

Санкт-Петербургский государственный университет

СТУЛОВА Екатерина Владимировна

Выпускная квалификационная работа

***Специфика разработки и внедрения альтернативных источников энергии
в Японии и Германии***

Уровень образования: магистратура

Направление *58.04.01 «Востоковедение и африканистика»*

Основная образовательная программа *ВМ.5838.2020 «Экономика и
международные экономические отношения стран Азии и Африки (с
изучением языков Азии и Африки)»*

Научный руководитель:

доцент, кафедра теории общественного развития
стран Азии и Африки, к. и. н.

Османов Евгений Магомедович

Рецензент:

старший научный сотрудник, Отдел этнографии
Восточной и Юго-Восточной Азии (Кунсткамера), к. и. н.

Синицын Александр Юрьевич

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Условия формирования рынка альтернативной энергетики	12
1.1 Роль и значение альтернативной энергетики в мировом энергетическом балансе	12
1.2 Основные направления и виды альтернативной энергетики	15
1.3 Предпосылки и условия расширения использования возобновляемой энергетики в мире	28
Глава 2. Развитие альтернативной энергетики в Японии	37
2.1 Формирование текущего энергетического баланса Японии	37
2.2 Альтернативные источники энергии, применяемые на практике и их влияние на обеспечение энергетической безопасности государства	50
2.3 Деятельность ведущих японских электроэнергетических организаций....	60
Глава 3. Возобновляемая энергетика Германии	67
3.1 Энергетический баланс Германии и факторы, влияющие на него	67
3.2 Возобновляемые источники энергии, применяемые на практике	76
3.3 Деятельность ключевых немецких энергетических организаций и корпораций	83
Заключение	90
Список использованных материалов	94
Приложение	109

Введение

В последнее время наблюдается повышенное внимание мирового сообщества к вопросам рационального и эффективного использования энергетических ресурсов, поиска альтернативы традиционным источникам энергии и снижения выбросов парниковых газов в атмосферу.

Вопросы энергетической безопасности стран и регионов являются наиболее актуальными и обсуждаемыми на форумах различных уровней. В рамках данного диссертационного исследования планируется рассматривать осуществление развития альтернативной энергетики в Японии, как в одной из наиболее зависимых от импорта энергоресурсов стран Востока, и в Германии, ставшей одной из первых стран, положивших начало развития альтернативной энергетики и успешно внедривших систему зеленого тарифа (Feed-in tariff), которая позднее была заимствована Японией. Энергетическая безопасность играет значительную роль для Японии, так как страна практически полностью зависит от импорта ископаемого топлива и энергоресурсов. В ФРГ ситуация с самообеспеченностью обстоит несколько лучше, однако показатели также являются низкими и не достигают 40%.

Актуальность данного исследования, прежде всего, обусловлена тем, что в современном мире наблюдается большой интерес к вопросам ограниченности энергетических ресурсов, роста энергопотребления населения Земли, а также к проблемам экологии, загрязнения окружающей среды и глобального потепления. Данные темы широко обсуждаются в научном сообществе и в рамках деятельности разного рода международных организаций вроде ООН, МАГАТЭ¹ и ОБСЕ. Следует отметить, что в Японии

¹ МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии — международная организация для развития сотрудничества в сфере мирного использования атомной энергии, основанная в 1957 г.

и Германии как в одних из наиболее развитых государств в связи со многими негативными факторами и событиями, произошедшими в энергетической сфере, такими как авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и Авария на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г., повлекшими за собой значительный вред окружающей среде и человеку, подобным темам уделяется особое внимание, о чем свидетельствует решение 2011 г. Правительства Германии полностью отказаться от использования ядерной энергии к 2022 г.², а также провозглашение курса на достижение углеродной нейтральности к 2050 г. в обоих государствах³. Кроме того, в условиях текущей геополитической напряженности проблема поиска достойных альтернатив импортируемым из России энергоресурсам выходит на первый план как в Японии, так и в Германии. Тем не менее, вопреки повышенному интересу к данной теме, в научно-исследовательской литературе подробно не изучался вопрос специфики разработки возобновляемых источников энергии в Японии и Германии как в государствах с ограниченными ресурсами.

Исследования в области возобновляемой энергетики являются актуальными для российской энергетики, т. к. изучение опыта государств-флагманов в развитии ВИЭ предоставляет возможные пути решения проблемы энергообеспечения удаленных и автономных, жилых и промышленных объектов в регионах страны, где энергетическая инфраструктура либо отсутствует, либо недостаточно развита. Анализ существующих источников и

² Atomdebatte im Bundestag: Alle aussteigen, bitte! // Spiegel URL: <https://www.spiegel.de/politik/deutschland/atomdebatte-im-bundestag-alle-aussteigen-bitte-a-771546.html> (дата обращения: 10.05.2022)

³ Танака Хитоми, Юити Икэда. Сайсэй кано: энэруги: то гэнсирёку о мотиита (Экономическая оценка водородной когенерации с использованием возобновляемых источников энергии и ядерной энергетики) // Journal of Japan Society of Energy and Resources. 2022. № 2. P. 33 – 44.

литературы демонстрирует высокий темп происходящих изменений на мировом топливно-энергетическом рынке и в альтернативной энергетике, что обуславливает быстрое устаревание рекомендаций для государственных деятелей и представителей бизнеса.

В данной работе **объектом исследования** является альтернативная энергетика как один из существенных элементов обеспечения энергетической безопасности государства. **Предметом исследования** является комплекс вопросов и решений, связанных с осуществлением внедрения альтернативных источников в энергетический баланс таких государств, как Япония и Германия.

Хронологические рамки данного исследования определяются периодом возникновения нефтяных шоков в 1970-х гг. по настоящее время, когда под влиянием различных факторов начали происходить значительные изменения на мировом топливном рынке и в энергобалансах изучаемых государств.

Целью данной магистерской диссертации является исследование особенностей внедрения возобновляемых источников энергии в энергетические балансы Японии и Германии и перспектив развития возобновляемой энергетики в современных условиях возникновения и углубления проблем мировой экономики.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Раскрыть сущность таких понятий как «альтернативная энергетика» и «возобновляемая энергетика» и подробно рассмотреть виды альтернативной энергетики;
2. Изучить историю становления энергетических балансов ФРГ и Японии и проанализировать энергетические планы обоих государств;

3. Исследовать предпосылки роста интереса к использованию альтернативных источников энергии в исследуемых государствах;
4. Проанализировать деятельность ведущих немецких и японских организаций и корпораций, занимающихся альтернативной энергетикой.

Научная новизна данного исследования заключается в комплексном рассмотрении особенностей внедрения альтернативной энергетики с опорой на материалы на японском и немецком языках, в т. ч. и недавно изданные материалы министерств, организаций и ведущих энергетических компаний, а также привнесения новых данных в сфере развития ВИЭ в отечественную науку.

Для достижения вышеуказанной цели и поставленных задач написание данного исследования проходило в соответствии с опорой на следующую **методологическую базу**: аналитический метод и метод сравнительного анализа, а также системный подход.

В рамках данного исследования понятие «альтернативная энергетика» предлагается рассматривать в контексте системного подхода, одним из основоположников которого является советский философ и методолог науки И. В. Блауберг. В рамках данного подхода объект рассматривается в качестве системы, т. е. целостного комплекса взаимосвязанных элементов. Одними из основных составляющих системного подхода являются целостность, множественность, системность и структуризация.

При рассмотрении **степени разработанности** темы данного исследования стоит отметить, что под влиянием растущей активности в осуществлении совместной работы мирового сообщества в области альтернативной энергетики, различные аспекты, касаемые внедрения

альтернативных источников, развития новых технологий в данной сфере, проблем экологии, преимуществ и недостатков использования «зеленого топлива» стали предметом целого ряда научных исследований. При этом большинство работ посвящено техническим вопросам разработки и общей оценке мирового потенциала развития альтернативной энергетики. Многие существенные вопросы касательно развития рынка «зеленой энергетики» в таких странах как ФРГ и Япония остаются нераскрытыми. В этой связи недостаточная степень научной разработанности вопроса формирования и развития рынка ВИЭ в вышеуказанных странах и практическая значимость изучения данных вопросов для российской экономики и энергетики предопределили интерес автора к данной тематике.

При написании диссертационной работы были использованы труды по видам альтернативных источников энергии как отечественных, так и зарубежных ученых и специалистов в области экономики, энергетики и экологии.

В ходе написания диссертационного исследования был проанализирован ряд письменных источников касательно ряда ключевых вопросов, представленных ниже. Проблема глобального потепления и его роль в популяризации альтернативных источников на мировом уровне частично раскрыта в нескольких работах, среди которых следует отметить монографию Квашнинга В. «Erneuerbare Energien und Klimaschutz»⁴, посвященную проблемам экологического характера, определивших необходимость популяризации зеленой энергии, книга Сумина А. М. «Энергетическая

⁴ Quaschnig V. Erneuerbare Energien und Klimaschutz. 5., aktualisierte Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2020. 394 p.

политика современной Германии: тенденции, проблемы, перспективы»⁵ и совместный труд немецких ученых Дикмана Й. и Гроба Ф. «Erneuerbare Energien: Brandenburg und Bayern führen im Ländervergleich»⁶, в которых вопрос рассматривается лишь в рамках одного государства, а также научная работа Ушакова В. Я. «Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды»⁷, в которой данный вопрос обозначен в качестве одной из возможных предпосылок к переходу на альтернативные источники энергии. Вопрос технических характеристик механизмов преобразования энергии раскрывается в коллективной работе Голицына М. В., Голицына А. М. и Прониной Н. М. под названием «Альтернативные энергоносители»⁸, в которой между тем не учитываются экономические и политические предпосылки роста популярности альтернативной энергетики в мире, научная статья Жизнина С. З. и Тимохова В. М. «Влияние энергетики на устойчивое развитие»⁹, носящая обзорный характер и освещающая данный вопрос в сжатом виде. Высокая стоимость электроэнергии из возобновляемых источников как одна из ключевых проблем, препятствующих развитию альтернативной энергетики в значительной степени отражена в работах американского ученого Дж. Даффилда “Fuels

⁵ Сумин А. М. Энергетическая политика современной Германии: тенденции, проблемы, перспективы. М.: Газоил пресс, 2017. 270 с.

⁶ Diekman J., Groba F. Erneuerbare Energien: Brandenburg und Bayern führen im Ländervergleich // DIW Wochenbericht. 2012. №50. P. 3 – 11.

⁷ Ушаков В. Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды. Томск: «СибГрафик», 2011. 139 с.

⁸ Голицын М. В., Голицын А. М., Пронина Н. М. Альтернативные энергоносители. М.: «Наука», 2004. 159 с.

⁹ Жизнин С. З., Тимохов В. М. Влияние энергетики на устойчивое развитие // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т. 61. № 11. С. 34 – 42.

Paradise. Seeking Energy Security in Europe, Japan and the United States“¹⁰ и Вивода В. «Energy Security in Japan. Challenges after Fukushima»¹¹. Важность международного сотрудничества в вопросе постепенной декарбонизации энергетики является ключевым вопросом в целом ряде работ, в числе которых научная статья коллектива авторов из немецкого университета в г. Людвигсхафен Крекель К. Бёльманн С. И Шилингер Т. под названием «Erneuerbare Energien in Japan: Chancen für eine echte Energiewende?»¹², в которой анализируется взаимодействие Японии с зарубежными партнерами в вопросах наращивания доли альтернативной энергетики.

В качестве источников были проанализированы отчеты конференций 2021 г.¹³¹⁴, годовые энергетические отчеты¹⁵, отчеты об уровнях выбросов

¹⁰ Duffield J. S. Fuels Paradise. Seeking Energy Security in Europe, Japan and the United States. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2015. 1169 p.

¹¹ Vivoda V. Energy Security in Japan. Challenges after Fukushima. New York: Routledge. 2014. 248 p.

¹² Kreckel C., Böllmann S., Schillinger T. Erneuerbare Energien in Japan: Chancen für eine echte Energiewende? Ludwigshafen: Hochschule Ludwigshafen Ostasieninstitut, 2015. 45 p.

¹³ Кайги сё:кацу 2021.10.4 Токио. Кэйдзай сангё: сё:. Кокурицу кэнкю: кайхацу хо:дзин синэнэруги: сангё: гидзюцусо:го: кайхацу кико: (Итоги международной конференции на уровне министерств по вопросам водородной энергетики 04.10.2021 // Токио: Министерство экономики торговли и промышленности Японии). URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211008004/20211008004-1.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

¹⁴ «Сума:то сити энэруги: канрэн дзигё:» сайсиндо: ко: ва:кусёппу 2021 кайгай сума:то сити итиба ни тайсуру ва га куни энэруги: канрэн кигё:то: но синсюцу потэнсяру (Последний семинар по трендам 2021 г. "Умный город и Энергетический бизнес". Потенциал выхода японских компаний на зарубежный рынок «умных городов») // Токио: Министерство экономики торговли и промышленности Японии. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/smart_community/smartcity_ws/pdf/smartcity_ws0.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

¹⁵ Энэруги: кихон кэйка, рэйва саннэн дзю: гацу (Основной энергетический план, октябрь 2021 г.) // Токио: Министерство экономики торговли и промышленности Японии. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

парниковых газов¹⁶, а также основные энергетические планы Германии¹⁷ и Японии¹⁸, опубликованные на официальных сайтах и посвященные перспективам внедрения возобновляемых источников энергии. В общей сложности было изучено более 40 различных документов и отчетов о целях и задачах, стоящих перед правительством и обществом, которые либо уже принесли соответствующие результаты, либо находятся в процессе решения в рамках деятельности соответствующих ведомств.

Структура работы. Данная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Во **введении** обозначены актуальность, научная новизна, объект и предмет исследования, его методология, актуальность и практическая значимость, а также обзор использованных материалов. В **первой главе** обозначается роль альтернативной энергетики в контексте мирового топливно-энергетического баланса, а также рассматриваются основные виды альтернативных источников энергии. Во **второй главе** исследуются особенности формирования энергетического баланса Японии и оценивается роль отдельных альтернативных источников в укреплении энергетической безопасности. В **третьей главе** анализируются энергетическая политика ФРГ и возобновляемые энергоносители как одна из важнейших частей энергобаланса Германии. В **заключении** представлены

¹⁶ Treibhausgasemissionen 2020: Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2020) // Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt. URL: <https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/VET-Bericht-2020.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

¹⁷ Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan // Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/integrierter-nationaler-energie-klimaplan.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

¹⁸ Энэруги: кихон кэйка, рэйва саннэн дзю: гацу (Основной энергетический план, октябрь 2021 г.) URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

основные выводы, к которым пришел автор по результатам данного исследования, и обозначены возможные вопросы для создания будущих научных трудов, посвященных данной теме.

Глава 1. Условия формирования рынка альтернативной энергетики

1.1 Роль и значение альтернативной энергетики в мировом энергетическом балансе

Наличие стабильного энергоснабжения – основа для эффективного развития человечества. Удовлетворение большей части потребностей в энергии на сегодняшний день происходит за счет ее традиционных источников. Тем не менее, начиная с середины XX в., энергетическая политика многих государств мира подвергается значительным изменениям в связи с рядом факторов, среди которых: исчерпаемость ресурсов основных энергоносителей, в числе которых наиболее значимые – нефть, газ и уголь, неравномерность распределения ресурсов между государствами, вопросы безопасности использования ядерной энергетики, климатические изменения, связанные с использованием углеводородов, растущие потребности человека в электроэнергии, а также энергетическая безопасность государств.

В разные периоды времени доли отдельных источников энергии в энергобалансах стран менялись в т. ч. и в связи с техническим прогрессом в энергетической отрасли, а также с разработкой новых месторождений. В настоящее время выделяется четыре основные группы источников энергии: органическое топливо (ископаемые источники), альтернативные источники, гидроэнергия и атомная энергия. В начале XX в. значительную часть топливно-энергетического баланса занимал ископаемый уголь, в то время как нефть и газ составляли всего несколько процентов. Однако уже к концу XX в. около двух третей энергобаланса составляли нефть и газ¹⁹, что привело к стремительному сокращению запасов и неуклонному росту цен, в связи с чем

¹⁹ Голицын М. В., Голицын А. М., Пронина Н. М. Альтернативные энергоносители. М: «Наука», 2004. С. 8 – 10.

начались крупномасштабные исследования для поиска альтернативы углеводородам. В последнее время четко прослеживается тенденция увеличения доли использования возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе. Кроме того, в работе под названием «Энергетика для завтрашнего мира – время действовать» Международного энергетического совета²⁰ указывается на то, что к 2050 г. доля альтернативной энергетики достигнет не менее одной трети всех используемых энергетических ресурсов²¹.

Альтернативная энергетика – одна из наиболее перспективных отраслей энергетики, заключающаяся в получении и использовании энергии в основном из возобновляемых источников, которые еще не используются в полной мере повсеместно, однако во многих странах ведутся научные исследования по их масштабному внедрению. Альтернативная энергетика на современном этапе рассматривается как достойная замена традиционным видам энергии в силу неисчерпаемости ресурсов и сравнительно низком риске негативного влияния на окружающую среду и климат. Инновационная альтернативная энергетика – понятие, включающее в себя три основных направления: возобновляемая энергетика, «зеленая» или «экологически чистая» энергетика и безуглеродная энергетика²².

В возобновляемой энергетике источниками энергии являются потоки, постоянно или периодически существующие в природе, к которым относятся

²⁰ Мировой энергетический совет (МИРЭС) — крупнейшая международная энергетическая некоммерческая организация. Представляет интересы более 3000 энергетических организаций из около 100 стран мира.

²¹ Дуссет Дж. Энергия для завтрашнего мира. Мировой энергетический совет призывает к глобальным действиям. // Бюллетень МАГАТЭ. 2000. №42. С. 2 – 7.

²² Ушаков В. Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды. Томск: «СибГрафик», 2011. С. 10 – 12.

солнечная энергия, ветровая энергия, геотермальная энергия, энергия речных потоков, энергия биомасс и сжигания твердых бытовых отходов. В перспективе планируется использование в качестве ВИЭ изотопов водорода – протия, дейтерия и трития, что приведет к развитию «чистого водорода» и контролируемого термоядерного синтеза в промышленных масштабах²³.

«Зеленая» энергетика – понятие, включающее в себя основные возобновляемые источники энергии без учета геотермальной энергии, энергии биомасс и энергии сжигания ТБО²⁴.

