизни человека. Впоследствии она уходит своими корнями глубоко в экономику страны.

Недостаток знаний и осведомленности о технологиях возобновляемых источников энергии заставляет людей неохотно их использовать. Заводы по производству ископаемого топлива обычно находятся в населенных пунктах. Это источник занятости для местного населения, так как для работы требуется много людей. Огромный налог на недвижимость от заводов, работающих на ископаемом топливе, пойдет на поддержку местного сообщества.

Будучи крупнейшим в мире экспортером угля, Австралия препятствует глобальным действиям по борьбе с изменением климата. Многие страны поддержали инвестиции в возобновляемые источники энергии после подписания Парижского соглашения в 2015 г. [36]. Таким образом, инвестиции в возобновляемые источники энергии сейчас превышают инвестиции в ископаемое топливо в этих странах.

Отсутствие политики, субсидий, стимулов и правил, благоприятствующих технологиям возобновляемой энергии, препятствует их широкому распространению. Для привлечения инвесторов рынок возобновляемых источников энергии нуждается в четкой политике и юридических процедурах. Другими словами, правительство должно внедрить и реализовать политику поддержки для укрепления рынка возобновляемых источников энергии.

Корпоративное лоббирование, политическое давление и неотъемлемая зависимость от ископаемых видов топлива остаются проблемами при переходе к отрасли возобновляемых источников энергии от старой промышленности ископаемого топлива.

Опасности изменения климата начали в значительной степени сказываться на жизни людей. Прежде всего, принятие возобновляемых источников энергии является единственным выходом. Благодаря различным государственным стимулам и субсидиям стоимость возобновляемой энергии резко снизилась. Сейчас нет большой разницы между ними и ценой на ископаемое топливо за кВтч. Безусловно, это помогло ей занять место на энергетическом рынке.

Рост цен на электроэнергию, падение цен на солнечную энергию и повышение льготного тарифа заставили многих австралийцев переключиться на солнечную энергию. В Австралии более 2,3 млн солнечных установок на крышах. Поэтому большинство австралийцев пользуются преимуществами солнечной энергией [30].

Ограничение развития энергетики строгими технологическими условиями может привести к социальным и экономическим потрясениям в долгосрочной перспективе. Это является вызовом для экономической политики стран, неотъемлемой частью которой является переход к использованию ВИЭ.

3.2 Тенденции и перспективы зеленой энергетики

В 2021 г. процесс перехода на альтернативные источники энергии принял необратимый характер: ЕС принял решение ввести спецпошлины в рамках механизма трансграничного углеродного регулирования (в терминологии Еврокомиссии – *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*). Налогом будет облагаться продукция экспортеров энергоемких товаров, если они не докажут, что объем эмиссии CO₂ при производстве их продукта (*Scope1*) был не выше внутренних норм ЕС. Вводя углеродный налог, Европа стимулирует торговых партнеров переходить на низкоуглеродные технологии, в противном случае ставки CBAM будут снижать конкурентоспособность их товаров. Европа остается одним из крупнейших мировых рынков.

Но не только производители, но и потребители энергии (предприятия и домохозяйства) могут существенно влиять на направления социально-экономического развития путем использования ВИЭ. По мнению экспертов

американской энергетической компании *Just Energy*, эти возможности сводятся к следующему [57]:

- сохранение ископаемого топлива: переход к ВИЭ позволяет продлить или сохранить срок использования невозобновляемых ископаемых видов топлива, которые находятся в опасной близости от истощения;

- сведение к минимуму зависимости от импорта ископаемых видов топлива благодаря диверсификации поставок энергии;

- замедленное и обратимое изменение климата: использование ВИЭ создает гораздо меньший углеродный след по сравнению с традиционными видами топлива, что позволяет надеяться на замедление изменения климата, включая глобальное потепление, и уменьшение числа связанных с этим неблагоприятных природных явлений (таких как засухи, штормы и наводнения);

- сохранение здоровья и увеличение продолжительности жизни людей: переход на новые ВИЭ может спасти до 7 млн жизней ежегодно за счет сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

- развитие экономики и создание рабочих мест: увеличение количества и мощности энергетических систем стимулирует экономический рост и создает новые рабочие места в самой энергетике и связанных отраслях промышленности.

Для перехода к полностью устойчивому глобальному энергетическому ландшафту может потребоваться более 30 лет. По мере того как на рынке продолжают появляться новые инновационные решения в области ВИЭ, технологии их использования будут становиться все более доступными в разных сферах деятельности – от потребительского маркетинга до инфраструктуры [52].

Некоторые исследователи полагают, что к 2030 г. возможно достижение не менее 80 % мирового производства энергии из ВИЭ. Однако это слишком оптимистичный прогноз. Пандемия коронавируса замедлила развитие «зеленой» энергетики – большинство проектов в области ВИЭ, запланированных на 2020 г., пришлось отложить на 2021 г. Основные из них – расширение установки фотоэлектрических солнечных панелей и береговых ветряных электростанций, а

также ввод в эксплуатацию двух энергоблоков на одной из крупнейших гидростанций в Китае [65].