Безуглеродная энергетика включает в себя энергию, в результате выработки которой в окружающую среду не выбрасываются оксиды углерода, оказывающие негативное влияние на природу и климат. К данному виду энергетики относятся атомная и «зеленая» энергетика. основополагающими принципами для будущей энергетики были обозначены: сведение к минимуму влияния энергетики на окружающую среду, климат и человека, преодоление «энергетической нищеты» отдельных государств, повышение надежности, качества и стабильности поставок энергии²⁵.

В настоящее время одной из основных задач, стоящих перед мировым сообществом, является преобразование мировой экономики с учетом двух важных факторов – снижение выбросов парниковых газов и энергетическая эффективность, в связи с чем повышается значение внедрения возобновляемых источников энергии.

²³ Голицын М. В., Голицын А. М., Пронина Н. М. Альтернативные энергоносители. М.: «Наука», 2004. С. 35 – 40.

²⁴ Исикава Кэндзи. Нихон но энэруги: но кано:сэй то гэнкай (Ограничения и возможности энергетики Японии). Токио: О: му ся, 2010. С. 28 – 31.

²⁵ Дуссет Дж. Указ. соч. С. 5 – 8.

Энергосберегающие меры во многих странах предпринимаются практически во всех сферах жизнедеятельности, однако флагманом энергосбережения стало уменьшение доли энергоемких производств и трансформация экономики с ориентированностью на экологическую устойчивость, экономическую прибыльность и социальную интеграцию. Существует несколько предпосылок повышения роли возобновляемых источников в мировом топливно-энергетическом балансе, в числе которых стремление к повышению экологичности выработки энергии и поиск альтернативы ископаемым источникам в связи с их истощаемостью. Повышение спроса на возобновляемые источники энергии на общемировом уровне позволяет добиться значительных результатов по основным направлениям, среди которых снижение цен на электроэнергию, стабильность поставок энергии и снижение выбросов парниковых газов в атмосферу.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что популярность возобновляемых источников (ВИЭ) продолжит расти под влиянием двух основных факторов, а именно – разработки и внедрения новых технологий, которые будут способствовать достижению паритета цены и производительности по сравнению с ископаемыми источниками энергии, а также расширят перечень доступных потребителю источников энергии, предоставляя ему право выбора наиболее выгодного и экологичного источника исходя из его предпочтений и нужд.

1.2 Основные направления и виды альтернативной энергетики

Понятие «альтернативная энергетика» включает в себя несколько составляющих, среди которых: возобновляемые источники энергии, вторичные возобновляемые источники энергии, нетрадиционные технологии использования ресурсов, а также энергетические установки и оборудование.

К возобновляемым источникам (ВИЭ) относят солнечную энергию, ветровую энергию, энергию биомасс, геотермальную энергию, энергию приливов и отливов, низкопотенциальное тепло воздушных масс, земли и воды, водородную энергию, а также управляемый термоядерный синтез.

Солнечная энергетика – это преобразование энергии солнечного света в электрическую энергию с использованием различных солнечных элементов. Существует три основных способа получения солнечной энергии: фотоэффект (фотовольтаика) – наиболее распространенный способ преобразования энергии с помощью солнечных панелей, станции концентрированного солнечного света (Concentrated solar power Systems, CSP) и использование солнечных коллекторов – способ, активно применяемый в быту в жарких странах. Несмотря на то, что Солнце от Земли находится на значительном расстоянии – около 150 млн км – оно является одним из основных источников неисчерпаемой энергии. Годовой объем энергии, получаемой Землей, составляет около 1018 кВт/ч, что превышает потребности населения Земли в 10 тыс. раз²⁶. Потенциал солнечной энергетике оценивается с учетом четырех факторов: валовых, экономических и технических ресурсов, а также географического фактора (количества солнечных дней в году), в то время как установка оборудования происходит с учетом трех групп факторов: физико-географических, экономико-географических и экологических. Физико-географический фактор определяет место размещения солнечных электростанций. Основным экономико-географическим фактором для

²⁶ Тайё: нэцу риё: сисутэму мотто цукао: тайё:нэцу кэйдзай сангё:сё: энэруги тё: иппан сяданхо:дзин со:ра сисутэму синко: кё:кай (Система использования солнечного тепла. Давайте чаще использовать солнечную энергию // Министерство экономики, торговли и промышленности. Агентство энергетических ресурсов. Ассоциация продвижения солнечной энергетике). URL: <https://www.ssda.or.jp/profile/publication> (дата обращения: 10.05.2022)

размещения солнечных установок является наличие потребителей. Другим фактором является инфраструктурный – возможность подключения к энергосистеме, создания подъездных путей для доставки солнечно-энергетического оборудования, а также возможность и стоимость выкупа и аренды земли, необходимой для возведения станций. Не менее значимым фактором является наличие трудовых ресурсов и квалифицированных кадров.

Важным условием для размещения панелей является соответствие законодательно регламентированным экологическим нормам в связи с возможным негативным воздействием солнечной энергии на человека и природу. Нежелательным экологическим действием является изменение теплового баланса, влажности и направления ветров. Таким образом, множество различных факторов необходимо принимать во внимание при возведении солнечных электростанций, а решающим фактором для развития данного вида энергетики в мире является наличие потребителей, осознающих выгоду использования данного типа энергии.

Солнечная энергетика считается одной из наиболее быстрорастущих отраслей мировой энергетики. Среди наиболее значимых причин: общедоступность и неисчерпаемость солнечной энергии, ее высокая степень экологической безопасности, низкие капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с традиционной ископаемой энергетикой и устойчивое снижение себестоимости солнечных модулей²⁷.

В фотовольтаике, как правило, используются кремниевые полупроводниковые фотодиоды. В настоящее время коэффициент полезного

²⁷ Гедири А. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в контексте энергетической политики стран ЕС // Вестник РУДН. Серия «Международные отношения». 2012. №3. С. 26 – 32.

действия солнечных батарей из монокристаллического кремния находится на довольно низком уровне – около 20%, а коэффициент фотоэлектрического преобразования для промышленных и бытовых батарей – 24,6%, 35 – 40% – для многослойных солнечных батарей GaInP/GaAs/Ge²⁸. однако по всему миру ведутся разработки с целью массового производства батарей с КПД 55%. Кроме того, важным показателем является коэффициент загрузки солнечных панелей, т.к. они функционируют исключительно в световые часы. С учетом двух вышеописанных критериев рассчитывается коэффициент использования установленной мощности – основной критерий эффективности солнечных панелей с учетом работы в световые часы, который, по данным 2019 г., составляет в среднем 14%.

Выделяют достаточное количество преимуществ использования солнечных батарей, среди которых: снижение стоимости панелей в связи с появлением новых производителей на рынке и ростом конкуренции, увеличение КПД солнечных панелей благодаря общемировым усилиям в технических разработках, увеличение цикла аккумуляторов, в связи с чем постепенно решается вопрос о накоплении электроэнергии для использования в тёмное время суток.

В глобальном масштабе солнечная фотоэлектрическая промышленность произвела 97 гигаватт (ГВт) энергии в 2019 г., что немного меньше, чем 100 ГВт, установленных в 2018 г. Более половины, около 55 ГВт, было произведено в странах Азии (в основном в КНР, Индии, Японии и Вьетнаме).

²⁸ Кобрянский В.М. Многослойные гибридные солнечные батареи на основе кристаллического кремния и сопряженных полимеров // Материалы Международного конгресса REENCON-XXI «Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность». 13-14 октября 2016 г. / Под ред. к.ф.-м.н Д.О. Дуникова, д.т.н. О.С. Попеля. М.: ОИВТ РАН. 2016. С. 22 – 27.

В Европе мощности достигли показателей в 19 ГВт, в США – 9 ГВт, а в Австралии – около 6 ГВт²⁹. В 2021 г. показатели значительно выросли – было выработано более 150 ГВт за счет солнечной генерации. Темпы роста ускорились в КНР, который является безусловным лидером в фотовольтаике (35,6% мировой мощности), а также в Германии (7,5%), Италии (3%) и Испании (2%). На Европейском континенте за 2021 г. было введено 25,9 ГВт мощностей, что превысило показатель 2020 г. на 34%³⁰.

Ветровая энергетика основана на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в электроэнергию. Среди европейских государств первым, обратившим внимание на потенциал ВИЭ стала Дания. В 1991 г. в Дании была установлена первая в Европе ветроэнергетическая установка.³¹ В 2019 г. с помощью наземных ветроэнергетических установок в мире было произведено около 495 ГВт энергии. Лидерами по показателям мощности ветровой энергетике стали КНР, США, Германия, Индия, Испания, Франция, Бразилия, Великобритания и Канада.

Большинство ветряных установок находится на суше, однако рынок «офшорных» установок продолжает набирать обороты. В 2019 г. было дополнительно создано 54 ГВт наземных мощностей, в результате чего общая установленная мощность достигла 594 ГВт, в то время как установленная

²⁹ Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020 // International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi: IRENA. 2020. P. 10 – 11.

³⁰ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Энергосбережение и энергоэффективность: монография. М.: РУСАЙНС, 2022. С. 254 – 255.

³¹ Шувалова О.В., Стоянова М.-Й. Достижения Дании и Германии в области перевода своих экономик с ископаемых на альтернативные источники энергии // Вестник РУДН. Серия: Экономика. 2020. №2. С.315 – 317.

мощность на шельфе увеличилась лишь на 4,7 ГВт, достигнув в общей сложности показателя в 28 ГВт.

В 2019 г. во всем мире было установлено около 23 000 ветряных турбин. Китайский рынок практически полностью обслуживается отечественными компаниями, в то время как на рынки во всем мире поступает оборудование, производимое, в основном, европейскими фирмами.

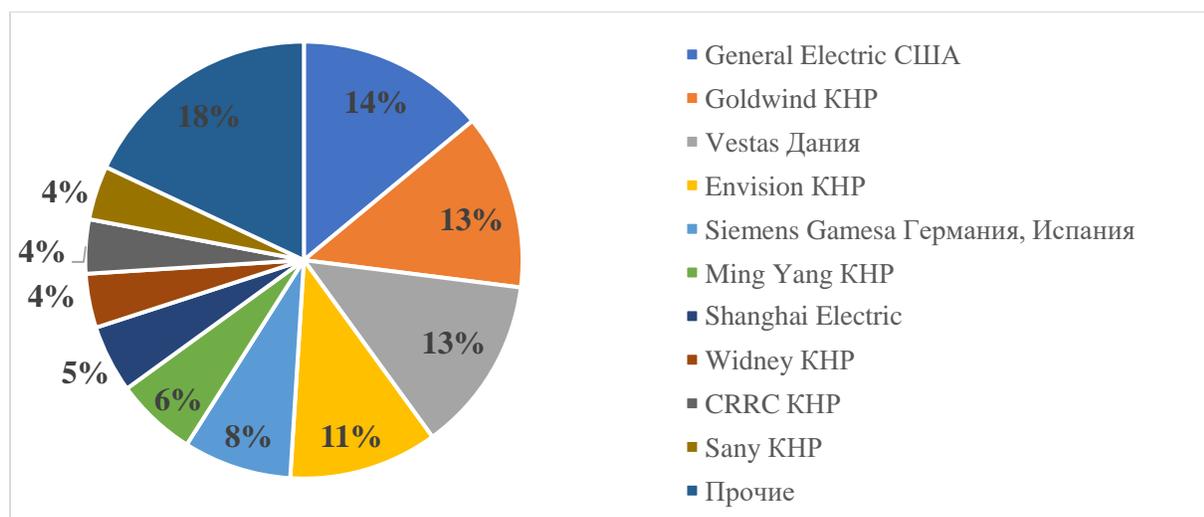


Рис. 1.1. Доли производителей ВЭС по вводу мощностей (2020 г.)

Источник: Ветроэнергетическая отрасль мира: итоги 2020 г. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/412/8907416.htm> (дата обращения: 10.05.2022)

Рассмотрим текущую ситуацию на рынке ветряного оборудования, изображенную на диаграмме выше. Восемь китайских производителей ветряного оборудования входят в число крупнейших поставщиков в мире, в то время как среди европейских компаний лидирующие позиции занимают Vestas и Siemens Gamesa, на долю которых приходится около трети мирового производства ветряных турбин. Значительную долю занимает американская компания General Electric (GE). Продолжается консолидация рынка, так как шесть ведущих поставщиков увеличили свою долю рынка с 70% в 2018 г. до

72% в 2019 г., а общее количество основных производителей сократилось с 37 до 33.

Одним из основных препятствий к распространению ветроэнергетики является сравнительно низкая номинальная мощность выработки и различия в номинальной и фактической мощностях. Под номинальной мощностью подразумевается наивысшая гарантированная производительность, которая определяется еще на стадии проектирования ветряной турбины для выработки электроэнергии.

Стоит отметить то, что любой механизм не способен показывать максимальную производительность в течение всего срока эксплуатации, именно по этой причине уже в середине срока показатели мощностей могут достигать не более 80-90% от начальных. В документах некоторых моделей ветровых турбин, имеющих в продаже, указано, что они с самого начала не могут вырабатывать более 80-90% от заявленной мощности, что, вероятно, является способом продления срока эксплуатации оборудования³².

Мощность ветрогенератора напрямую зависит от мощности воздушного потока. Важным показателем для стабильного функционирования станции является высокий среднегодовой уровень ветра. Чтобы максимально приблизить показатели выработки к «стабильным», предпринимаются различные уловки на станциях, среди которых – регулировка угла наклона турбины. Эффективность выработки энергии из ветра снижается по целому ряду причин, среди которых скапливание пыли, дефекты поверхности лопастей турбин, попадание насекомых и птиц, что значительно снижает

³² Исикава Кэндзи. Нихон но энэруги: но кано:сэй то гэнкай (Ограничения и возможности энергетики Японии). Токио: О: му ся, 2010. С. 38 – 41.

подъемную силу лопастей³³. Средний допустимый уровень снижения эффективности составляет около 1,2% ежегодно. На уровень выработки также влияет материал, из которого сделаны лопасти: стекловолокно, углеродное волокно, стекло-полистирол и пр. Более низкий коэффициент мощности наблюдается у турбин с лопастями из материалов с более высокой массой.

В ходе самой эксплуатации турбин отмечают наиболее частые проблемы: обледенение, снижающее эффективность выработки, ошибки при установке фундамента, из-за чего ветровая башня становится неустойчивой, поломки различных систем, отключение при колебании силы воздушных масс, вибрации, шумы и пожары из-за попадания молний или чрезмерного трения.

Энергия биомасс – использование органических веществ для преобразования в энергию. Биомасса представляет собой органическое вещество, сохранившее в себе солнечную энергию с помощью фотосинтеза. Существует множество видов биомасс, которые используются как в первозданном виде (например, растения и древесина), так и в переработанном в условиях пищевой цепочки (навоз, бытовые отходы и пр.).

Ежегодно на планете образуется около 170 млрд тонн первичной биомассы. Промышленная биомасса производится из широкого перечня видов растений, среди которых конопля, кукуруза, мискантус³⁴, сахарный тростник и пр. Навоз, как один из наиболее распространенных используемых видов

³³ Смил В. Энергия и цивилизация. От первобытности до наших дней / пер. Д. Л. Казакова. М.: Бомбора, 2020. С. 230 – 236.

³⁴ Мискантус, или веерник (лат. *Miscanthus*) — род многолетних травянистых растений семейства Злаки. Использование данного растения в качестве биоэнергетического топлива считается перспективным и оправданным, т. к. урожай с одного посева собирается в среднем до 30 лет около 25 т. с 1 га.

биомасс, используется во многих развивающихся странах для получения тепловой энергии.

Существует три основных направления преобразования биомассы в тепловую энергию: 1) сжигание; 2) брожение; 3) использование биогаза, спиртов и других энергоносителей-производных биомассы. В процессе сжигания биомасса выступает в качестве энергетического источника. Около 80% используемого при сжигании топлива составляет древесина, используемая для обогрева помещений и приготовления пищи. Брожение используется для обогрева теплиц и парников. Извлечение из биомассы энергоносителей в виде спиртов и биогаза посредством «газификации», а именно – превращения органики в окись углерода и водород – наиболее важное направление для получения электроэнергии из биомассы. Для производства биогаза используются различные ресурсы – органические отходы забойного и рыбного цехов, отходы от переработки овощей и фруктов, продукты жизнедеятельности, производство соков и молочных продуктов и пр. В процессе разложения активно участвуют несколько видов микроорганизмов, среди которых гидролизные бактерии, кислотообразующие и метанобразующие бактерии. Среди множества разновидностей технологий производства биогаза отмечают анаэробное сбраживание в колоннах и метатанках.

Существует несколько разновидностей биогаза, среди которых стоит выделить свалочный газ, по производству которого в Соединенных Штатах Америки к началу 2000-х было построено более 350 заводов, в то время как в европейских странах таких заводов было около 750. Лидерами в данной отрасли являются США (около 7 млн т.), Канада (2,7 млн т.), Германия (2,3

млн т.), Швеция (1,7 млн т.) и Латвия (1,5 млн т.)³⁵. Энергия биомасс является одним из наиболее безопасных с точки зрения экологии, которая способствует снижению уровня загрязнения окружающей среды и вторичной переработке отходов.

Геотермальная энергия – термальная энергия, получаемая в результате физико-химических процессов в земных недрах, способных нагреть подземные воды до состояния так называемого раскаленного пара. Этот вид энергии используется человечеством уже достаточно продолжительный период времени, к примеру, термы Каракаллы³⁶ отапливались в основном с помощью подземных источников. Первая геотермальная станция появилась в 1904 г. в итальянской провинции Тоскана, в то время как в США – одном из лидеров в области геотермальной энергетики – первые электростанции, использующие геотермальную энергию, начали строиться лишь в 1930-е гг.³⁷.

Среди широкого перечня видов геотермальных источников стоит выделить исходное тепло Земли, энергию распада радиоактивных элементов, энергию вращения Земли, энергию сейсмических волн, энергию экзотермических физико-химических процессов. Существует пять основных классификаций геотермальных источников: месторождения геотермального сухого пара, магма, источники горячего пара, месторождения геотермальной воды и сухие горячие скальные породы.

³⁵ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Энергосбережение и энергоэффективность: монография. М.: РУСАЙНС, 2022. С. 275.

³⁶ Термы Каракаллы — комплекс общественных бань, построенный в III в. н. э. в Риме императором Септимием Бассианом Каракаллой и официально именуемый термами Антониниана.