Основные тенденции в области развития экологически чистой энергетики сводятся к следующему:

1 Активизация разработок в области «зеленого» водорода. «Зеленый» водород – топливо, получаемое путем электролиза воды и использования таких ВИЭ, как солнечная энергия или энергия ветра. Единственным побочным продуктом данной реакции является кислород. Переход к этому виду топлива позволяет обеспечить наиболее экологически чистую цепочку выработки энергии [79]. Однако технологии добычи и хранения водорода еще не до конца отработаны, а их значимым недостатком является большая потребность в чистой пресной воде. Сама же продукция получается очень дорогой (от 4 до 6 долл. за кг). Хотя по мере совершенствования технологий конкурентоспособность экологически чистого водорода по стоимости возрастает. Австралия, Чили, Европейский союз, Германия, Япония, Саудовская Аравия и США уже обязались сделать значительные инвестиции в его производство [79].

Рост интереса к «зеленому» водороду в противовес традиционной энергетике ставит вопрос о целесообразности использования разветвленной газовой инфраструктуры. Например, по оценке агентства *Bloomberg*, переход на водородное топливо может сделать ненужными американские газопроводы, общей протяженностью 3 млн миль (или 4,8 млн км). Администрация США уже демонстрирует критическое отношение к проектам строительства больших трубопроводов. Водородные технологии также угрожают интересам «Газпрома», крупнейшего поставщика природного газа в ЕС. Некоторые компании уже задумываются о том, чтобы рядом с ветропарками организовывать производство водорода и аммиака [7].

2 Совершенствование современных технологий биоэнергетики, использующей в качестве источника энергии органические отходы свалок и из водоемов, отходы сельскохозяйственного производства и т.д. Посредством термохимических или биохимических реакций переработки биомассы получается

тепло, жидкое или газообразное биотопливо (этанол, биогаз, биодизель и др.). Благодаря расширению масштабов таких производств сокращаются объемы выбросов 3-й категории вредности [68].

3 Повышение интереса к геотермальной энергии, которая может стать самым надежным ВИЭ. На глубине ниже уровня промерзания почвы (два-три метра от поверхности земли) температура остается постоянной в течение года и примерно равна среднегодовой температуре наружного воздуха. Это можно использовать в качестве источника энергии для выработки электричества или тепла, обогрева или охлаждения здания. Это один из самых эффективных источников энергии [54].

В настоящее время на бизнес все больше возлагается ответственность за последствия воздействия производственных процессов на окружающую среду. Одновременно распространяются способы стимулирования его движения в сторону энергосбережения и сокращения углеродного следа. Например, для малых предприятий, использующих технологии устойчивого развития, предусматриваются налоговые льготы. Так, в целях снижения воздействия на окружающую среду федеральное правительство США предлагает инвестиционный налоговый кредит (ИТС) в размере 30 % всем компаниям, которые солнечную энергию предпочтут ископаемому топливу [55].

Компании, решившие перейти на устойчивую энергетику, с большей вероятностью завоюют доверие потребителей благодаря своей приверженности относительно экологичного будущего [55]. Для поддержания конкурентоспособности традиционные энергетические компании, ориентированные на использование ископаемого топлива, предпринимают шаги по диверсификации и расширению деятельности, включая в нее технологии производства ВИЭ. Корпоративные гиганты, стремящиеся к успеху, разрабатывают и приступают к реализации конкретных планов в области устойчивого развития. Например, компания *Google* не только пообещала достичь состояния, «свободного от углерода», к 2030 г., но и изложила, как это предполагается сделать [43].

Нет никаких сомнений в том, что массовое снижение затрат в последнее десятилетие является одной из основных причин того, что возобновляемые

источники энергии быстро трансформируют глобальный баланс электроэнергии. Стоимость электроэнергии от наземных ветряных и солнечных фотоэлектрических станций становится все дешевле, чем от новых и некоторых существующих электростанций, работающих на ископаемом топливе. В большинстве стран возобновляемые источники энергии являются самым дешевым способом удовлетворения растущего спроса.

В 2020 г. разработчики ветряных и солнечных электростанций выиграли аукционные торги по рекордно низким контрактным ценам, от 20 до 50 долл. за МВт/ч. За последние годы морская ветроэнергетика достигла значительного увеличения масштабов и снижения затрат благодаря политике в Европе. Этот успех вскоре должен быть повторен на развивающихся рынках оффшорной ветроэнергетики в Азии и Северной Америке, при этом экономия за счет масштаба приведет к дальнейшему снижению затрат.

Растущая доля ПВИЭ открыла новые горизонты для максимизации вклада гидроэнергетики в гибкость и стимулирования инвестиций в технологии аккумуляторных батарей. Все эти события были в основном обусловлены государственной политикой, поощряющей конкуренцию и новые источники гибкости.

Хотя сбои в поставках могут привести к локальным колебаниям цен в переходный период, на сегодняшний день нет никаких признаков того, что кризис *COVID-19* изменил эти тенденции к снижению цен. Например, в случае с фотоэлектрическими солнечными батареями ожидается, что в ближайшие годы избыточные производственные мощности достигнут рекордного уровня, что приведет к дальнейшему снижению цен на модули.