³⁷ Гарипов М. Г., Гарипов В. М. Геотермальная энергетика // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Выпуск №14. С. 202 – 204.

Температура Земли с приближением к ядру увеличивается приблизительно на 1 градус каждые 30 м., в связи с чем можно предположить, что на глубине около 3 км температура достигает 100 градусов, а на глубине 60 км – уже около 1800 градусов. Изменение температуры на 1 градус при погружении принято считать «геотермической ступенью»³⁸. Среднее значение геотермической ступени составляет около 30 м., однако вблизи вулканических очагов геотермическая ступень может составлять не более 2-3 м³⁹.

Геотермальная энергия используется в качестве прямого источника тепла, а также для производства электроэнергии. На данный момент мощность выработки из геотермальных источников составляет около 16 ГВт, и ожидается, что к 2025 г. показатель достигнет отметки в 25 ГВт. Прямое использование тепла активно практикуется в высоких широтах на границах тектонических плит – в Исландии и Японии. Помимо них лидерами в данной отрасли считаются США, Филиппины, Мексика, Индонезия и Италия⁴⁰. Географические особенности данных стран позволяют встраивать водопроводы непосредственно в глубинные скважины, а горячая вода из скважин используется для отопления зданий, бассейнов, выращивания рыбы, фруктов, овощей и пр.

Использование геотермальной энергии имеет ряд преимуществ, в числе которых: неиссякаемость энергии, универсальность применения и независимость от погодных условий, времени года и суток. Среди недостатков стоит выделить: ограниченное количество территорий, пригодных для

³⁸ Геотермическая ступень – это изменение глубины в земной коре, соответствующее повышению температуры на 1 градус. Среднее значение составляет 30 – 40 м/град.

³⁹ Белоокая Н. В., Пивоварова Е. И. Обзор альтернативных источников энергии. Геотермальная энергия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2015. №1. С. 67 – 72.

⁴⁰ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ.соч. С. 280 – 282.

установки геотермальных станций, возможность выхода вредных газов и минералов из недр, сложности с утилизацией использованных водных ресурсов, а также высокая стоимость бурения скважин.

Значительным потенциалом обладает *приливная энергетика*. За счет притяжения Луны и Солнца меняется уровень мирового океана, благодаря чему наблюдаются приливы и отливы, которые можно использовать для производства электроэнергии. Для получения электроэнергии на приливных электростанциях используется гидродинамическая энергия⁴¹.

Первая приливная электростанция была построена в 1966 г. во Франции в эстуарии реки Ранс и обладала мощностью в 240 МВт. В 1968 г. в СССР была запущена Кислогубская ПЭС в губе Кислой Баренцева моря.

Согласно данным Международного объединения океанической энергии, мировой энергетический потенциал приливов составляет приблизительно 3,5% от общего потребления электроэнергии, однако для достижения этого показателя необходимо построить множество мощных приливных станций (от 150 ГВт)⁴².

К числу преимуществ использования приливной энергии относят: неиссякаемость, экологическая чистота, отсутствие влияния на прибрежный ландшафт и предсказуемость благоприятных условий для выработки энергии⁴³.

Ключевым препятствием к развитию данного вида возобновляемых источников является ограничение территории для установки приливных

⁴¹ Гидродинамическая энергия – энергия, сосредоточенная в потоках водных масс, в русловых водотоках и приливных движениях.

⁴² Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 306.

⁴³ Бакштанин А. М., Крылов А. П., Беглярова Э.С. Инвестиционная привлекательность приливной энергетики и факторы, определяющие ее развитие в мире // Природообустройство. 2021. № 2. С. 50 – 57.

станций. В настоящее время потенциалом обладают около 140 створов побережья Мирового океана с ожидаемой мощностью около 2000 ГВт/ч, что составляет около 8% от мирового энергопотребления⁴⁴.

В настоящее время ПЭС активно используются в Великобритании, Канаде, Франции, КНР, Индии и США. Наиболее значимыми приливными электростанциями являются ПЭС в искусственном заливе Сихва в Южной Корее – крупнейшая ПЭС в мире с установленной мощностью 254 МВт, Сиджен ПЭС в Великобритании, Аннаполис ПЭС в Канаде и ПЭС около острова Рузвельта в США⁴⁵.

Особую роль в топливно-энергетическом балансе играет *водородная энергетика*. Данная отрасль энергетики основывается на использовании водорода и топливных элементов для преобразования в электроэнергию. Водород является альтернативой ископаемым видам топлива и представляет собой чистую энергию, которую можно использовать даже в странах со сложными погодными условиями, ограниченными ресурсами и территорией.

Объемы водорода, участвующего в выработке электроэнергии по всему миру, составляет порядка 70 млн т. Повышенное внимание к данному виду топлива наблюдается в Китае, Германии, Японии, США и ряде других стран. В 2020 г. в ЕС была обнародована стратегия в области водородной энергетики, предполагающая начало поэтапной работы по развитию чистого водорода. Ожидается, что к 2050 г. доля водорода в энергобалансе ЕС достигнет 14%⁴⁶.

⁴⁴ Бакштанин А. М., Крылов А. П., Беглярова Э.С. Указ. соч. С. 53.

⁴⁵ Котеленко С. В., Красников Д. В. Перспективы развития приливных электростанций // Известия ТулГУ. Технические науки. №11. 2019. С. 200 – 204.

⁴⁶ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 288 – 292.

Водородная энергия по мере развития инфраструктуры и роста потребления электроэнергии может стать одним из важнейших источников энергии и будет иметь существенное значение с точки зрения обеспечения декарбонизации во многих секторах экономики. Значительную роль в развитии отрасли и расширении использования водородной энергетики в мире играют серьезные финансовые вложения, развитие инфраструктуры и внедрение новых технологий, благодаря которым водород будет способен конкурировать с другими видами альтернативных источников энергии.

Таким образом, существует множество достойных альтернатив ископаемому топливу, которые, по мере развития технологий и снижения себестоимости производимой из них электроэнергии, смогут удовлетворять потребности человека в энергоресурсах. Несмотря на неравномерное развитие видов альтернативной энергетики, внедрение мощностей по каждому из них важно для осуществления стабильного электроснабжения. Кроме того, важно учесть ряд основных поводов к возникновению повышенного внимания к альтернативной энергетике, среди которых неравномерное распределение ресурсов, энергетическая безопасность и изменения климата. Дальнейшее развитие данной отрасли будет способствовать решению вышеуказанных проблем.

1.3 Предпосылки и условия расширения использования возобновляемой энергетики в мире

Формирование мирового энергетического баланса происходило поэтапно в виде «энергетических переходов»: до 1900 г. в качестве основного источника энергии выступали дрова – наименее энергетически эффективный вид топлива (так называемая «эра дров»). В 1900 – 1960-х гг. основная доля мирового топливно-энергетического баланса принадлежала углю, который по

энергоэффективности превосходит дровяное топливо в 2,5-3 раза. Так, в Великобритании довольно долго уголь являлся доминирующим видом топлива: ещё в 1960 г. он составлял 77% всей первичной энергии в стране. В Японии по состоянию на 1880 г. 85% первичной энергии приходилось на древесину, однако уже к 1917 г. уголь составлял около 77% энергоресурсов. Во Франции уголь оставался основой получения энергии до 1950-х гг., после чего ведущую роль стала играть ввозимая нефть. Российская империя была так называемым «обществом леса» за счет огромной площади лесов, а нефть и уголь стали доминировать в энергобалансе только к 1930 г.

Началом «эры нефти», которая продолжается и по сей день, послужило появление двигателя внутреннего сгорания. Первая нефтяная скважина была выкопана вручную в Северной Америке в 1858 г⁴⁷. Уже в 1860-х гг. только США, Канада и Россия представляли собой страны с развивающейся нефтяной промышленностью. Топливо, получаемое из сырой нефти, обладало крайне высокой плотностью, а появление и распространение двигателя внутреннего сгорания открыло огромный мировой рынок. Первая треть XXI в. является переходным периодом, за которым, как ожидается, последует «эра альтернативной энергетики»⁴⁸.

За последние десятилетия значительно выросло энергопотребление человечества – на 2018 г. энергопотребление составило около 160 ТВт/ч, однако согласно исследованиям Международного энергетического агентства, к 2030 г. показатели составят не менее 260 ТВт/ч. Рост энергопотребления

⁴⁷ Смил В. Энергия и цивилизация. От первобытности до наших дней / пер. Д. Л. Казакова. М.: Бомбора, 2020. С. 322 – 326.

⁴⁸ Quasching V. Erneuerbare Energien und Klimaschutz. 5., aktualisierte Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2020. p. 27 – 28.

связывается в т. ч. и из-за активизации в развитых странах «цифровой экономики» и майнинга криптовалют, на долю которого приходится около 15 ТВт/ч электроэнергии в год, что превышает годовую потребность в электроэнергии такого государства, как Таджикистан (13 ТВт/ч)⁴⁹. Кроме того, из-за бесконтрольного использования ограниченных энергоресурсов человечество максимально приблизилось к глобальному кризису нехватки ископаемых источников энергии⁵⁰.

Вопрос энергетической безопасности возник в политической повестке уже в начале XX в., однако полномасштабные исследования, посвященные данной проблеме, начались лишь в 1960-х гг. За более чем 50 лет исследований концепция энергетической безопасности значительно изменилась: если в 1970 – 1980-х гг. решающим фактором являлись бесперебойные поставки дешевой нефти, связанный с множеством ограничений и ценовыми манипуляциями государств-экспортёров, то в начале XXI в. ключевой задачей мирового сообщества стало обеспечение доступа всем категориям населения к безопасным источникам энергии и сокращение негативного воздействия энергетики на окружающую среду и климат.

Повышение роли энергетической безопасности способствует развитию технологий в энергетической области, открывает новые виды источников энергии и снижает зависимость стран-импортёров, что в свою очередь приводит к постепенному снижению стоимости ископаемых источников. В течение продолжительного периода времени ведутся масштабные

⁴⁹ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 228 – 230.

⁵⁰ Там же.

исследования, посвящённые негативному влиянию различных факторов на окружающую среду и климат, благодаря чему была выявлена прямая взаимосвязь между выбросами парниковых газов вследствие генерации энергии и климатическими изменениями, влекущими за собой природные катаклизмы в виде засух, наводнений и пожаров. Для мониторинга и ограничения объема эмиссий до уровня, который позволит избежать необратимых последствий, в 1992 г. была подписана Рамочная конвенция ООН об изменении климата, которую подписало большинство государств, а также ратифицировали 92 страны и организации. В 1997 г. был подписан один из ключевых документов, дополняющий Рамочную конвенцию – Киотский протокол, предполагающий снижение выбросов парниковых газов и противодействие глобальному потеплению. В настоящее время насчитывается 192 участника протокола – 191 государство и Европейский Союз. В рамках протокола признается неравенство государств в возможностях противодействию негативных изменений климата ввиду различий в уровнях экономического развития, в связи с чем у каждого государства установлены свои количественные обязательства по сокращению выбросов. 12 декабря 2015 г. было принято Парижское соглашение, к которому присоединилось уже 189 стран⁵¹. Парижское соглашение также обязывает ограничить выбросы CO₂ в атмосферу.

Обострение мирового финансового кризиса в 2008 – 2009 гг. обозначило необходимость изменения курса многих государств на устойчивое экономическое развитие с минимизацией негативного влияния экономической деятельности человека на природу и среду его обитания. Мировое сообщество

⁵¹ Парижское соглашение на официальном сайте Организации Объединенных Наций. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (дата обращения: 10.05.2022)

осознано, что улучшение экономических показателей в топливно-энергетическом комплексе при условии использования традиционных технологий либо негативно отражается на экологии, либо, при условии минимизации экологических рисков, не может удовлетворить растущие потребности населения Земли в электроэнергии и ставит под угрозу энергетическую безопасность государств, зависящих от импорта энергоносителей. Стремления к энергетической независимости и к энергосбережению, как к скрытому резерву динамического роста экономики, привело ряд стран к «зеленой экономике», которая подразумевает рост производства при стабильном снижении энергозатрат и негативного влияния на природу. Зеленая экономика подразумевает расширение использования альтернативной энергетики, чему значительное внимание уделяется в Китае, Японии, Германии, США, Италии и ряде других стран, занимающих лидерские позиции в данной сфере⁵².

Одним из ключевых моментов для ускорения внедрения и продвижения альтернативной энергетики было принятие ООН в 2015 г. Конвенции по изменению климата, в рамках которого 195 государств заявили о необходимости сдерживания глобального потепления путем постепенного ухода от традиционной углеродной энергетики. Динамичный рост конкурентоспособности альтернативной энергетики способствует ее активному развитию на Востоке и во всем мире. Фактором, в значительной мере повлиявшим на повышение конкурентоспособности ВИЭ, является успешное внедрение технологий накопления энергии.

⁵² Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 9 – 10.

Страны-импортеры активно инвестируют в ВИЭ для уменьшения доли ископаемых источников в энергобалансе и минимизацией рисков, связанных с колебанием цен на энергоресурсы. В 2006 г. доля ВИЭ в мировом энергопотреблении составляла около 18%, а в 2019 г. показатели составили уже около 27%. Особо показательной является ситуация в Европе, где отчетливо видится энергетический кризис, социально-экологические настроения населения и зависимость от поставок традиционных энергоресурсов, вынуждающие разрабатывать стратегии по энергосбережению и стимулировать развитие нетрадиционной энергетики. Наиболее эффективно подобная программа функционирует в Дании, которая повысила налоги на углеводороды, чем стимулировала развитие ВИЭ. В 1991 г. именно в Дании была возведена первая в Европе ветроэнергетическая установка. Кроме того, была поставлена амбициозная задача к 2050 г. производить 100% электроэнергии из возобновляемых источников. Если сравнивать Данию с одним из ключевых игроков на рынке ВИЭ, то в Германии доля альтернативных источников перешагнула порог в 1% в общем потреблении в 1990 г., а Дания – уже в 1970 г.⁵³. В Швеции наблюдается значительное сокращение выработки электроэнергии из ископаемого топлива – с 80% в 1970 г. до 37% в 2009 г., при этом выросла доля выработки электричества из биотоплива – 32% уже в 2009 г.⁵⁴.

Большинство стран-экспортеров нефти и газа демонстрируют схожие стремления к развитию ВИЭ. В частности, Саудовская Аравия создала программу «по обеспечению лидерства солнечной и ветровой энергетике с целью перехода к 2040 г. от экспорта ископаемых источников к экспорту

⁵³ Шувалова О. В., Стоянова М. –Й. Указ. соч. С. 315 – 333.

⁵⁴ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 83 – 85.

электроэнергии»⁵⁵. В ОАЭ разрабатывается солнечный парк имени Мохаммеда би Рашида Аль Мактума – самая крупная в мире сеть солнечных электростанций, проект которой был запущен в 2012 г.⁵⁶. В 2019 г. в Оренбургской области в Российской Федерации была введена в эксплуатацию Григорьевская солнечная электростанция мощностью 10 МВт⁵⁷.

В развитие возобновляемой энергетики инвестируется около 40% от общих вложений в выработку энергии. Из \$200 млрд около 140 млрд приходится на США и Китай – признанных лидеров во внедрении ВИЭ, что позволяет продвигать новые технологии и снижать себестоимость⁵⁸.

Таким образом, в последнее время отмечается повышенное внимание мирового сообщества к альтернативной энергетике. Несмотря на это, традиционная энергия все еще играет ключевую роль как в мировом топливно-энергетическом балансе, так и в структуре электрогенерации. Однако доля возобновляемых источников энергии по состоянию на 2020 г. уже составляет порядка 26%, а себестоимость электроэнергии из альтернативной энергии вплотную приблизилась к стоимости электричества из традиционных источников⁵⁹.

Лидером по мощности выработки энергии из ВИЭ в целом является Китай, доля которого составляет 38%. К 2020 г. 164 страны приняли политику по

⁵⁵ Проскуракова Л. Н., Ермоленко Г. В. Возобновляемая энергетика 2030: глобальные вызовы и долгосрочные тенденции инновационного развития. М.: НИУ ВШЭ, 2017. С. 8 – 9.

⁵⁶ Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park - a leading project that promotes sustainability in the UAE // Government of Dubai. URL: <https://www.dewa.gov.ae/en/about-us/media-publications/latest-news/2019/03/mohammed-bin-rashid-al-maktoum-solar-park> (дата обращения: 10.05.2022)

⁵⁷ В Оренбуржье введена в эксплуатацию очередная солнечная электростанция // Издательство «Коммерсантъ». URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3991889> (дата обращения: 10.05.2022)

⁵⁸ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 232.

⁵⁹ Там же, с. 230 – 234.

дальнейшему развитию ВИЭ, следованию «стандартам портфолио альтернативной энергетики» и увеличению инвестиций в отрасль.

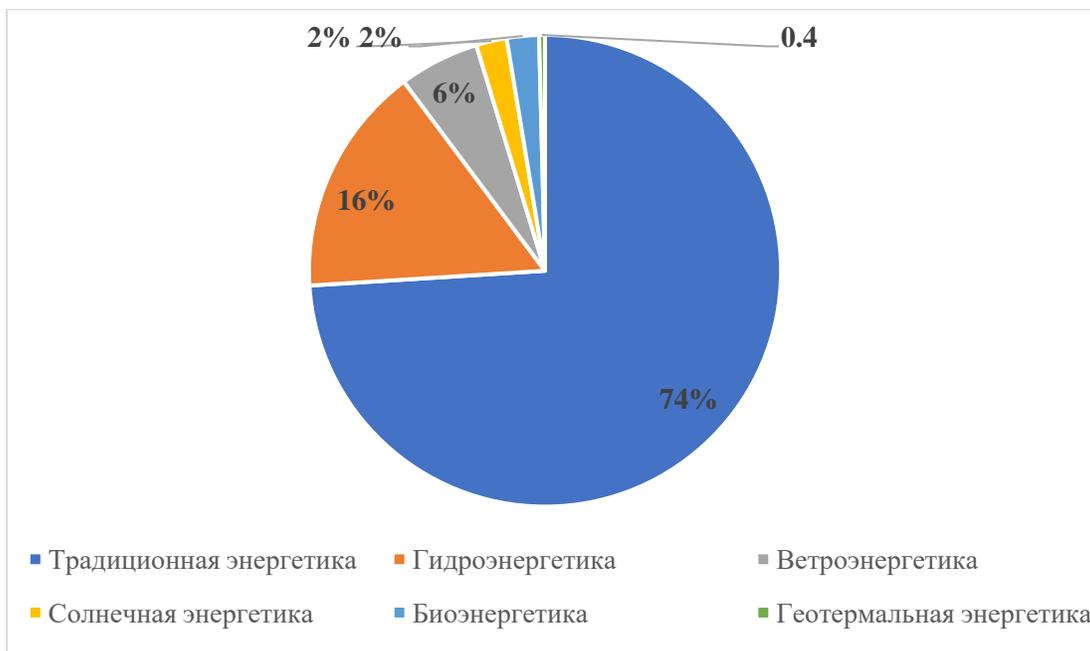


Рис. 1.2. Структура мировой электрогенерации (2019 г.)