Глядя на портфель проектов до 2025 г., можно сказать, что почти треть ветро- и фотоэлектрических проектов уже заключены и/или профинансированы. Они имеют ограниченный риск отмены и, таким образом, начали действовать в 2020–2021 гг., а некоторые из них столкнулись с дальнейшими задержками, отодвигающими их на 2023 г. или позже.

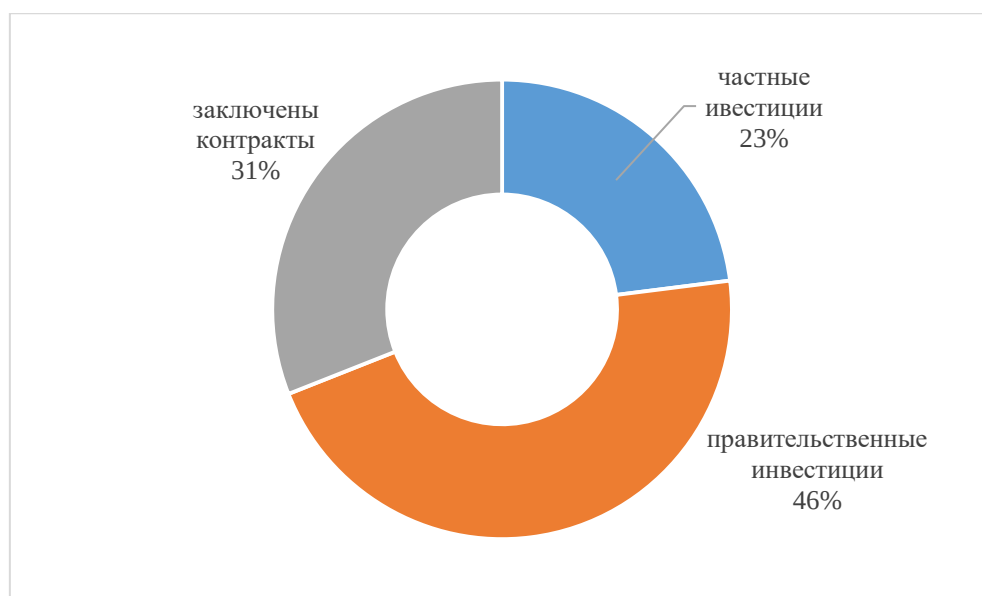


Рисунок 11 – Структура проектов солнечной фотоэлектрической и ветровой энергии, 2020–2025 гг. [28]

Хотя, некоторые последствия для политики уже видны. Первоначальная политика правительства по решению проблем, связанных с *COVID-19*, была сосредоточена в основном на продлении сроков ввода проектов в эксплуатацию и переносе запланированных аукционов. Франция, Великобритания, Греция и Германия предоставили некоторую гибкость для застройщиков, которые не могут уложиться в установленные сроки ввода в эксплуатацию. В некоторых странах отсрочка является бессрочной, что создает значительную неопределенность.

Таблица 4 – Изменения политики по внедрению ВИЭ [28]

Страна	Изменение	Период действия
Бразилия	Перенос аукционов электроэнергии на неопределенный срок	2023–2025 гг.
Чили	Перенос аукционов с июня на декабрь 2020 г.	2024–2026 гг.
Китай	Отсрочка подачи заявки на получение бездотационного проекта с февраля на апрель 2020 г.	2022–2023 гг.
Франция	Задержка некоторых аукционов солнечных фотоэлектрических систем на 6 месяцев	2022–2023 гг.
Германия	Задержка в выборе участников предыдущих аукционов	2022–2023 гг.
Португалия	Задержка аукциона солнечной фотоэлектрической мощности на 700 МВт	2023 г.

Что касается основ политики ЕС в отношении биотоплива, то Директива о возобновляемых источниках энергии требует, чтобы государства-члены могли увеличить вклад традиционного (из сельскохозяйственных культур) биотоплива в возобновляемую энергию на транспорте не более чем на один процентный пункт по сравнению с уровнями, достигнутыми в 2020 г. Таким образом, любой сбой рынка повлияет на максимально разрешенную долю в государствах-членах после 2020 г.

Бразилия, Индия и Индонезия, среди прочих стран, имеют долгосрочные планы по увеличению использования биотоплива на транспорте. Расширение производства для удовлетворения таких амбиций потребует ввода новых производственных мощностей, что, в свою очередь, зависит от финансового состояния отрасли для инвестиций в новые заводы.

Значительное влияние кризиса *COVID-19* на авиацию открывает двери для расширения использования авиационного биотоплива за счет включения экологических условий в пакеты экстренной помощи. Об этом свидетельствует требование устойчивого авиационного топлива в размере 2 %, предложенное в пакете мер по спасению для группы *Air France-KLM*.

Технологией 2021–2022 гг. стоит признать водородную энергетику – именно она стала в этом году самым обсуждаемым направлением в энергетическом секторе. Водород позволяет получать более значительный показатель КПД – 65 %. Но на пути развития направления еще есть ряд серьезных технологических препятствий.

В России уже обсуждаются три технологии добычи данного вида топлива (таблица 5).

Крупные игроки российского энергорынка прорабатывают различные варианты организации производства товарного водорода, но они пока далеки от стадии практической реализации. Об интересе к теме уже заявили «Новатэк», «Газпром» и «Росатом». Первая компания не только ищет партнеров для выпуска «голубого» водорода, но и анализирует проекты захоронения CO₂. «Газпром» особо подчеркивает перспективы пиролиза метана: эта технология не дает выбросов CO₂ и не требует строительства хранилищ для него, а получаемый побочно чистый углерод, возможно, даже найдет собственное коммерческое применение, полагают в

монополии. При этом и «Новатэк», и «Газпром» изучают возможность подмешивания водорода в газовое топливо энергетических турбин для сокращения выбросов [24].

Таблица 5 – Технологии добычи водорода

Технология	Способ добычи	Перспективы	Себестоимость, долл. за 1 кг
«Серый» водород (грязный)	Получают в результате парового реформинга метана	Низкие (на 1 кг сырья выбрасывает 9 –10 кг углерода)	1–1,5
«Голубой» водород		В переходном периоде (оксид углерода нужно улавливать и захоранивать)	2–3
«Зеленый» водород	Получается в процессе электролиза воды с помощью энергии ВИЭ	Высокие (нет прямого углеродного следа)	10
«Желтый» водород	Производится в процессе электролиза за счет энергии АЭС	Зависят от перспектив АЭС	2–3

По данным МЭА, к 2050 г. мировой спрос на водород достигнет 528 млн т против 87 млн т в 2020 г. [28]. Сейчас общий объем производства водорода в России составляет около 5 млн т при мировом потреблении в 72 млн т. Согласно Энергостратегии РФ, к 2024 г. наша страна должна экспортировать 200 тыс. т водорода в год, а к 2035 г. – 2 млн т [3].

Пока товарного рынка водорода как такового не существует, поскольку он производится, как правило, непосредственно на местах потребления (в основном на объектах газохимии, металлургии и нефтепереработки), его транспортировка минимизирована. Перед учеными и техническими специалистами стоит еще много принципиальных задач, которые предстоит решить для эффективного развития водородной энергетики. Ключевые проблемы – чрезвычайная горючесть и летучесть водорода, а также меньшая энергоемкость в сопоставимых с традиционным топливом объемах. Исследования ведутся в разных направлениях. Так, в мире реализуется несколько проектов по адаптации имеющихся трубопроводов для транспортировки водорода, в том числе путем добавления его в природный газ.

Крупнейший российский производитель алюминия – «Русал» – запустил отдельную программу по разработке емкостей для перевозки энергетического водорода.

«Зеленая» энергетика сегодня приобретает все большую актуальность. Политика ЕС и США способствует ее распространению. Вместе с тем в настоящее время 85 % мирового энергобаланса и 75 % в странах ЕС приходится на углеводороды. А для 1 млрд чел. на земле основным источником тепла и топливом для приготовления пищи остаются дрова [36]. В этой ситуации представляется сомнительным утверждение, что человечество за 20 лет полностью перейдет к более дорогой возобновляемой энергетике. Тенденцией развития энергетики пока является ускоренный рост электроэнергетики на основе использования ископаемого топлива.

Согласно докладу ОПЕК «*World Oil Outlook*», опубликованному в 2021 г., нефть остается основным видом топлива в мировом энергобалансе до 2045 г., несмотря на развитие ВИЭ. К 2025 г. эта цифра может вырасти до 31 %. Доля ВИЭ к 2045 г. может увеличиться до 10 %. Спрос же на нефть за тот же период возрастет на 12 % [13]. Минэнерго России прогнозирует, что к 2040–2045 гг. мировой рынок сжиженного природного газа (СПГ) вырастет почти на 100 %. В настоящее время производство СПГ находится на уровне 360–370 млн т в год, к 2045 г. оно может достичь 750–800 млн т [38]. Рассчитывать на то, что «зеленая энергетическая волна» в ближайшие годы вытеснит всех производителей нефти и газа, не приходится. Как оказалось, жить без нефти и газа человечество пока не может.

Заключение

Концепция «зеленой» экономики, предполагающая постепенный переход к возобновляемым источникам энергии для устойчивого развития, была сформулирована еще в 1991 г. британским экономистом Майклом Джейкобсом, закреплена в программе ООН по окружающей среде (*UNEP*) и признана способом «повышения благосостояния людей и социальной справедливости при одновременном значительном снижении экологических рисков и экологического дефицита». Энергетический переход предполагает изменение структуры мирового топливно-энергетического баланса – соотношения добычи различных видов топлива, выработанной из них энергии и использования её в хозяйстве. Одним из достижений зеленой экономики в целом и энергетического перехода в частности является появление технологий, способных извлекать энергию из внешней среды в любой точке пространства.

«Зеленая» энергетика – это технологии выработки энергии, при которой минимизировано загрязнение окружающей среды, в том числе отсутствуют выбросы парниковых газов в атмосферу. Самыми распространенными и быстро развивающимися видами «зеленой» энергетики в настоящее время являются гидроэнергетика, ветроэнергетика и солнечная энергетика. Освоение «зеленой» энергетики происходит стремительно.