Источник: Мировая энергетика // EES EAEC. URL: <http://www.eeseaec.org> (дата обращения 10.05.2022)

В настоящее время энергетический сектор переживает очередной переходный период, т. к. большинство стран обозначили свои стремления в развитии альтернативной энергетики для осуществления всеобщего доступа к стабильным и современным источникам энергии и снижению выбросов CO₂ в атмосферу. Поиск новых технических решений, стремление к уменьшению негативного влияния на окружающую среду и к снижению роли нефти и газа в мировом топливно-энергетическом балансе открывают новые возможности для развития такой отрасли, как альтернативная энергетика.

На основе рассмотренных в данной главе предпосылок и ступеней формирования и развития альтернативной энергетики были обозначены следующие выводы:

1. мировое сообщество довольно рано осознало то, что запасы ископаемых ресурсов ограничены, в связи с чем в XX в. начались масштабные исследования по поиску достойной им замены;

2. доминирующее положение нефти и газа в мировом топливно-энергетическом балансе привело к негативным последствиям для окружающей среды и климата, что стало дополнительным толчком к продвижению низкоуглеродных технологий и использованию экологически чистых видов топлива;

3. альтернативная энергетика – наиболее перспективная отрасль энергетики, включающая в себя возобновляемые источники энергии, внедрению которых на данный момент уделяется особое внимание;

4. Несмотря на наличие преимуществ, у наиболее широко используемых возобновляемых источников, таких как солнечная и ветряная энергия, существует ряд недостатков, среди которых: зависимость мощности выработки электроэнергии от погодных условий, прерывистость цикла выработки, сложности с установкой, эксплуатацией и утилизацией оборудования, а также относительно высокая стоимость аккумулирования электроэнергии по сравнению с ископаемыми источниками.

Глава 2. Развитие альтернативной энергетики в Японии

2.1 Формирование текущего энергетического баланса Японии

Япония обладает незначительными энергетическими ресурсами в силу природно-географических особенностей. Страна всегда связывала энергетическую самодостаточность с национальной безопасностью из-за отсутствия природных ресурсов и своей изолированной, а также достаточно фрагментированной национальной электросети. Для многих государств обеспечение энергетической безопасности находится в числе приоритетных задач, однако для Японии это является серьезной проблемой, которую планируется решать в т.ч. посредством увеличения доли самообеспечения за счет расширения использования альтернативных источников энергии.

В первой половине XX в. ключевая роль в энергетическом балансе принадлежала углю – около $\frac{3}{4}$ энергопотребления в Японии составляло твердое топливо. В годы Второй Мировой войны доминирующее положение в мировом энергобалансе заняла нефть в связи с ее активным использованием в качестве топлива для военной техники. Япония и Германия стремились получить доступ к нефтяным месторождениям в Юго-Восточной Азии и на Кавказе, однако их планы не осуществились, и более 85% месторождений находились под контролем антигитлеровской коалиции ⁶⁰.

Около полувека назад Япония определила свою энергетическую политику, основанную на энергосбережении и снижении внутренних потребностей от импортируемого ископаемого топлива ⁶¹. Политику

⁶⁰ Экономика Японии: учебник / под ред. проф. С. А. Белозёрова, проф. С. Ф. Сутырина. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2021. С. 96 – 97.

⁶¹ Berghammer H. Der Top-Runner-Ansatz. Japans Weg zur Energieeffizienz im Haushalt. Hamburg: Diplomica Verlag, 2010. p. 6 – 8.

энергосбережения можно условно разделить на три этапа. Начальным этапом принято считать 1960 –1970 гг., который пришелся на период возникновения такого понятия как «экономическое чудо»⁶². Данный период характеризуется перестройкой первичного энергобаланса со снижением доли угля и наращиванием поставок нефти для ускоренного развития промышленного сектора, в связи с чем можно заключить, что стремление страны к снижению зависимости от импорта энергоресурсов еще не проявились в полной мере. В 1960-х гг. Япония приступила к активному развитию атомной энергетики с целью снижения зависимости от импорта энергетических ресурсов и повышения энергетической безопасности. Первый прототип атомного реактора был построен в 1963 г.⁶³. С возникновением нефтяных кризисов в 1970-х гг. Япония окончательно осознала свою энергетическую зависимость от стран Персидского залива, так как на тот момент времени доля нефти в энергетическом балансе достигла 71%. Использование нефти росло быстрыми темпами – более 18% ежегодно, а уровень энергетической самообеспеченности снизился в 1970-х гг. с 58% до 15%⁶⁴. «Фундаментальная уязвимость» Японии от энергоресурсов, поставляемых из стран Ближнего Востока, стала серьезной проблемой, требующей внедрения инноваций, развития технологий и диверсификации источников энергии⁶⁵.

⁶² Стрельцов Д.В. Политика Японии в сфере энергосбережения: исторические и правовые аспекты // Ежегодник Японии. 2011. № 40. С. 18 – 37.

⁶³ Antonov V. Die geschichtliche Entwicklung der Energieversorgung in Japan. Hamburg: GRIN Verlag, 2013. P.18.

⁶⁴ Энэруги: кихон кэйка, рэйва саннэн дзю: гацу (Основной энергетический план, октябрь 2021 г.) URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

⁶⁵ Энэруги: канкэй гидзюцу кайхацу ро:до маппу. Хэйсэй 26 нэн 12 гацу. Кэйдзай сангё: сё: (Дорожная карта развития энергетических технологий // Токио. Министерство экономики, торговли и промышленности. 2014). URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/for_energy_technology/pdf/141203_roadmap.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

Второй этап энергетической политики, основанной на сокращении использования энергетических ресурсов, пришелся на 1970-1980 гг., т. е. на период умеренных темпов экономического роста, характеризующийся активизацией курса на энергосбережение в промышленности, сфере услуг и жилищно-бытовом секторе⁶⁶. Основой энергетических мер стало уменьшение роли нефти и переход на ядерную энергетику, природный газ и каменный уголь. Кроме того, рассматривалась возможность частичной перестройки энергетического сектора на альтернативные источники энергии. В результате ряда мер доля нефти в первичном балансе была снижена до 57% к 1990 г.⁶⁷.

На третьем этапе (1990 – 2000-е гг.) Япония обратила внимание на изменение климата и глобальное потепление. Энергетическая политика реализовывалась в условиях низких темпов экономического роста и застоя в экономике и опиралась на развитие низкоуглеродных технологий. Для снижения зависимости от импортируемых энергоресурсов в 2006 г. была разработана «Новая государственная энергетическая стратегия», которая рассчитана на 25 лет. Основными задачами стратегии были обозначены: снижение энергоемкости ВВП, снижение доли нефти в первичном энергобалансе, снижение зависимости транспорта от поставок нефтепродуктов и увеличение доли атомной энергии в энергобалансе страны до 40%. Кроме того, предполагалось за счет диверсификации источников энергии повысить уровень самообеспеченности энергией до 70% к 2030 г., делая ставку в основном на ядерную энергетику⁶⁸.

⁶⁶ Стрельцов Д.В. Указ. соч. С. 18 – 37.

⁶⁷ Экономика Японии: учебник. С. 99 – 102.

⁶⁸ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 87 – 89.

В 2011 г. произошла авария на атомной электростанции «Фукусима-1», что поставило под угрозу полной ликвидации ядерную энергетику⁶⁹ и дало толчок к развитию возобновляемой энергетики. Япония стала одним из крупнейших импортеров СПГ, нефти и угля, в связи с чем она была вынуждена переориентироваться на оптимизацию потребления первичных энергоресурсов. Государственное регулирование энергоэффективности было закреплено законом «О рациональном использовании энергии»⁷⁰, целью которого стало обеспечение эффективного использования энергетических ресурсов в таких сферах, как энергоснабжение на промышленных предприятиях, энергосбережение при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений и энергопотребление оборудования. Министерство экономики, торговли и промышленности определило ряд задач в соответствии с данным законом: стимулирование эффективного потребления, определение мероприятий для осуществления эффективного использования энергоресурсов, проведение исследований спроса и предложения и пр.

Авария на АЭС «Фукусима-1» заставила японские власти в корне пересмотреть энергетическую политику страны. В связи с практически полной остановкой работы АЭС на территории Японии доля атомной энергии в электрогенерации упала с 25% до 1%. Временный отказ от ядерной энергии вынудил Японию нарастить импорт энергоресурсов, в связи с чем уровень СПГ вырос с 29% до 43% соответственно. Кроме того, использование нефти в

⁶⁹ Пипия Л. К., Дорогокопец В. С. Энергетическая политика Японии // Наука за рубежом. Институт проблем развития науки РАН. 2017. №60. С. 12 – 15.

⁷⁰ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 91.

производстве электричества выросло практически в два раза с 8% в 2010 г. до 14% в 2013 г.)⁷¹.

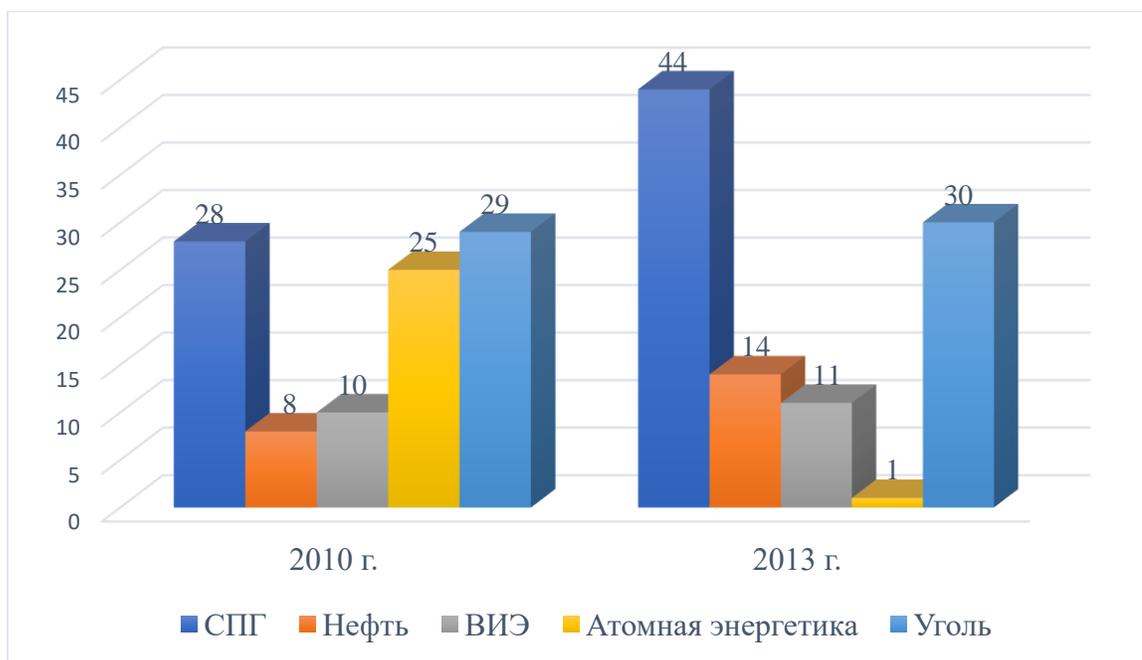


Рис. 2.1. Изменения в структуре производства электричества

Источник: Агентство природных ресурсов и энергетики Японии. URL: <https://www.enecho.meti.go.jp/> (дата обращения: 10.05.2022)

Вместо атомной энергетики Япония решила ввести систему зеленых тарифов⁷², активно функционирующую в Германии с 1990 г., для расширения производства возобновляемой энергии. После того, как Наото Кан (菅直人) ушел с поста премьер-министра в сентябре 2011 г., Ёсихико Нода (野田 佳彦) из той же Демократической партии занял пост премьер-министра и решил сократить количество атомных электростанций до нуля к 2030 г.

⁷¹ Министерство экономики, торговли и промышленности Японии URL: <http://www.meti.go.jp> (дата обращения: 10.05.2022)

⁷² Зелёный тариф (англ. Feed-in tariff) — экономический и политический механизм, предназначенный для привлечения инвестиций в технологии использования возобновляемых источников энергии.

Демократическая партия Японии потерпела поражение на всеобщих выборах 2012 г., и к власти вернулась Либерально-демократическая партия, которая приняла решение нарастить выработку электроэнергии атомными электростанциями до 20 – 22% за счет включения в работу атомных реакторов и постепенно продолжить развивать атомную энергетику в стране. Решение о дальнейшем развитии ядерной энергетики было закреплено в четвертом энергетическом плане Японии, выпущенном в 2014 г.⁷³.

В области энергетики Япония идет в основном по «европейскому пути» как в производстве и потреблении электроэнергии, так и в вопросе сокращения выбросов CO₂, однако по показателям энергоэффективности всё еще отстает от Европы и Китая⁷⁴. В 2018 г. Министерство экономики, торговли и промышленности выпустило пятый энергетический план, определивший вектор дальнейшего развития японской энергетики и обозначивший необходимые для реализации задачи. Согласно данным 2018 г., без учета ядерной энергетики Япония обеспечивает себя энергетическими ресурсами лишь на 8% (с учетом ядерной энергетики около 20%), в то время как Россия – на 188 и 196% соответственно. В связи с этим Японии необходимо рассмотреть меры по стабильному снабжению энергией, необходимой для поддержания общества, по экономически разумной цене с социальной, научной и технической точек зрения⁷⁵.

⁷³ Кан Наото. Фукусима гэнхацу дзико то сайсэй кано: энэруги: но сё:рай (Авария на Фукусима и будущее возобновляемой энергетики). URL: <https://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctt20d89f7.3?seq=1> (дата обращения: 10.05.2022)

⁷⁴ Белов А. В. Япония. Экономика и бизнес. СПб.: Издательство СПбГУ, 2017. С. 177 – 178.

⁷⁵ Тайё: нэцу риё: сисутэму мотто цукао: тайё:нэцу кэйдзай сангё:сё: энэруги тё: иппан сяданхо:дзин со:ра сисутэму синко: кё:кай (Мы и энергия. Пособие для преподавателя с комментариями // Министерство экономики, торговли и промышленности. Агентство энергетических ресурсов) URL:

Согласно пятому энергетическому плану, Япония сделала акцент на развитие возобновляемой энергетики и заявила о необходимости расширения инвестирования данной области. Основой энергетической политики государства была провозглашена концепция «3E + S»: Energy Security (энергетическая безопасность), Environment (окружающая среда), Economic Efficiency (экономическая эффективность) + Safety (безопасность)⁷⁶. Было сформировано два перечня задач – на краткосрочную (2030 г.) и долгосрочную (2050 г.) перспективу. К 2030 г. планировалось сократить выбросы парниковых газов на 26%, достичь планируемых показателей энергобаланса, заложить необходимую основу для стабильного развития ВИЭ, повысить безопасность ядерной энергетики и улучшить расчет рисков возникновения аварий и природных катаклизмов. К 2050 г. Япония намеревалась снизить выбросы CO₂ на 80% от текущих показателей, представленных на графике ниже, сделав возобновляемую энергетику основным источником электроэнергии, развивать водородную энергетику и совершенствовать технологии накопления энергии⁷⁷. Постепенное внедрение ВИЭ уже дало первые результаты – в 2019 г. был зафиксирован рекордно низкий уровень выбросов углекислого газа⁷⁸. Тем не менее, несмотря на значительные сдвиги

https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/tyousakouhou/kyouikuhukyu/fukukyouzai/ck/pdf/book_ex.pdf

(дата обращения: 10.05.2022)

⁷⁶ Подоба З. С. Энергетическая стратегия и переход к зелёной энергетике в Японии // Японские исследования. 2021. №1. С. 6 – 24.

⁷⁷ Strategic Energy Plan. July, 2018 // METI. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/5th/pdf/strategic_energy_plan.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

⁷⁸ Рэйва саннэн ханкё: хакусё дзюнкангатасякай хакусё сэйбуцу таё:сэй хакусё: (гайё:) (Годовой отчет третьего года эпохи Рэйва по вопросам окружающей среды, рациональному обществу, ориентированному на переработку, годовой отчет по биологическому разнообразию (резюме). Токио. Министерство окружающей

в сокращении, доля Японии в глобальных выбросах диоксида углерода является значительной и составляет 3,2 % (10.8 млрд тонн), в то время как доля Германии, которая рассматривается в следующей главе, составляет лишь 2,1% или 7 млрд тонн⁷⁹.

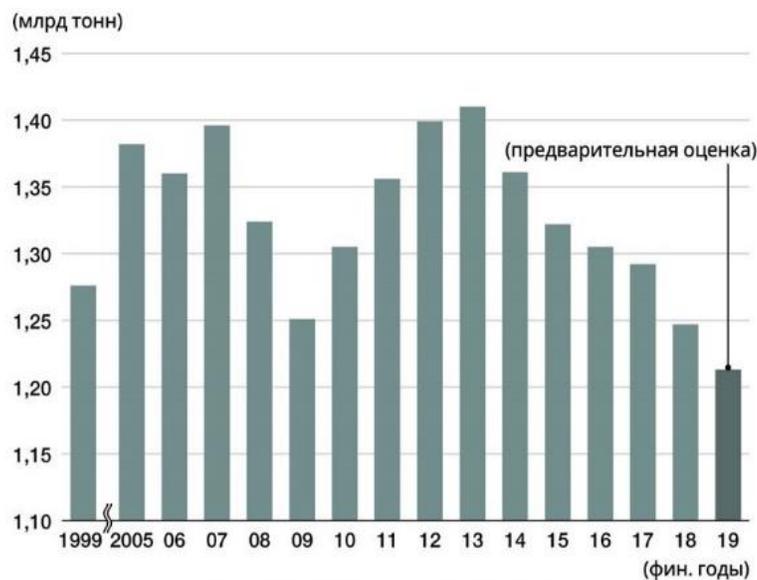


Рис. 2.2. Выбросы парниковых газов в Японии

Источник: Агентство природных ресурсов и энергетики Японии. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

Несмотря на заявления о необходимости сокращения выбросов CO₂ в атмосферу, Япония продолжает активно инвестировать в проекты, связанные с ископаемым топливом. Японские финансовые учреждения по-прежнему входят в число лидеров по инвестициям в строительство угольных

среды. 2021 г.). URL: https://www.env.go.jp/policy/210608_R03hakusho_gaiyou.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

⁷⁹ Нихон но энэруги: энэруги: но има о сину дзю: но мондай (Энергетика Японии. 10 вопросов, чтобы узнать о текущей ситуации в энергетике) // Agency for Natural Resources and Energy. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

электростанций. На международном угольном рынке японской стороной было предоставлено финансирование на общую сумму около 5,2 млрд долл. на добычу полезных ископаемых, производство электроэнергии из угля и на экспорт угольных энергетических технологий. На сегодняшний день Япония является единственной страной из G7 («Большой семёрки»), владеющей значительным портфелем проектов по строительству УЭС⁸⁰.