Опыт развитых стран показывает, что переход к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) – реальный и осуществимый процесс, а не утопия экологических активистов. В США в 2020 г. возобновляемые источники энергии обеспечили около 20 % от общего производства и 12 % от общего потребления энергии в стране. Наибольшие доли в структуре возобновляемой энергетики составили энергия ветра (26 %) и гидроэнергия (22 %).

«Зеленая» энергетика активно развивается и в Евросоюзе. 11 декабря 2019 г. Европейской комиссией был принят «Зеленый пакт для Европы» (*European Green Deal*) – план достижения нулевого выброса парниковых газов и нулевого суммарного загрязнения окружающей среды путем перехода от использования

ископаемых к возобновляемым источникам энергии к 2050 г. В 2021 г. доля возобновляемых источников энергии в структуре энергопотребления ЕС-27 составила более 22 % валовой конечной энергии. По итогам 2020 г. ВИЭ в Европе впервые превзошли ископаемое топливо по объему выработки. На них пришлось 38,2 % выработки против 37 %, произведенных на угольных и газовых станциях. Однако доля возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе существенно различается по странам ЕС. Среди лидеров по использованию ВИЭ – Дания, Ирландия, Германия и Испания.

По данным Международного энергетического агентства (МЭА) КНР стала мировым лидером по внедрению ВИЭ. Весомый вклад в общемировое развитие «зеленой» энергетики внесла Бразилия. Являясь крупнейшим производителем топливного этанола, по объемам его потребления страна занимает второе место в мире после США. Доля биотоплива и энергии, получаемой при переработке отходов, в энергобалансе страны составляет почти 30 %. Источником биоэнергии в Бразилии, в отличие от других стран, выступает сахарный тростник – на генерацию электричества направляется почти 50 % урожая.

В российском энергобалансе около 55 % занимает газ, от 14–17 % занимает уголь, нефть стабильно держится на отметке около 20,5 % ежегодно. На атомную и гидроэнергетику приходится 8,5 %, а на возобновляемые источники энергии – менее 0,064 % ежегодно. Основной упор в России делается на полезные ископаемые.

Цели сокращения углеродных выбросов, а также экономическая целесообразность подталкивают к более активному развитию в стране «зеленой» энергетики. В России наметилась положительная тенденция роста доли альтернативной энергетики. Если в 2019 г. ВИЭ занимали 0,15 % от всего объёма электрогенерации в стране, то в 2021 г. этот показатель достиг 0,53 %.

В 2019 г. в РФ была принята программа «Пять гигаватт» по развитию солнечной и ветроэнергетики, согласно которой к 2024 г. выработка электроэнергии составит около 1 % от общего объема производства.

Проблемы, с которыми сталкивается отрасль возобновляемой энергетики, многочисленны. Энергопереход потребует резкого увеличения добычи железа,

меди, алюминия, никеля, лития, кобальта, платины и серебра, а также редкоземельных металлов. Проблемы с утилизацией отходов деятельности ВИЭ также будут нарастать. Среди прочих проблем можно выделить: высокая начальная стоимость установки, отсутствие инфраструктуры, монополия невозобновляемой энергии, недостаток знаний и осведомленности и др.

Наиболее перспективными направлениями развития «зеленой» энергетики являются: активизация разработок в области «зеленого» водорода, совершенствование современных технологий биоэнергетики, повышение интереса к геотермальной энергии и прочие.

Перед учеными и техническими специалистами стоит еще много принципиальных задач, которые предстоит решить для эффективного развития «зеленой» энергетики.

Список использованных источников

- 1 Об электроэнергетике : федер. закон Российской Федерации от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2003. – № 13. ч. 1, ст. 1177.
- 2 О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности : постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2013 г. № 449 // Собрание законодательства РФ. – 2013. – № 23. ч. 1, ст. 2909.
- 3 Об утверждении энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г. : распоряжение Правительства Российской Федерации от 09 июня 2020 г. № 1523-р // Собрание законодательства РФ 2020. № 24. ч. 2, ст. 3847.
- 4 Александров И. Почему Россия ослабляет поддержку «зеленой» энергетики // Eurasionet. URL: <https://russian.eurasianet.org> (дата обращения: 21.02.2023).
- 5 Белов А. Чем вызван энергетический кризис в ЕС и чего ждать США // Regnum. Foreign Policy. URL: <https://regnum.ru/news/3390603.html> (дата обращения: 06.02.2023).
- 6 Бочко В. С. Зеленая экономика: содержание и методология познания // Журнал «Новая экономика». 2016. № 1 (65). С. 5–13.
- 7 Будущее, основанное на возобновляемых источниках энергии // Европейское агентство по охране окружающей среды. URL: <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2022/articles/a-future-based-on-renewable-energy> (дата обращения: 06.02.2023).
- 8 Булгакова Ю. В., Набок С. Д. Взаимообусловленность понятий «зеленая» экономика, «зеленый» рост и устойчивое развитие // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 5-1 (59). С. 89–91.
- 9 Виноградов И., Волобуев А. Китай поставил рекорд по вводу ветровых электростанций // Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles-2021-01-21-855023-kitai-rekord> (дата обращения: 18.12.2022).
- 10 Возобновляемая электроэнергия: Обзор рынка возобновляемых

источников энергии. <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-may-2022/renewable-electricity> (дата обращения: 06.03.2023).

11 Десятилетие инвестиций в ВИЭ, во главе с солнечной энергетикой, превысило отметку 2,5 трлн долл. 2019 // ЮНЭП. URL: <https://www.unep.org-ru/novosti-i-istorii/press-release/desyatiletie-investiciy-v-vie-vo-glaves-sol-nechnoy-energetiko> (дата обращения: 28.04.2023)

12 Договор о предоставлении мощностей // Neftegaz.ru. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/economy/147940-dogovor-postavki-moshchnostey-dpm/> (дата обращения: 07.12.2022).

13 Жилина Д. М. Проблемы и перспективы развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Новая экономика, бизнес и общество. Сборник материалов апрельской научно-практической конференции молодых исследователей. Владивосток, 2022. С. 376–382.

14 Зеленый курс России // Greenpeace. 2020. URL: https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2020/11/%D0%97%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%8B%D0%B9GC_A4_november_2020_002%D0%BF%D0%BF-1-1.pdf (дата обращения: 09.02.2023).

15 Зоимова Э. М. Понятие и принципы «зеленой» экономики // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2016. № 1 (14). С. 13–17.

16 Иванова Н. И., Левченко Л. В. «Зеленая» экономика: сущность, принципы и перспективы // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2017. № 2. С. 19–28.

17 Ивановский Б. Г. Проблемы и перспективы перехода к «зеленой» энергетике: опыт разных стран мира (Обзор) // Экономические и социальные проблемы России. 2022. № 1. С. 58–78.

18 Капланов А. Пять гигаваатт возобновляемой энергетики – только начало // Экономический портал. URL: <https://snob.ru/entry/179025/> (дата обращения: 28.04.2023).

19 Максимцев И. А., Костин К. Б., Городилов К. А., Онуфриева О. А. Развитие энергетического сектора Российской Федерации на основе инновационных

принципов зеленой экономики // Вопросы инновационной экономики. 2022. Том 12. № 2. С. 1165–1184.

20 Мишина Н. А., Котова Л. Г., Смирнова Д. К., Носкова А. С. «Зеленая» энергетика в системе мировой экономики: опыт разных стран, современное состояние и перспективы // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. 2022. № 2. С. 167–179.

21 О системных эффектах от реализации программ стимулирования инвестиций в возобновляемую энергетику в России (ДПМ ВИЭ) // Ассоциация развития возобновляемой энергетики. URL: https://drive.google.com/file/d/1V1fbxL4d1iWLLNxdSDq_yG9N2B6s8Ynm/view (дата обращения: 10.03.2023).

22 Обзор энергетики стран БРИКС // BRICS Russia. 2022. URL: <https://brics-russia2020.ru/images/114/89/1148936.pdf> (дата обращения: 30.04.2023)

23 Осиновская М., Волынская Н., Жигунова О. Топливо-энергетический баланс как инструмент управления энергетической безопасностью государства // Вестник академии знаний. 2020. № 2 (37). С. 252–258.

24 Откуда ветер дует: проблемы и перспективы «зеленой» энергетики // Юнипро Мегават. URL: <https://mw.unipro.energy/rubric/proizvodstvo/otkuda-veter-duet-problemy-i-perspektivy-zelenoy-energetiki/> (дата обращения: 09.02.2023).

25 Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2021 г. // АО «СО ЕЭС». URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups_rep2021.pdf. (дата обращения: 06.03.2023).

26 Паровые и газовые турбины: преимущества и недостатки агрегатов // АТФ. 2021. URL: https://www.atf.ru/articles/materialy_dlya_promyshlennogo_oborudovaniya/parovayai-gazovaya-turbina-preimushchestva-i-nedostatki-agregatov/ (дата обращения: 24.03.2023).

27 Потребители выступили против продления программы поддержки ВИЭ на 2025–2035 гг. // BIG POWER Electric. URL: <https://www.bigpowernews.ru/markets-document95178.phtml> (дата обращения: 05.03.2023).

28 Проблемы и возможности после 2021 г. URL: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update/challenges-and-opportunities-beyond-2021> (дата обращения: 26.04.2023).

29 Программа поддержки ВИЭ-генерации должна быть сохранена в объеме 400 млрд руб. // Finanz.ru. URL: <https://www.finanz.ru/novosti/aktsii/programma-podderzhki-vie-generacii-dolzhna-byt-sokhranena-v-obeme-400-mlrd-rub-ekspert-1030222867> (дата обращения: 12.12.2022).

30 С какими проблемами сталкивается возобновляемая энергетика? // RegenPower. URL: <https://regenpower.com/articles/what-are-the-problems-faced-by-renewable-energy/> (дата обращения: 27.02.2023).

31 Сафиуллина А. Зеленая энергия в России вскоре может стать дешевле традиционной // Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/business-articles-2020/05/26/831097-zelenaya-energiya-v-rossii-vskore-mozhet-stat-deshevle-traditsionnoi> (дата обращения: 25.03.2023).