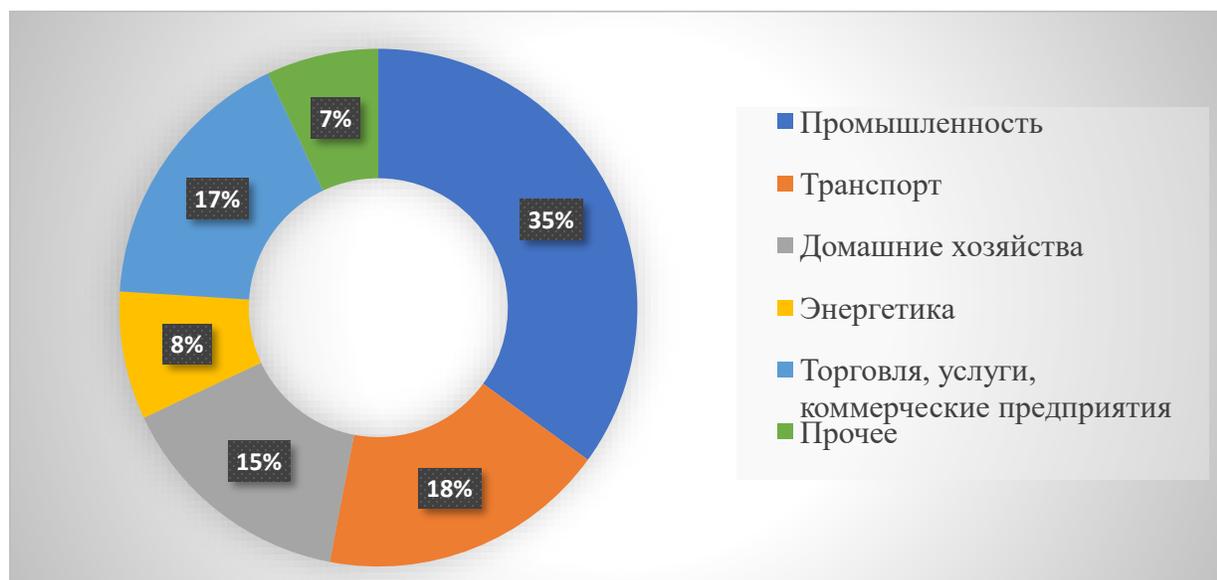


Рис. 2.3. Доли выбросов парниковых газов в Японии

Источник: Министерство экономики, торговли и промышленности Японии. URL: <https://www.meti.go.jp/> (дата обращения: 10.05.2022)

Рассмотрим доли выбросов газов различными секторами японской экономики, изображенные на диаграмме выше. Значительная часть – 35% – «выбрасывается» промышленностью, на втором месте по уровню выбросов стоят транспорт и торговля – 18 и 17% соответственно, около 15% приходится на домашние хозяйства, на энергетику – 8%. Достичь углеродной

⁸⁰ G20 coal subsidies: Japan // ODI. URL: <https://odi.org/en/publications/g20-coal-subsidies-japan/> (дата обращения: 10.05.2022)

нейтральности планируется за счет использования возобновляемых источников энергии и полной утилизации углекислого газа, вырабатываемого на предприятиях.

Японское правительство обозначило осуществление ряда мер, среди которых: закрепление низкоуглеродной структуры спроса на электроэнергию внутри страны, повышение уровня энергетической независимости за счет улучшения показателей стабильности выработки и укрепления энергосети, а также реформирование системы налогообложения для стимулирования технических разработок в энергетическом секторе.

В октябре 2021 г. был обнародован шестой энергетический план, по которому Япония подтвердила свои намерения достичь углеродной нейтральности к 2050 г., которые были провозглашены в октябре 2020 г.⁸¹. Были внесены некоторые изменения касательно задач на 2030 г. – процент выбросов должен быть сокращен уже на 46%. Реагирование на изменение климата является важным фактором, влияющим на конкурентоспособность промышленности страны, в связи с чем, японское правительство рассматривает разработку технических «нейтральных» новинок как возможность для роста на международном уровне. Задача снизить выбросы к 2030 г. является весьма амбициозной, но, тем не менее, достижение ее необходимо для осуществления цели «углеродной нейтральности», в связи с чем многие технические инновации ближайших 10 лет будут связаны с «Задачей – 2030» и направлены на экологичность.

⁸¹ Энэруги: кихон кэйкаку, рэйва саннэн дзю:гацу (Основной энергетический план, октябрь 2021 г.) // METI. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

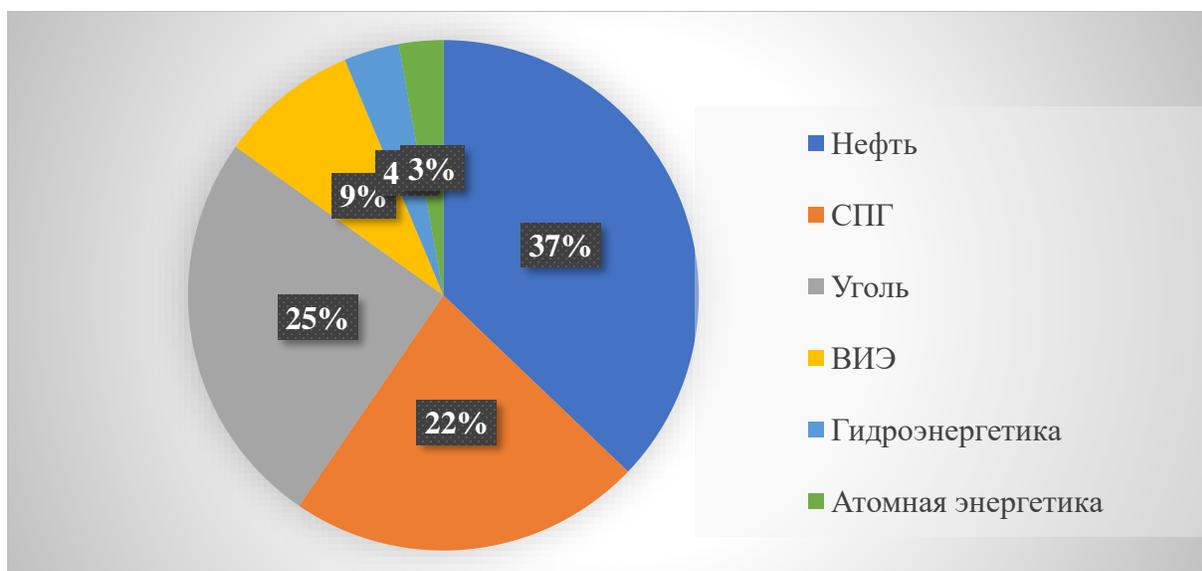


Рис. 2.4. Структура первичного энергобаланса Японии

Источник: Агентство природных ресурсов и энергетики Японии. URL: <https://www.enecho.meti.go.jp> (дата обращения: 10.05.2022)

В структуре снабжения первичной энергией до сих пор значительную роль играют традиционные источники энергии: наибольшую долю занимает нефть – более 37% и каменный уголь – 25,3 %, однако стоит отметить возросшую роль ВИЭ – около 9%. Атомная энергия составляет около 3% и, согласно энергетическому плану, продолжит расти. К 2030 г. доля «атома» в общей генерации должна составить порядка 20 – 22%⁸².

97,7% природного газа, который составляет около 1/4 от первичного энергетического баланса, приходится на импорт. Ключевыми поставщиками СПГ в Японию являются Австралия (39,1%), Малайзия (14,2%), Катар (11,7%)

⁸² Энэруги: кихон кэйка, рэйва саннэн дзю: гацу (Основной энергетический план, октябрь 2021 г.)

URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

и Россия (8,2%)⁸³. В марте 2022 г. Президент Российской Федерации объявил о том, что с 1 апреля 2022 г. расчеты за поставки природного газа в «недружественные страны», к которым была отнесена Япония, будут осуществляться в рублях⁸⁴. Япония выразила свое несогласие с данным постановлением и отказалась производить оплату в рублях, начав переговоры о наращивании поставок с другим поставщиком СПГ – Катаром⁸⁵.

Более 99% каменного угля, который составляет 1/4 первичного энергобаланса, поставляется в Японию из-за рубежа. Несмотря на то, что основными поставщиками являются Австралия (59,6%) и Индонезия (15,9%), доля России в поставках также довольно существенна – 12,5%. В апреле 2022 г. министр экономики, торговли и промышленности Японии Коити Хагиуда (萩生田 光一) заявил о том, что Япония совместно со странами «большой семерки» планирует постепенно сокращать импорт угля из Российской Федерации, однако сроки полного отказа от российского угля ещё не были обозначены⁸⁶. В свою очередь, японская энергетическая компания Kyushu

⁸³ Нихон но энэруги: энэруги: но има о сирү дзю: но мондай (Энергетика Японии. 10 вопросов, чтобы узнать о текущей ситуации в энергетике). URL: https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

⁸⁴ Указ о специальном порядке исполнения иностранными покупателями обязательств перед российскими поставщиками природного газа URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/68094> (дата обращения: 10.05.2022)

⁸⁵ LNG кё: кю: мэгури, сюё га дэнва кё:ги Ката:пу то (Премьер-министр ведет переговоры с Катаром о поставках СПГ) // Asahi Shimbun. URL: https://www.asahi.com/articles/DA3S15258931.html?iref=sp_ss_date_article (дата обращения: 10.05.2022)

⁸⁶ Росиа кара но сэкитан «Нихон но дайкай-тэки ни хэраси, дзэро ни» Хагиуда кэйсай-сё (Хагиуда, министр экономики, торговли и промышленности: «Поставки угля из России в Японию будут постепенно сведены к нулю») // Asahi Shimbun. URL: <https://www.asahi.com/articles/ASQ483C3PQ48ULFA002.html> (дата обращения: 10.05.2022)

Electric Power заявила о приостановке импорта российского угля, который является топливом для ТЭС, уже в 2022 г.⁸⁷

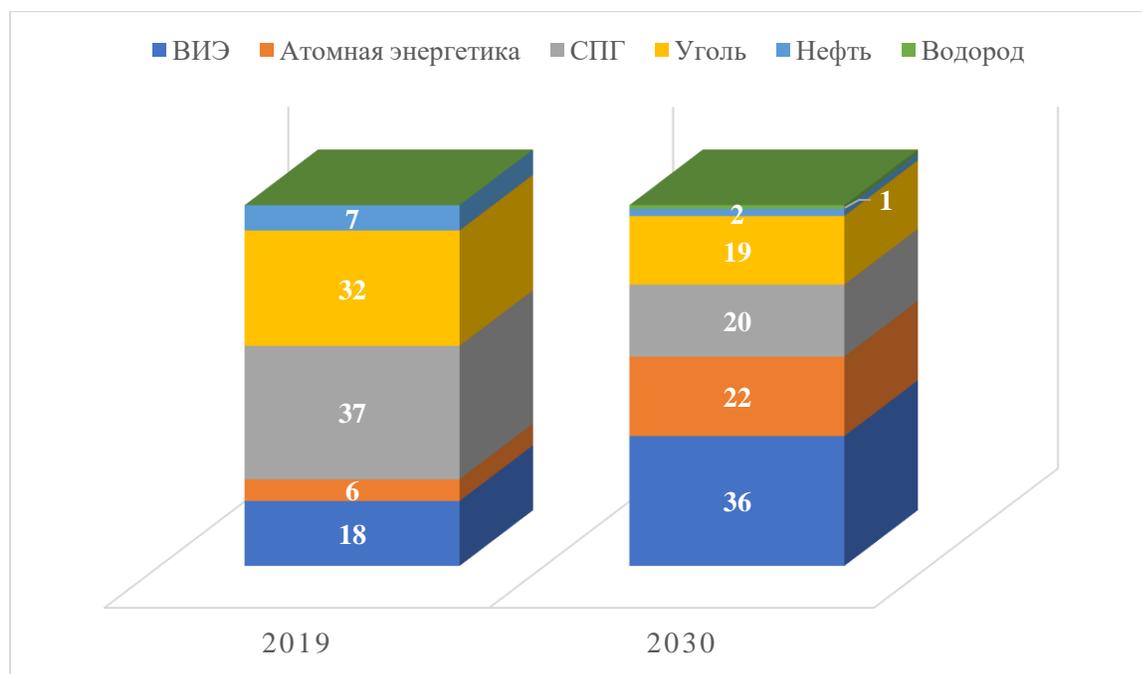


Рис.2.5. Структура электрогенерации в Японии в 2019 и 2030 гг. (по шестому энергетическому плану)

Источник: Агентство природных ресурсов и энергетики Японии. <https://www.enecho.meti.go.jp/> (дата обращения: 10.05.2022)

В текущей структуре электрогенерации Японии, показанной на диаграмме выше, зависимость от нефти выражена в меньшей степени, однако роль СПГ и угля все еще значительна – 37 и 32 % соответственно. На диаграмме показано, что доля ВИЭ составляет практически 1/5 от всех источников, и, согласно энергетическому плану, уже к 2030 г. будет составлять 36%.

⁸⁷ Кю: сю: дэнрёку Росиа-сан но сэкитан о коньэндо юно: тэйси ни (Kyushu Electric Power приостановит импорт российского угля в этом году) // NHK. URL: <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20220408/k10013573611000.html> (дата обращения: 10.05.2022)

Таким образом, структура спроса и предложения на энергоносители в Японии претерпевает серьезные изменения на фоне растущего глобального интереса к проблемам изменения климата и растущей геополитической напряженностью. Для создания сильной и стабильной структуры спроса и предложения на энергию в будущем необходимо, чтобы государственный и частный секторы продолжали активно взаимодействовать в вопросах продвижения инвестирования и налаживания диалога с бизнес-средой. С другой стороны, цены на электроэнергию в Японии все еще остаются на высоком уровне в т. ч. в связи с землетрясением и снижением уровня самообеспеченности. Что касается энергопотребления, ожидается, что с усилением роли цифровизации оно будет неуклонно расти, в связи с чем может остро встать проблема дефицита энергии.

2.2 Альтернативные источники энергии, применяемые на практике и их влияние на обеспечение энергетической безопасности государства

Проблема изменения климата признана общемировой, так как уже многие государства ощутили на себе последствия глобального потепления. В октябре 2020 г. в Японии была провозглашена цель – достижение углеродной нейтральности к 2050 г., а в апреле 2021 г. была запущена программа по снижению выбросов парниковых газов к 2030 г. на 46%⁸⁸. Реагирование на изменение климата является важным фактором, влияющим на конкурентоспособность промышленности страны, в связи с чем японское правительство рассматривает разработку технических «нейтральных» новинок как возможность для роста на международном уровне.

⁸⁸ Энэруги: кихон кэйка, рэйва саннэн дзю: гацу (Основной энергетический план, октябрь 2021 г.) URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

Согласно отчету Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), объем инвестиций в Японию в 2012 г. составил 16 миллиардов долларов США, и уже тогда занимал четвертое место в мире, в связи с чем можно сделать вывод, что рынок возобновляемых источников энергии Японии активно рос уже в начале 2010-х гг.⁸⁹. Согласно данным МЭТП, Япония занимает шестое место в мире по мощности выработки энергии из возобновляемых источников – 132 ГВт в год, а по мощности выработки из солнечной энергии – третье место в мире (72 ГВт), уступая лишь США (95 ГВт) и КНР (253 ГВт)⁹⁰. Япония является одним из ключевых мировых инвесторов в развитие ВИЭ. В 2019 г. она заняла третье место по объемам инвестиций в отрасль – 16,5 млрд долл. В 2019 г. инвестиции в биомассу в Японии выросли на 26% - до 2,6 млрд долл.⁹¹.

Солнечная энергетика – одно из наиболее перспективных энергетических направлений, развивающееся во многих странах, в т. ч. и в Японии. Исходной точкой развития отрасли стало введение программы субсидирования частных фотовольтаических панелей, покрывающих около 50% стоимости оборудования, что позволило уже в 2004 г. перешагнуть отметку установленных мощностей в 1 ГВт. Однако в дальнейшем темпы развития солнечной энергетике заметно снизились в связи с наращиванием мощностей

⁸⁹ Мацубара Хиронао. Нихон но сайсэйкано: энэруги: то:кэй э но торикуми то конго но кадай (Инициативы и текущие проблемы статистических данных и перспектив возобновляемых источников энергии в Японии). URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jweasympo/35/0/35_315/_article/-char/ja (дата обращения: 10.05.2022)

⁹⁰ Нихон но энэруги: энэруги: но има о сирү дзю: но мондай (Энергетика Японии. 10 задач, чтобы узнать о текущей ситуации в энергетике) URL: https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

⁹¹ Global trends in renewable energy investment 2020 // FS-UNEP Colaborating Centre. 2020. URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32700/GTR20.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 10.05.2022)

ядерной энергетики, которая стала наиболее приоритетной энергетической сферой⁹². 1 июля 2012 г. в Японии была официально введена система «зеленого тарифа» (система FIT) на электроэнергию из возобновляемых источников, а также был издан «Закон о специальных мерах, касающихся закупки электроэнергии, производимой из возобновляемых источников электроэнергии». Данную систему во всем мире считают сильным стимулом для распространения возобновляемой электроэнергии, и она уже успела себя зарекомендовать уже в 80 странах мира. Указанные меры способствовали снижению себестоимости электричества из солнечной энергии, повысили ее конкурентоспособность и повысили цену выкупа электрической энергии до уровня Германии, являющейся одним из лидеров в фотовольтаике. Помимо этого, в 2022 г. планируется ввести в дополнение к системе льготных тарифов систему премий на местах (FIP), в которой доходы энергетических компаний будут зависеть от цен на оптовом рынке электроэнергии⁹³. В 2013 г. в префектуре Кагосима была введена в эксплуатацию крупнейшая солнечная электростанция морского базирования, для которой ранее был создан насыпной остров⁹⁴. Тем не менее, наблюдаются тенденция к сокращению рынка фотовольтаических систем в 2020 – 2025 гг., что связывается со снижением цен на оборудование, пандемией и пр. Несмотря на падение цен и сокращение использования систем в промышленности, на бытовом уровне показатели практически останутся стабильными. Ведущими игроками на

⁹² Социально-экономическая география Японии: учебное пособие для студентов вузов / под ред. И. С. Тихоцкой. М.: «Аспект Пресс», 2016. С. 252 – 255.