32 Соловьева О. Зеленый водород угрожает российскому нефтегазу // Независимая газета. URL: <https://www.ng.ru/economics/2021-02-02/1-8072-hydrogen.html> (дата обращения: 13.02.2023).

33 Статистика возобновляемых источников энергии // Eurostat. 2023. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics#Wind_and_water_provide_most_renewable_electricity.3B_solar_is_the_fastest-growing_energy_source (дата обращения: 06.02.2023).

34 Строящиеся АЭС // Росатом. 2020. URL: <https://rosatom.ru/production/design/stroyashchiesya-aes/> (дата обращения: 08.01.2023).

35 Тихонов С. Поддержка возобновляемой энергетики до 2035 г. составит 350 млрд руб. // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2021/03/23/podderzhka-vozobnovliaemoj-energetiki-do-2035-goda-sostavit-350-mlrd-rublej.html> (дата обращения: 03.12.2022)

36 Тихонов С. Риски быстрого перехода на «зеленую» энергетику до конца не оценены // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2021/08/28/riski-bystrogo-perehoda-na-zelenuju-energetiku-do-konca-ne-oceneny.html> (дата обращения: 16.04.2023).

37 Хайнеке Ф., Янеке Н., Клэрнер Х., Кюн Ф. Развитие возобновляемой энергетики в мире с нулевыми выбросами // Mckinsey. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/ourinsights/renewable-energy-development-in-a-net-zero-world> (дата обращения: 12.02.2023).

38 Шатов Е. Будущее зеленой энергетики под вопросом: на чем можно заработать инвестору // Форбс.RU/ URL: <https://www.forbes.ru/mneniya/476849-budusee-zelenoj-energetiki-pod-voprosom-na-chem-mozno-zarabotat-investoru> (дата обращения: 26.12.2022).

39 Экология и экономика: тенденция к декарбонизации: Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики // Аналитический центр при правительстве Российской Федерации. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE/_%D0%BE%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C_web.pdf (дата обращения: 01.05.2023).

40 Эксперты обсуждают перспективы и риски развития производства водорода в России // Аналитический центр при правительстве РФ. URL: <https://ac.gov.ru/news/page/eksperty-obsuzdaut-perspektivy-i-riski-razvitia-proizvodstva-vodoroda-v-rossii-26982> (дата обращения: 06.03.2023).

41 Forbes назвал главную причину энергетического кризиса в Европе // ПРАЙМ. Агентство экономической информации. URL: <https://1prime.ru/energy/20211018/834980189.html> (дата обращения: 10.02.2023).

42 FP: Европу настиг «энергетический кризис» – теперь он угрожает и США // ИНОТВ. URL: <https://russian.rt.com/inotv/2021-10-07/FP-Evropu-nastig-energeticheskij-krizis> (дата обращения: 30.12.2022).

43 24/7 by 2030: Realizing a carbon-free future // Google. Sustainability. URL: <https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/247-carbon-free-energy.pdf> (дата обращения: 06.12.2022).

44 A Guidebook to the Green Economy // UN Sustainable Development. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/GE%20Guidebook.pdf> (дата обращения: 01.05.2023).

45 Brouthers K., Geisser K., Rothlauf F. Explaining the internationalization of ibusiness firms. Springer Link // Journal of International Business Studies. 2016. Vol. 47. P. 513–534. URL: <https://link.springer.com/article/10.1057%2Fjibs.2015.20> (дата обращения: 15.12.2022).

46 Cohen A. Europe's Self-Inflicted Energy Crisis // Forbs. URL: <https://www.forbes.com/sites/arielcohen/2021/10/14/europes-self-inflicted-energy-crisis/?sh=2bcf2c7a2af3> (дата обращения: 15.03.2023).

47 Dowds J., Hines P., William R., Buchanan T., Kirby E., Apt J., Jaramillo P. A review of large-scale wind integration studies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. № 49. P. 768–794.

48 Duch-Brown N., Rossetti F. Digital platforms across the European regional energy markets // Energy Policy. 2020. Vol. 144. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421520303499?via%3Dihub> (дата обращения: 12.12.2022).

49 Eckhous B., Mathis W., Mutaugh D. Ten renewable energy trends to watch in 2021 // World Oil. URL: <https://www.worldoil.com/news/2021/1/6/ten-renewableenergy-trends-to-watch-in-2021> (дата обращения: 01.02.2023).

50 Energy Transition // IRENA. URL: <https://www.irena.org/energytransition> (дата обращения: 01.05.2023).

51 European Statistical. Recovery Dashboard // Eurostat. 2020. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (дата обращения: 23.12.2022).

52 Folk E. Renewable energy trends to expect in 2021 // Renewable Energy Magazine. URL: <https://www.renewableenergymagazine.com/emily-folk/renewable-energytrends-to-expect-in-2021-20210114> (дата обращения: 14.12.2022).

53 Green Economy // UNEP. URL: <https://www.unep.org/regions/asia-and-pacific/regional-initiatives/supporting-resource-efficiency/green-economy> (дата обращения: 01.05.2023).