⁹³ Исимару Мина. Сайсэй кано: энэруги: но какудай то ко:порэ:то (Расширение использования возобновляемых источников энергии и соглашения о покупке электроэнергии PPA) // Кё:сай со:кэн репо:то. 2021. №173. Р. 10 – 17.

⁹⁴ Социально-экономическая география Японии: учебное пособие для студентов вузов / под ред. И. С. Тихоцкой. М.: «Аспект Пресс», 2016. с. 253.

рынке являются: Panasonic, Sharp, Kyocera, Toshiba, Mitsubishi Electric и Solar Frontier. Среди зарубежных компаний следует отметить Hanwha Q Cells (Корея), Canadian Solar Japan (Канада), JA Solar Japan (КНР), Yingli Green Energy Japan (КНР) и Trina Solar Japan (КНР).

В настоящее время ведутся масштабные исследования по производству оборудования для осуществления гибкого, легкого и высокоэффективного производства солнечной энергии. Текущая мощность выработки из энергии Солнца в Японии составляет 69 000 МВт⁹⁵. Тем не менее, стоит отметить, что добиться такого показателя Японии удалось фактически за счет фотоэлектрического оборудования, установленного в основном для удовлетворения бытовых потребностей на крышах домов, а не за счет крупных СЭС наземного базирования.

Несмотря на многочисленные споры касательно принадлежности гидроэнергетики к возобновляемым источникам энергии, автор данной работы считает необходимым рассмотреть гидроэнергетические ресурсы в Японии в связи с тем фактом, что именно данный вид энергии представляет собой наибольшую долю в структуре ВИЭ. Строительство гидроэлектростанций в Японии началось еще в эпоху Мэйдзи. В 1890 г. было завершено строительство первой станции, находящейся в Японии. В этом же году в районе озера Бива заработала первая в мире коммерческая гидроэлектростанция, в связи с чем Японию можно считать «пионером в производстве гидроэлектроэнергии»⁹⁶. Довольно долгое время

⁹⁵ Renewable capacity statistics 2021 // IRENA. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

⁹⁶ Исикава Кэндзи. Op. cit. P. 107 – 111.

гидроэнергетика считалась одним из основных источников электроэнергии в Японии. Строительство крупных электростанций Сакума (1956 г.), Окутадами (1960 г.), Куробэ (1961 г.) продолжалось даже после военных действий, несмотря на сильную ограниченность в ресурсах. Территория около некоторых гидроэлектростанций была облагорожена и превращена в парки, в связи с чем многие энергетические объекты стали популярными туристическими направлениями. Существует серьезная проблема нехватки территорий для возведения новых гидроэлектростанций, т. к. на территории Японии уже построено достаточно много крупномасштабных станций, из-за чего возведение новых сооружений для развития отрасли довольно проблематично, однако ряд японских исследователей считает, что потенциал гидроэнергетики еще не полностью исчерпан⁹⁷. Исходя из последних данных, установленная мощность выработки гидроэнергетики в Японии составляет 50 016 МВт. Наиболее мощными ГЭС в стране являются: Окутагами (560МВт), Миянака (449 МВт) и Тагокура (390 МВт).⁹⁸

Особое внимание японское руководство уделяет рынку ветроэнергетики. В Японии существуют определенные правила и предписания для возведения вышек и оборудования в целом, в связи с чем сроки строительства и введения в эксплуатацию могут составлять несколько лет, что часто становится преградой для установки новых мощностей⁹⁹. Тем не менее, после введения отдельной категории закупок ветровой энергетики в рамках системы FIT

⁹⁷ Исигава Кэндзи. *Op. cit.* P. 107 – 111.

⁹⁸ Renewable capacity statistics 2021 // IRENA. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

⁹⁹ Хаяси Цутому. Сидзэн энэруги: хацудэн но кано:сэй то гэнкай (Ограничения и возможности в сфере альтернативной энергетики) // Нихон гэнсирёку гаккайси. 2012. №2. P. 90 – 97.

наблюдается динамичное развитие данного вида возобновляемых источников. Ожидается, что количество проектов ветроэнергетики сильно возрастет к 2025 г. в связи с наращиванием добычи энергии офшорными компаниями для создания полноценного рынка офшорной ветроэнергетики. Рынок ветроэнергетических систем характеризуется высокой долей иностранных производителей, среди которых Vestas Wind Technology Japan (Дания), Japan GE (США) и ENERCON Services Japan (Германия). Среди японских компаний следует отметить Mitsubishi Heavy Industries, Japan Steel Works, Ltd. и Hitachi, Ltd. Мощности ВЭС в Японии в 2020 г. составили 4206 МВт, что в значительной мере превышает показатели 2019 г. – 3 786 МВт¹⁰⁰, указывая на повышенный интерес японских властей к развитию ветряной энергетики.

Развитие производства электричества из биомассы – шаг Японии к нулевым выбросам парниковых газов и развитие вторичной переработки биологических ресурсов. В настоящее время активно развивается серия проектов в данной области. В г. Хита, где лесозаготовка является основой промышленности, действует электростанция, функционирующая на лесных отходах и древесной щепе. Мощность данной ЭС составляет порядка 5,7 тыс. кВт. На ферме Кудзумаки энергоснабжение происходит за счет преобразования продуктов жизнедеятельности крупного рогатого скота на оборудованной электростанции мощностью 37 кВт. Наиболее крупные энергетические объекты – электростанции Кэйхин (49 тыс. кВт) и Манива (10.256 кВт) – работают на исключительно чистом топливе – древесные гранулы и прореживающая древесина, что стимулирует лесную промышленность на

¹⁰⁰ Renewable capacity statistics 2021 // IRENA. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

местах. Еще один интересный проект осуществляется крупной японской энергетической компанией Tokyo Gas Co, которая приступила к опытному производству электричества из морских водорослей, где для работы газовых генераторов используется метан, выделяемый из мелко изрубленных водорослей¹⁰¹. Общая мощность выработки энергии из биомассы составляет около 1600 МВт.

Япония расположена в вулканическом поясе, в связи с чем использование геотермального тепла начало привлекать внимание японцев еще в ранний послевоенный период. Первая геотермальная электростанция была введена в эксплуатацию в 1966 г., однако мощности геотермальной энергетики до сих пор находятся на довольно скромном уровне – 525 МВт¹⁰². Из наиболее примечательных действующих геотермальных электростанций стоит отметить крупнейшую ЭС в Японии Хаттёбара мощностью 110 тыс. кВт., находящуюся на Кюсю в районе горы Асо. Хотя общий объем вырабатываемой электроэнергии из геотермальных источников все еще невелик, однако у данного типа ВИЭ наблюдается большой потенциал для стабильной генерации электроэнергии.

Еще в начале 2000-х гг. Япония обратила внимание на водородное топливо как на эффективный способ для электроснабжения коммерческих зданий и промышленных объектов, в то время как исследования потенциала

¹⁰¹ Сайто Такаси. Сайсэй кано: энэруги: ни окэру мокусицу баёнасу риё: (Использование древесной биомассы в качестве возобновляемого источника энергии) // Андзурин сякай кагаку кэнкю:. 2021. №3. URL: https://www.kyorin-u.ac.jp/univ/faculty/social_science/research/social-science/pdf/2020vol36no3_saito.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

¹⁰² Renewable capacity statistics 2021 // IRENA. 2021. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

«чистого водорода» начались еще в 1980-х гг. В 2010 – 2017 гг. в Токио и Осака были собраны несколько экспериментальных водородных мини-электростанций, которые используются для электроснабжения ряда малых предприятий и торгово-развлекательных центров¹⁰³. С каждым годом инвестирование в данную область и в разработку новых технологий только растет, в связи с чем крупные японские корпорации основали совместное предприятие Japan H2 Mobility. Целью создания данного предприятия стало ускорение процесса практической апробации создаваемых водородных технологий в сфере автомобилестроения с привлечением государственных субсидий.

В 2017 г. была создана Базовая стратегия развития водородной энергетики, в рамках которой были определены четыре задачи: увеличение роли водорода в энергоснабжении потребителей, развитие инфраструктуры транспортировки водорода, повышение доли водородной энергетики в энергобалансе страны и разработка механизмов международного сотрудничества в данной сфере¹⁰⁴.

На основе принятой в 2020 г. Декларации «об углеродном нейтралитете к 2050 г.» в Японии была сформулирована стратегия «зеленого роста» и разработан план осуществления задач данной декларации. Было обозначено три основных «ключа» к осуществлению перехода к водородной энергетике: чёткая приверженность плану, снижение затрат на производство и мировое сотрудничество для эффективного расширения использования водорода в мире. Для выполнения плана был создан фонд на 2 трлн. иен, 400 млрд из которого уже было инвестировано в водородные проекты.

¹⁰³ Корнеев К. А. Политика Японии в области развития водородной энергетики // Японские исследования. 2020. №4. С. 63 – 78.

¹⁰⁴ Там же, с. 66 – 69.

Основным регионом для производства водородной энергии был выбран Кансай. К 2025 г. планируется обеспечить снабжение водородной энергией всей территории Японии, а в 2026 г. планируется начать экспортировать энергию, преобразованную из «чистого водорода», за границу. Помимо этого, уже сейчас ведутся разработки автомобилей и механизмов, работающих на данном виде топлива. К 2030 г. ожидается, что более 1% энергетического баланса будет составлять водородная энергетика¹⁰⁵. Однако следует заметить, что данное стремление не было отражено в основном энергетическом плане, выпущенном МЭТП в октябре 2021 г.

Таким образом, текущая структура возобновляемой энергетики в производстве электроэнергии выглядит следующим образом: гидроэнергетика – 7,8%, солнечная энергетика – 6,7%, биоэнергетика – 2,6%, ветряная энергетика – 0,7% и геотермальная энергетика – 0,3%. Согласно пятому энергетическому плану, к 2030 г. доля гидроэнергетики вырастет до 11%, солнечной энергетика – до 14 – 16%, ветряной энергетика и энергетика биомасс – 5%, геотермальной энергетика – до 1%¹⁰⁶.

¹⁰⁵ Кайги сё:кацу 2021.10.4 Токио. Кэйдзай сангё: сё:. Кокуруцу кэнкю: кайхацу хо:дзин синэнэруги: сангё: гидзюусо:го: кайхацу кико: (Итоги международной конференции на уровне министерств по вопросам водородной энергетики 04.10.2021 // Токио: Министерство экономики торговли и промышленности Японии, Национальное агентство исследований и разработок в области возобновляемой энергетики и Организация по развитию промышленных технологий). URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211008004/20211008004-1.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

¹⁰⁶ Нихон но энэруги: энэруги: но има о сирү дзю: но мондай (Энергетика Японии. 10 задач, чтобы узнать о текущей ситуации в энергетике). URL: https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

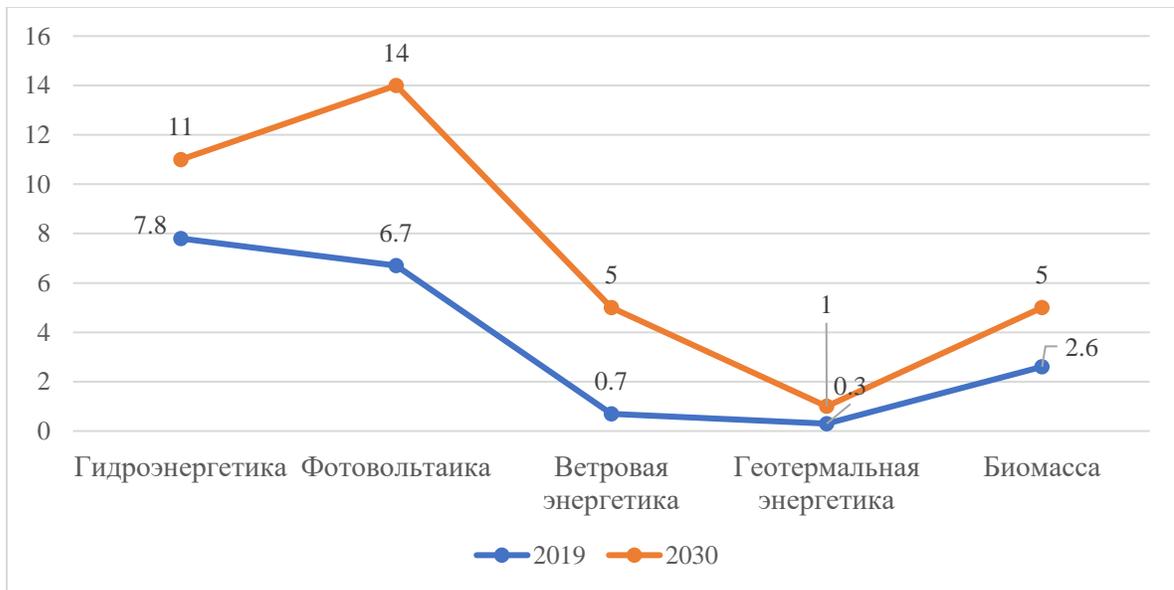


Рис. 2.6. Структура ВИЭ в производстве электроэнергии

Источник: Агентство природных ресурсов и энергетики Японии. URL: <https://www.enecho.meti.go.jp/> (дата обращения: 10.05.2022)

На основе рассмотренной выше динамики развития отдельных возобновляемых источников можно заключить, что Япония активно следит за мировой повесткой в вопросах защиты климата, в связи с чем в энергетическом плане был поставлен ряд задач, необходимых к исполнению, среди которых: повышение самообеспеченности энергией к 2030 г. до 30%, что на 10% выше «доаварийного» уровня и достижение «углеродной нейтральности» в 2050 г., что станет основным показателем достижения «экологической цели». Повышение доли ВИЭ в электрогенерации и развитие технологий способствует росту уровня самообеспеченности энергией, снижению себестоимости и росту конкурентоспособности отрасли в стране и за ее пределами.

2.3 Деятельность ведущих японских электроэнергетических организаций

Японский рынок электроэнергетических компаний относительно диверсифицирован в связи с осуществлением реформ, связанных с либерализацией электроэнергетической сферы. В апреле 2016 г. рынок розничной торговли электроэнергией Японии был официально либерализован, включая подачи электроэнергии в дома для бытовых нужд, что привело к усилению конкуренции среди поставщиков и вынудило вносить коррективы в бизнес-модели компаний¹⁰⁷. Реформа позволила покупателю самостоятельно выбирать поставщиков энергии и заключать с ними контракты. Ценообразование происходит с учетом спроса и предложения, однако цены на электроэнергию в Японию значительно выше среднемировых.

Либерализация рынка электроэнергии в Японии планировалась и осуществлялась достаточно продолжительный период времени – с 2003 г. с целью создания конкурентной среды в данной сфере, а также формирования рыночных механизмов для снижения уровня цен на энергию и затрат на возведение генерирующего оборудования нового поколения. Проведение реформ осложнялось тем, что электросеть Японии фактически разделена на два участка – Восточная часть, где частота переменного тока составляет 50 Гц, и Западная, где частота тока – 60 Гц, т. к. изначально было установлено оборудование немецкой и американской компаний с разными частотами. Первой ступенью либерализации было создание конкуренции на оптовом, а позднее – на розничном рынках. В 2008 г. программа была приостановлена ввиду недовольства электроэнергетических компаний-монополий и возобновлена спустя 8 лет.

¹⁰⁷ Корнеев К. А., Попов С. П. На пути к либерализации электроэнергетического сектора Японии // Энергетическая политика. 2015. №1. С. 84 – 90.

Значительная часть электроэнергии предоставляется потребителю частными компаниями по региональному принципу, среди которых наиболее крупными являются: Tohoku Electric Power, Tokyo Electric Power, Kansai Electric Power, Tohoku Electric Power, Chubu Electric Power и Kyushu Electric Power. Приоритетными задачами являются генерация, передача, доступ и распределение электроэнергии. Все вышеперечисленные компании гарантируют и осуществляют стабильное электроснабжение населения в прикрепленных к ним районах.

Tokyo Electric Power (TEPCO) является самой крупной электроэнергетической компанией, обслуживающей регион Канто и столицу Токио. Данная компания занимается обслуживанием АЭС Фукусима и по сей день продолжает работу по ликвидации последствий аварии 2011 г., реконструируя и выводя энергоблоки из эксплуатации. В своем отчете 2020 – 2021 гг. TEPCO отмечает снижение прибыли на электроэнергию из-за усиления конкуренции, в связи с чем ведется пересмотр цен и принцип предоставления услуг для оправдания ожидания клиентов. Компания поддерживает стремления МЭТП к достижению углеродной нейтральности и работает над снижением выбросов диоксида углерода в процессе электрогенерации за счет подключения возобновляемых источников в энергосети. Кроме того, компания заключила контракт с Japan Post для продвижения углеродной нейтральности. В рамках совместной работы планируется установка зарядного оборудования и расширения зарядной

инфраструктуры для почтового транспорта – велосипедов и электромобилей, которое будет осуществлять генерацию электричества за счет ВИЭ¹⁰⁸.

Kansai Electric Power (KEPCO) – крупнейшая компания в регионе Кинки, созданная в 1951 г. В настоящее время KEPCO занимается продвижением низкоуглеродных технологий во всех секторах, таких как жилой, коммерческий, промышленный и транспортный. Приоритетным направлением стало снижение выбросов в производстве электроэнергии с учетом безопасности и надежного стабильного снабжения с повышением коэффициента энергетической самодостаточности и экономической эффективности. Кансайская компания участвовала в общей сложности в 22 проектах в 11 странах мира с общей установленной мощностью 2876 МВт. Среди наиболее значимых действующих проектов – две ГЭС в Лаосе и Таиланде общей мощностью 270 МВт для обеспечения электроэнергией около 550 домохозяйств, ГЭС на острове Ява в Индонезии мощностью 47 МВт¹⁰⁹.

Chubu Electric Power (Chuden) – третий по мощности производитель электроэнергии в Японии, основанный в 1951 г. В зону обслуживания компании входят префектуры Миэ, Айти, Гифу, Сидзуока к западу от реки Фудзи и Нагано. До начала либерализации рынка компания была фактическим монополистом в данном регионе. По состоянию на 31 марта 2021 г. обладает 203 объектами выработки из ВИЭ общей мощностью более 3100 МВт (с учетом ГЭС), из которых 8 объектов – геотермальные станции, 1 объект – ВЭС и 3 объекта – СЭС. К 2030 г. планируется увеличить мощности выработки из

¹⁰⁸ TEPCO To: го хо:кокусё (Годовой отчет Токийской электроэнергетической компании за 2020-2021 гг.) // TEPCO. URL: https://www.tepco.co.jp/about/ir/library/annual_report/pdf/202108tougou-j.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

¹⁰⁹ Kansai Electric Power Integrated Report 2021 // KEPCO. URL: https://www.kepco.co.jp/english/corporate/list/report/pdf/e2021_a4.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

возобновляемых источников до 5000 МВт. Приоритетными задачами компании обозначены: развитие перерабатывающих технологий, осуществление декарбонизации и обеспечение безопасности выработки. Проводятся масштабные исследования в области электроэнергетики совместно с ведущими учебными заведениями Тюбу, среди которых университеты Миэ, Мэйдзё и Гифу¹¹⁰.

Kyushu Electric Power (Kyuden) – одна из десяти ведущих японских компаний, задействованных в электроэнергетической сфере. Зона обслуживания компании – префектуры Фукуока, Сага, Нагасаки, Кумамото, Кагосима и Миядзаки. Несмотря на то, что Кюдэн была основана в 1951 г., обслуживание г. Хиросима началось лишь в 2005 г. Данная компания активно участвует в международных проектах в 11 странах мира и сотрудничает с целым рядом энергетических компаний КНР, Франции, Сингапура, Таиланда, Вьетнама и пр. Согласно отчетам компании, более 40% электрогенерации происходит за счет ВИЭ, что значительно превышает средние показатели по стране. К 2030 г. планируется увеличить мощности ВИЭ в два раза – до 5000 МВт¹¹¹.

Компания Tohoku Electric Power снабжает электричеством префектуры Аомори, Иватэ, Акита, Мияги, Ямагата, Фукусима и Ниигата. В рамках программы декарбонизации планируется к 2030 г. сократить выбросы парниковых газов на 50% по сравнению с 2013 г. и постепенно преобразовать геотермальную энергию, атомную энергию и ВИЭ в основные источники

¹¹⁰ Chubu Electric Power Group Report 2021 // CHUDEN. URL: https://www.chuden.co.jp/english/resource/corporate/ecsr_report_2021_all.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

¹¹¹ Kyuden Group Integrated Report 2021 // KYUDEN. URL: https://www.kyuden.co.jp/library/pdf/ir/integratedreport/2021/integratedreport_2021_b.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

генерации. В регионе осуществляется строительство ряда объектов, которые будут запущены в течение ближайших пяти лет. Среди наиболее примечательных – ВЭС Цугару, Хаппо-Носиро, Фукаура, Орицумэдакэ и две геотермальные станции – Тёкай Минами и Ниигата-Хигаси Минато¹¹².

Обобщая сказанное, можно заключить, что программа либерализации лишь частично предоставила потребителям право выбора компании-поставщика электроэнергии, т. к. лидеры электроэнергетического рынка отметили лишь незначительный отток потребителей. Кроме того, в условиях жёсткой конкуренции очевидно, что мелким независимым игрокам стало труднее предоставлять услуги должным образом, снижать цены наравне с «гигантами» и привлекать потенциальных клиентов.

Анализ особенностей формирования топливно-энергетического баланса Японии и роли альтернативных источников энергии в нем позволяет сделать следующие выводы:

1. Становление текущего топливно-энергетического баланса происходило с учетом растущих энергетических и экономических потребностей (до середины XX в. ключевые позиции в японском энергобалансе занимал уголь, затем на смену пришла нефть, а впоследствии и газ);

2. 1960-х гг. стали отправной точкой для атомной энергетики, развитие которой стало необходимо для снижения зависимости от поставок углеводородов и укрепления энергетической безопасности;

¹¹² Tohoku Electric Power Group Integrated Report 2021 // Tohoku Electric Power Group. URL: https://www.tohoku-epco.co.jp/ir/report/integrated_report/pdf/tohoku_report2021en.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

3. Основой энергетической политики государства были обозначены энергосбережение и снижение внутренних потребностей от импортируемых углеводородов;

4. Практически полное отсутствие внутренних энергоресурсов, авария на Фукусима в 2011 г., приведшая к снижению доли атомной энергии в электрогенерации до 1% в 2013 г., и стремление к уменьшению негативного влияния на окружающую среду побудили Японию к наращиванию мощностей ВИЭ;

5. Несмотря на аварию на АЭС и негативное отношение населения к дальнейшему развитию атомной энергетики в стране, шестой энергетический план предусматривает увеличение доли атомной энергии до 20-22% в производстве электричества уже к 2030 г.;

6. В настоящее время Япония в значительной мере отстаёт от развитых стран по показателям введённых мощностей ВИЭ, однако продолжает движение в сторону достижения углеродной нейтральности;

7. В 2019 г. доля возобновляемых источников энергии в электрогенерации составила порядка 18%. К 2030 г. планируется ее увеличение до 36%, что позволит ВИЭ стать основой для производства электричества;

8. Либерализация японского рынка электроэнергетики в некоторой степени усилила конкуренцию среди крупных компаний, однако не смогла в полной мере снизить цены на электричество для конечного потребителя.

Резюмируя все вышесказанное, можно заключить, что Япония, несмотря на значительные сдвиги во внедрении альтернативных источников энергии, продолжает оставаться зависящей от импорта энергоресурсов страной. Стоит отметить то, что в долгосрочной перспективе японские власти делают ставку

не только на развитие возобновляемой энергетики с целью повышения уровня энергетической самообеспеченности, но и на атомную энергетику, возврат к использованию которой является предметом многочисленных споров в обществе.

Глава 3. Возобновляемая энергетика Германии

3.1 Энергетический баланс Германии и факторы, влияющие на него

Германия, как и Япония, не предполагала возможность возникновения «нефтяных шоков» в 1970-х гг. 17 октября и 28 ноября 1973 г. арабские государства-экспортёры нефти решили сократить добычу на 25% и ввести запрет на поставки в самый важный порт в Северо-Западной Европе – Роттердам. Нефтяной кризис 1973 – 1974 гг. вынудил Германию приступить к срочной корректировке энергетической политики. Правительство начало разработку первой энергетической программы с целью снижения зависимости от нефтяных поставок минимум на 1/5, т. к. доля нефти в энергобалансе страны в 1972 г. составляла около 55%¹¹³.

26 сентября 1973 г. была официально опубликована первая энергетическая программа. Акцент был сделан на развитии ядерной энергетики, создании собственных резервов углеводородов на случай возникновения новых кризисов и поощрении научных исследований в области энергетической эффективности и удовлетворении внутреннего спроса в электроэнергии путем развития добычи энергоресурсов (в основном, нефти и бурого угля) внутри страны. Касательно ядерной энергетики в данной программе говорилось следующее: «Федеральное правительство считает оптимальное использование ядерной энергии необходимым для обеспечения долгосрочного и стабильного энергоснабжения и крайне необходимым с точки зрения осуществления энергетической политики. Необходимо в качестве

¹¹³ Сумин А. М. Энергетическая политика современной Германии: тенденции, проблемы, перспективы. М.: Газоил пресс, 2017. С. 6 – 9.

базовой цели установить мощность 18 000 МВт к 1980 г. и 40 000 МВт к 1985 г. (предпочтительно 50 000 МВт)»¹¹⁴.

Федеральное правительство придерживалось мнения, что Германия, как крупнейшая страна-энергопотребитель в Европе, должна вносить собственный вклад в решение задачи по разработке нефтяных месторождений и осуществлению регулярных поставок, стоявшей перед всем мировым сообществом. Государственное финансирование было предоставлено компании DEMINEX GmbH, которая в 1970-х гг. являлась крупнейшей немецкой компанией по разработке месторождений и добыче сырой нефти.

Впоследствии энергетическая программа пересматривалась трижды – в 1974, 1977 и 1981 гг. В 1974 г. были внесены поправки касательно роли энергетической безопасности, которая была обозначена в качестве наиболее приоритетной составляющей энергетической политики. Кроме того, было обозначено то, что власти будут всячески поощрять компании, ведущие разработку новых месторождений бурого угля в стране.

В версии 1977 г. было указано то, что использование отечественного каменного угля для производства электроэнергии становится приоритетным и официально закрепляется в Законе о производстве электроэнергии. Было впервые обозначено то, что будут выделяться субсидии на инвестиции для расширения использования возобновляемых источников энергии. Кроме того, в связи с достигнутым уровнем энергетической безопасности (наращивание поставок нефти привело к заполнению хранилищ) было решено приступить к ограничению использования ядерной энергии в электрогенерации.

¹¹⁴ Schiffer H.-W. Energiepolitische Programme der Bundesregierung 1973 bis 2017 // Energiewirtschaftliche Tagesfragen 67. Jg. 2017. Heft 11. P. 35 – 46.

Ожидаемый рост энергопотребления должен быть ограничен за счет энергосбережения и рационального использования энергии. Вместе с тем, в нем также говорится, что меры по энергосбережению не должны ограничивать свободу отдельного гражданина, однако они должны учитывать затраты и экономические аспекты. Основным направлением исследований в области энергетики, поддерживаемым государством, было развитие солнечной, ветровой и геотермальной энергии.

В третьей версии энергетической программы от 4 ноября 1981 г. особое внимание уделялось обеспечению энергоснабжения. В целях повышения надежности поставок была обозначена необходимость усиления роли отечественных источников энергии. На тот момент возобновляемые источники энергии указывались лишь как один из возможных дополнительных источников для генерации электроэнергии, однако исследования в данной области уже тогда активно продвигались. Между тем, в документе подчеркивалось, что энергетические прогнозы и исследования, проводимыми независимыми институтами, следует воспринимать исключительно как ориентир, а не как цели планирования.

В сентябре 1986 г. был выпущен энергетический отчет Правительства, посвященный защите окружающей среды, т. е. сокращению выбросов загрязняющих веществ, и последствиям аварии на Чернобыльской АЭС, произошедшей 26 апреля 1986 г. Возникновение аварий такого рода вызвало широкий общественный резонанс в Германии. Среди аргументов «против» развития ядерной энергетики указывались: риски возникновения аварий, негативное влияние на окружающую среду, опасность радиационного

облучения и сложности с утилизацией отходов от работы АЭС¹¹⁵. Помимо этого, одним из основных поводов такой смены приоритетов являлось сокращение площади лесов, вызвавшее общественную дискуссию в начале 1980-х гг.

В октябре 1990 г. в Германии был принят «Закон о подаче электроэнергии» (Stromeinspeisungsgesetz), предполагавший увеличение доли возобновляемых источников в электрогенерации. Двое сторонников развития ВИЭ, представляющих консервативный Христианско-социальный союз (CDU) и Партию Зеленых (Die Grünen), предложили ввести систему льготных тарифов¹¹⁶, в связи с чем получили поддержку от других депутатов, заинтересованных в возобновляемых источниках энергии, и, в конечном итоге, от всех фракций Бундестага¹¹⁷. 1 января 1991 г. был издан «Закон о поставках электроэнергии», который устанавливал минимальные цены на электроэнергию, произведенную из возобновляемых источников энергии, дифференцированных в зависимости от типа производства.

В том же году была опубликована «Энергетическая политика объединённой Германии», выпущенная в связи с воссоединением¹¹⁸. Один из пунктов был посвящен намерениям Федерального правительства сократить

¹¹⁵ Сулян Н. В. Сужающийся мост: проблемы энергетической политики Германии // Современная Европа. 2011. С. 67 – 80.

¹¹⁶ Система льготных тарифов (Feed-in tariffs) – система, созданная с целью поощрения инвестиций в возобновляемые источники энергии. Введение данной системы происходит в самом начале развития ВИЭ в стране, когда производство электричества из них еще экономически нецелесообразно. Льготные тарифы, как правило, предусматривают долгосрочные соглашения и фиксированные цены, привязанные к себестоимости производства.

¹¹⁷ Leirena M. D., Reimer I. Historical institutionalist perspective on the shift from feed-in tariffs towards auctioning in German renewable energy policy // Energy Research and Social Science. № 43. 2018. P. 33 – 40.

¹¹⁸ Сумин А. М. Указ. соч. С. 12 – 16.

выбросы CO₂ на 25–30% к 2005 г. по сравнению с уровнем 1987 г. На климатической конференции ООН в Берлине весной 1995 г. Гельмут Коль¹¹⁹ объявил, что цель будет скорректирована на 25-процентное сокращение выбросов CO₂ в Германии к 2005 г. по сравнению с 1990 г.¹²⁰ Исходя из плана 1991 г. объем субсидируемых продаж каменного угля в Германии должен быть сокращен до 50 млн т. уже к 2005 г. Касаясь ядерной энергии, было решено продолжить ее использовать, однако возникла необходимость проверить действующие АЭС на предмет соответствия высоким немецким стандартам безопасности. К концу 1990 г. мощность атомных электростанций в ФРГ составляла порядка 24 000 МВт¹²¹.

Немецкое общество со значительной степенью недоверия относилось к развитию атомной энергетики и новых технологий в данной отрасли. События, повлиявшие на формирование негативного отношения к этому, были аварии на АЭС «Три-Майл Айленд» в 1979 г. и на Чернобыльской АЭС в 1986 г. В 2000 г. между Федеральным правительством во главе с Герхардом Шрёдером¹²² и поставщиками энергии было подписано соглашение о постепенном прекращении использования ядерной энергии. Одним из основных пунктов этого соглашения был запрет на строительство новых атомных электростанций и ограничение срока эксплуатации существующих атомных электростанций в среднем до 32 лет с момента их ввода в

¹¹⁹ Гельмут Коль (Helmut Kohl 1930 – 2017) – немецкий политический деятель, находившийся на посту федерального канцлера Германии с 1982 по 1998 гг.

¹²⁰ Schiffer H.-W. Op. cit. P. 35 – 46.

¹²¹ Ibid.

¹²² Герхард Шрёдер (Gerhard Schröder) – немецкий государственный деятель, занимавший пост Федерального канцлера ФРГ с 1998 по 2005 гг. Одним из его предвыборных обещаний в 1998 г. был отказ от дальнейшего продвижения ядерной энергетики.

эксплуатацию¹²³. Данная договоренность была окончательно закреплена в Законе об атомной энергии (Atomkraftgesetz) в 2002 г.

В 2005 г. с вступлением Ангелы Меркель (Angela Merkel) на пост канцлера было решено продолжить развивать атомную энергетику в стране. В частности, установленные ранее сроки эксплуатации АЭС были пересмотрены – от 32 до 60 лет.¹²⁴, т. к. отказ от атомной энергии на том этапе привел бы к дефициту энергии внутри страны.

В энергетической концепции правительства от 28 сентября 2010 г. атомная энергетика по-прежнему рассматривалась как некое промежуточное звено, за которым в будущем должен последовать переход к энергоснабжению, основанному преимущественно на возобновляемых источниках энергии. В рамках этой концепции власти впервые представили долгосрочную общую стратегию, которая была рассчитана до 2050 г. и определялась целым набором количественных целей. К данным целям было отнесено сокращение выбросов диоксида углерода к 2020 г. на 40% и к 2050 г. на 80 – 95%, увеличение доли ВИЭ в конечном потреблении до 60% и до 80% в электрогенерации к 2050 г. и снижение использования ископаемого топлива в транспортном секторе на 40% по сравнению с 2005 г.¹²⁵.

Авария на АЭС Фукусима в 2011 г. вызвала особую тревогу и сомнения касательно безопасности «атома» в немецком обществе, что привело к очередному пересмотру плана по атомной энергетике в сторону сдерживания ее дальнейшего развития. Кроме того, было принято решение об остановке

¹²³ Зимаков А. В. Трансформация энергетики в Германии: судьба атомной и угольной отрасли // Современная Европа. 2017. №5. С. 74 – 85.

¹²⁴ Супян Н. В. Указ. соч. С. 67 – 80.

¹²⁵ Schiffer H.-W. Op. cit. P. 35 – 46.

восьми устаревших энергоблоков на территории Германии и о проверке на предмет безопасности всех оставшихся практически сразу после аварии. 30 июня 2011 г. Бундестаг принял решение об отказе от ядерной энергии и о выводе из эксплуатации всех действующих атомных электростанций к концу 2022 г.¹²⁶ В конце 2021 г. были остановлены три АЭС: Гронде (Grohnde), Гундремминген (Gundremmingen C) и Брокдорф (Brokdorf), и, по состоянию на апрель 2022 г., действующими остаются: Изар 2 (Isar 2), Эмсланд (Emsland) и Некарвестхайм (Neckarwestheim 2)¹²⁷.

На современном этапе энергетический сектор Германии продолжает находиться в зависимости от поставок энергетических ресурсов и от цен на них, которые в текущих условиях не отличаются своей стабильностью и предсказуемостью. Страна импортирует большую часть потребляемых в стране углеводородов – около 97% нефти и 75% газа¹²⁸. Собственные потребности в нефти обеспечиваются лишь на 3% за счет добычи в Федеральных землях Нижняя Саксония (Niedersachsen), Шлезвиг-Гольштейн (Schleswig-Holstein) и Рейнланд-Пфальц (Rheinland-Pfalz)¹²⁹.

Структура первичных энергоресурсов, изображенная на диаграмме ниже, постепенно меняется в сторону снижения доли ископаемых источников, однако они все еще продолжают играть значительную роль в энергобалансе. Заметно идет сокращение доли атомной энергии: если в 2019 г. доля «атома»

¹²⁶ Jahn D., Korolczuk S. German exceptionalism: the end of nuclear energy in Germany! // Environmental Politics. 2012. 21. P. 159 – 164.