54 Ground source heat pumps // Centre for sustainable energy. 2013. URL: <https://www.cse.org.uk/advice/renewable-energy/ground-source-heat-pumps> (дата обращения: 05.12.2022).

55 Guide to the federal investment tax credit for commercial solar photovoltaics // US Department of Energy. 2021. URL: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021/02/f82/Guide%20to%20the%20Federal%20Investment%20Tax%20Credit%20for%20Commercial%20Solar%20PV%20-%202021.pdf> (дата обращения: 07.03.2023).

56 Huber M., Dimkova D., Yamasher T. Integration of wind and solar power in Europe: Assessment of flexibility requirements // Energy. 2014. Vol. 69. P. 236–246.

57 Just the facts: renewable energy vs. nonrenewable energy // Just Energy. 2021. URL: <https://justenergy.com/blog/just-the-facts-renewable-energy-vs-nonrenewable-energy/> (дата обращения: 30.12.2022).

58 Natural gas data. Annual Statistical Bulletin 2021 // OPEC. 2021. URL: https://asb.opec.org/ASB_Charts.html?chapter=173 (дата обращения: 29.04.2023).

59 Orlando C. What's the difference between regular and green energy? // CHARIOT energy. URL: <https://chariotenergy.com/blog/whats-the-difference-between-regularand-green-energy> (дата обращения: 30.12.2022).

60 Pakulska T. Green energy in Central and Eastern European (CEE) countries: new challenges on the path to sustainable development // Energies. 2021. № 14(4). URL: <https://doi.org/10.3390/en14040884> (дата обращения: 17.12.2022).

61 Pichai G. A basic difference between traditional and green energy sources // About Smart Cities. Cities, Events, Journal. URL: <https://www.aboutsmartcities.com/difference-traditional-green-energy-sources-2/> (дата обращения: 15.12.2022).

62 Power system flexibility for the energy transition. Part 1: overview for policy makers // IRENA. 2018. URL: <https://www.irena.org/publications/2018/Nov/Power-system-flexibility-for-the-energy-transition> (дата обращения: 01.05.2023).

63 Projected costs of generating electricity 2020 // IEA. Fuelreport. 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/projected-costs-of-generating-electricity-2020> (дата обращения: 09.12.2022).

64 Renewable Energy Market Update Outlook for 2022 and 2023 // IEA. 2022. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d6a7300d-7919-4136-b73a-3541-c33f-8bd7/Rene-wableEnergyMarketUpdate2022.pdf> (дата обращения: 06.04.2023).

65 Renewable energy sources: energy trends shaping the future // Just energy. 2021. URL: <https://justenergy.com/blog/renewable-energy-sources-energy-trends-future/> (дата обращения: 28.12.2022).

66 Renewable energy statistics 2020 / International Renewable Energy Agency. 2020. 391 p. URL: <https://www.irena.org/publications/2020/Jul/Renewable-energy-statistics-2020> (дата обращения: 03.11.2022).

67 Report from the Commission to the European Parliament and the Council on progress of clean energy competitiveness // EUR-Lex. 2020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0953> (дата обращения: 14.12.2022).

68 Scope 3 Inventory guidance // US Environmental protection agency. Center for corporate climate. URL: <https://www.epa.gov/climateleadership/scope-3-inventory-guidance> (дата обращения: 07.12.2022).

69 Shaffer B. Is Europe's energy crisis a preview of America's? // Foreign policy. URL: <https://foreignpolicy.com/2021/10/05/energy-crisis-europe-electricity-gasrenewable-us/> (дата обращения: 15.12.2022)

70 Sustainable development report. URL: <https://dashboards.sdgindex.org/rankings> (дата обращения: 01.05.2023).

71 The five different kinds of renewable energy sources // CHARIOT Energy. – 2020. URL: <https://chariotenergy.com/chariot-university/renewable-energy-sources/> (дата обращения: 11.12.2022).

72 The European green deal / Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions. Brussels, 2019. 24 p. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf (дата обращения: 10.12.2022).

73 The world's most used renewable power sources // Power Technology. URL: <https://www.power-technology.com/features/featurethe-worlds-most-used-renewablepower-sources-4160168/> (дата обращения: 04.11.2022).

74 Theme report on Energy Transition // United Nations. URL:

https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021-twg_2-062321.pdf (дата обращения: 01.05.2023).

75 Top 5 Fastest-Growing renewable energy sources around the world // Earth ORG. URL: <https://earth.org/fastest-growing-renewable-energy-sources/> (дата обращения: 06.12.2022).

76 Total energy supply (TES) by source, Russian Federation 1990–2019. International Energy Agency. 2021. URL: <https://www.iea.org/countries/Russia> (дата обращения: 01.05.2023).

77 Turk D., Kamiya G. The impact of the Covid-19 crisis on clean energy progress // International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/articles/the-impact-of-the-covid-19-crisis-on-clean-energy-progress> (дата обращения: 04.12.2022).

78 What is green energy? Definition, types and examples // TWI. 2021. URL: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-green-energy> (дата обращения: 24.02.2023).

79 Why we need green hydrogen // Columbia Climate School. URL: <https://news.climate.columbia.edu/2021/01/07/need-green-hydrogen/> (дата обращения: 03.12.2022).