¹²⁷ Der Atomausstieg in Deutschland // Bundesamt für die Sicherheit und der nuklearen Entsorgung. URL: https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/ausstieg-atomkraft/ausstieg_node.html (дата обращения: 10.05.2022)

¹²⁸ Сумин А. М. Указ. соч. С. 6 – 10.

¹²⁹ Там же, с. 10 – 12.

составляла порядка 11,2%¹³⁰, то в 2021 г. – уже 6%. Доли бурого и каменного угля, на который немецкие власти делали ставку в XX в., составляют менее 1/10 каждый, в то время как газ – более ¼, что, безусловно, делает Германию зависимым от поставок государством.

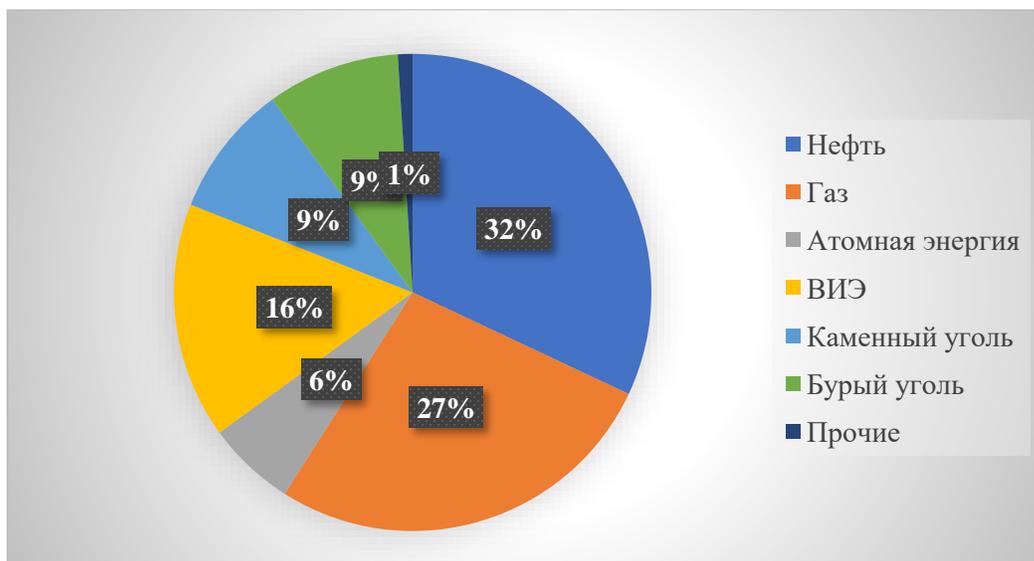


Рис. 3.1. Первичный энергетический баланс ФРГ (2021 г.)

Источник: Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2021 // Agora Energiewende. URL: <https://www.agora-energiewende.de> (дата обращения: 10.05.2022)

Немногим менее 50% каменного угля до недавнего времени импортировалась в ФРГ из России, однако в апреле 2022 г. Европейской комиссией был выпущен пятый санкционный пакет против Российской Федерации, согласно которому было рекомендовано отказаться от поставок российского угля в Европу¹³¹. В настоящее время Германия рассматривает возможность замещения поставок из РФ поставками из других государств к

¹³⁰ Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand: Oktober 2019 // Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=34 (дата обращения: 10.05.2022)

¹³¹ EU beschließt fünftes Sanktionspaket gegen Russland // Europäische Kommission. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_22_2332 (дата обращения: 10.05.2022)

концу 2022 г.¹³². В 2021 г. нефть поставлялась из пяти стран: Россия (46%), США (16%), Казахстан (13%), Норвегия (12%) и Великобритания (13%). Что касается поставок природного газа, здесь доля России составляет более 50%¹³³. Несмотря на решение об ограничении поставок российского угля, поставки нефти и газа из РФ в Германию пока продолжаютс¹³⁴.

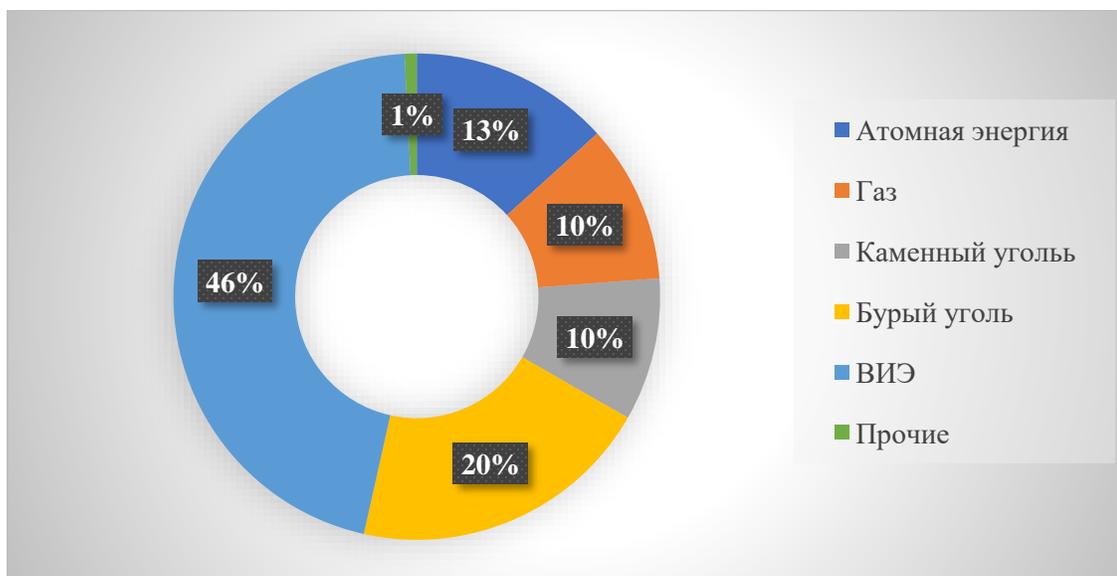


Рис. 3.2. Структура электрогенерации ФРГ (2021 г.)

Источник: Fraunhofer ISE 2021. URL: <https://strom-report.de/strom> (дата обращения: 10.05.2022)

Рассмотрим текущую структуру электрогенерации Германии, представленную ниже. Благодаря тому, что в Германии еще в 1980-х гг. начались исследования в области возобновляемой энергетики, текущая доля

¹³² „Das Preisbarometer für Kohle schlägt gerade wild aus“ // WirtschaftsWoche. URL: <https://amp2.wiwo.de/unternehmen/industrie/russland-sanktionen-das-preisbarometer-fuer-kohle-schlaegt-gerade-wild-aus/28230630.html> (дата обращения: 10.05.2022)

¹³³ Deutsche Rohölimporte nach ausgewählten Exportländern in den Jahren 2014 bis 2021 // Statista. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2473/umfrage/rohoelimport-hauptlieferanten-von-deutschland> (дата обращения: 10.05.2022)

¹³⁴ Deutschland überweist in diesem Jahr wohl Rekordsummen nach Moskau // Süddeutsche Zeitung. URL: <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/russland-krieg-ukraine-oel-gas-1.5568092> (дата обращения: 10.05.2022)

ВИЭ составляет практически половину от общей электрогенерации (в 2020 г. показатели выработки составили более 50%). С выводом из эксплуатации АЭС, развитием технологий и снижением себестоимости электроэнергии из ВИЭ ожидается дальнейший рост доли возобновляемых источников.

Итак, Германия проделала большой путь от сильной зависимости от нефтяных поставок к диверсификации источников энергии. Страна продолжает зависеть от поставок углеводородов, в т. ч. из России, несмотря на значительные сдвиги в области альтернативной энергетики. Стремление к отказу от атомной энергетики – одно из ключевых отличий немецкой энергетической политики от японской. Ожидается, что вывод из эксплуатации последних действующих АЭС на территории Германии в конце 2022 г. будет дополнительным стимулом к развитию технологий в области ВИЭ и к внедрению новых мощностей.

3.2 Возобновляемые источники энергии, применяемые на практике

Защита климата (Klimaschutz) является одним из ключевых пунктов большинства энергетических отчетов и планов, публикуемых министерствами и ведомствами Германии. Страна прилагает значительные усилия по борьбе с изменением климата и глобальным потеплением, однако она по-прежнему входит в десятку мировых эмитентов CO₂ в атмосферу. Тем не менее Германия продолжает выполнять свои обязательства в рамках Парижского соглашения ООН по климату 2015 г. и снижать эмиссию газов, о чем свидетельствуют данные на графике, представленном ниже. Альтернативная энергетика в Германии активно развивается, о чем говорит изменение показателей выработки электроэнергии из возобновляемых источников. Если

в 2014 г. мощность объектов ВИЭ составляла около 160 ТВт, то к 2021 г. показатели достигли отметки в 224 ТВт¹³⁵.

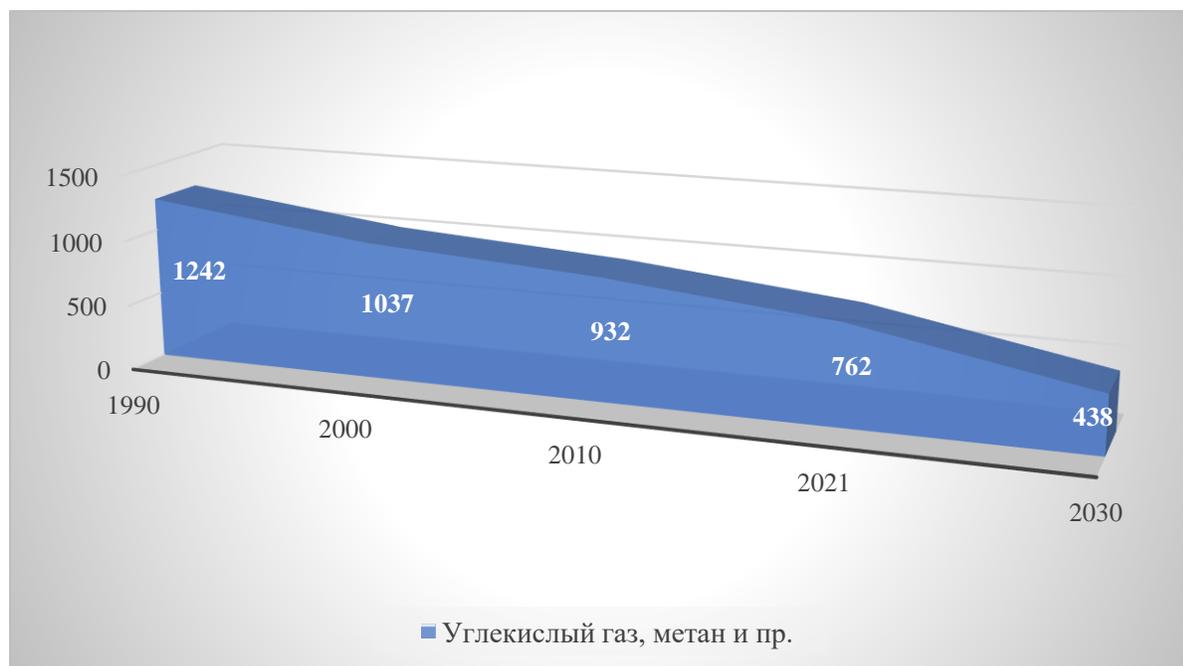


Рис. 3.3. Выбросы парниковых газов в Германии с 1990 по 2021 гг. и план на 2030 г.

Источник: Treibhausgas-Emissionen in Deutschland // Umweltbundesamt. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> (дата обращения: 10.05.2022)

Что касается процентной доли возобновляемой энергии в общем электроэнергетическом производстве, в 2021 г. она составила 45,7%, что несколько уступает рекордным показателям 2020 г. (более 50%)¹³⁶.

После радиационной аварии на Фукусима в 2011 г. был окончательно закреплен переход к новой энергетической концепции под названием

¹³⁵ Deutscher Strommix: Stromerzeugung Deutschland bis 2021 // Fraunhofer ISE Strom Report. URL: <https://strom-report.de/strom> (дата обращения: 10.05.2022)

¹³⁶ Strommix 2020: Stromerzeugung in Deutschland [Netto] // Fraunhofer ISE Strom Report. URL: <https://strom-report.de/strom> (дата обращения: 10.05.2022)

«Энергетический поворот» (Energiewende)¹³⁷, задачами которой стали: перестройка системы электроснабжения, сокращение доли ископаемого топлива в энергетическом балансе, свертывание атомной энергетики на территории страны и масштабный переход на возобновляемую энергетику.

Рассмотрим структуру ВИЭ в электрогенерации, представленную на диаграмме ниже. Большая часть возобновляемых источников приходится на ветроэнергетику, которая развивается ускоренными темпами. Германия входит в тройку лидеров по мощностям ВЭУ в мире, уступая лишь США и КНР¹³⁸. Значительная часть мощностей ветроэнергетики установлено на севере страны, а именно – в федеральных землях Шлезвиг-Гольштейн (Schleswig-Holstein) – 7064 МВт, Нижняя Саксония (Niedersachsen) – 11430 МВт и Бранденбург (Brandenburg) – 7478 МВт. Крупнейшей офшорной ветряной станцией является Nohe See, которая расположена к Северо-Западу от г. Гамбурга. Данная ВЭС обслуживает порядка 710 тыс. домохозяйств. Всего в 2021 г. мощности энергии ветра за счет оншорных и офшорных установок установились на отметке в 122,4 ТВт, что составляет более половины мощности выработки из ВИЭ за установленный период¹³⁹. В 2021 г. в Германии действовало более 1500 офшорных установок, на 132 из которых была увеличена производительность. В Германии более 60% рынка ветроэнергетического оборудования принадлежит 5 крупным производителям: Vestas, Repower, Nordex, Enercon и Fuhrlander.

¹³⁷ Energiewende // Bundesministerium für Bildung und Forschung. URL: <https://www.bmbf.de/> (дата обращения: 10.05.2022)

¹³⁸ Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Указ. соч. С. 245.

¹³⁹ Zahlen und Fakten. Statistische Kennziffern zur Erfolgsgeschichte Windenergie // Bundesverband WindEnergie. URL: <https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/> (дата обращения: 10.05.2022)

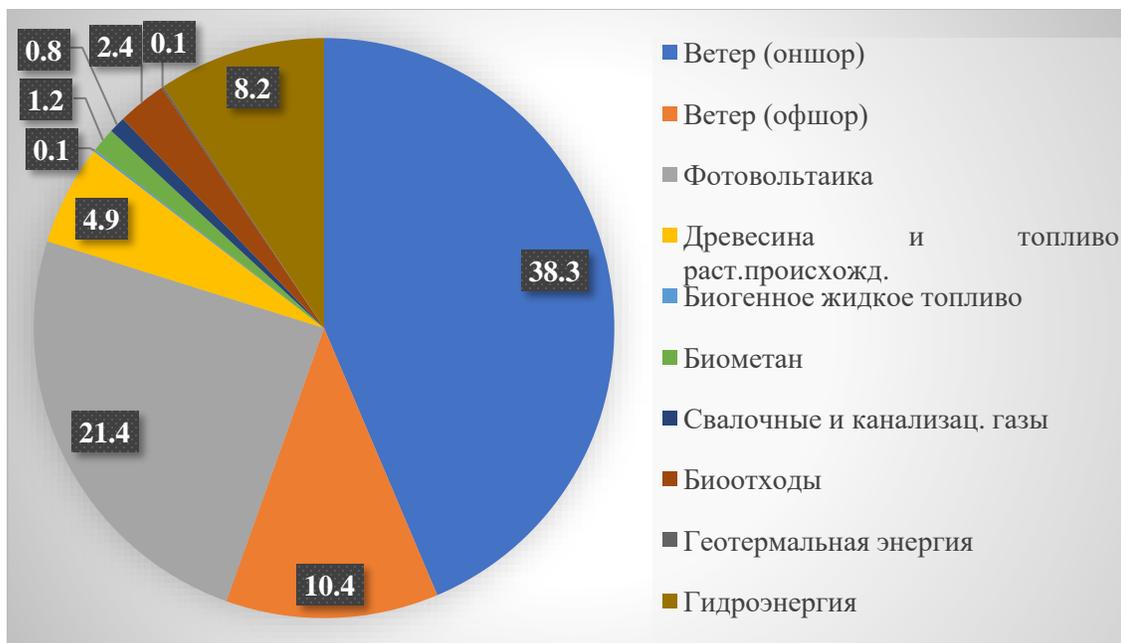


Рис. 3.4. Возобновляемые источники энергии в производстве электричества в ФРГ (2021 г.)

Источник: Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2021 // Umweltbundesamt.
 URL: <https://www.umweltbundesamt.de> (дата обращения: 10.05.2022)

Фотовольтаика находится на данный момент на втором месте в структуре электрогенерации, однако Германия уже более 30 лет занимается развитием данной отрасли. До начала 2000-х гг. формировалась законодательная база, благодаря которой удалось достичь столь высоких показателей. В 2000 г. был выпущен «Закон о возобновляемых источниках энергии» (Erneuerbare-Energien-Gesetz), ставший центральным инструментом управления развитием отрасли. С внесением первых поправок в закон в 2004 г. развитие фотовольтаики приняло новые обороты. В течение 10 лет – с 2004 по 2014 гг. – ФРГ являлась лидером по мощностям солнечной энергетики, пока пальма первенства не перешла к КНР¹⁴⁰. Дополнения, регулярно вносимые в Закон о ВИЭ с 2012 г. об ограничении вводимых мощностей в связи с

¹⁴⁰ Акимова В. В. Солнечный энергетический «переход» в Германии // Вестник МГУ. Серия: Естественные науки. 2018. №4. С. 61 – 73.

последствиями экономического кризиса 2008 – 2009 гг., постепенно привели к снижению спроса на фотовольтаическое оборудование и замедлению темпов продвижения, которые начали восстанавливаться лишь к 2020 г., что заметно по данным в таблице, представленной ниже.

Год	2004	2010	2012	2015	2020
Установленные Мощности (МВт)	670	7440	8161	1324	4822
Общие мощности (МВт)	1105	18006	34077	39224	53848

Рис. 3.5. Мощности солнечного оборудования в Германии

Источник: Installierte Leistung (kumuliert) der Photovoltaikanlagen in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2021 // Statista. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/13547/umfrage/leistung-durch-solarstrom-in-deutschland-seit-1990/> (дата обращения: 10.05.2022)

Производство электроэнергии фотоэлектрическими системами в 2021 г. выросло лишь незначительно по сравнению с 2020 г. – до 50 млрд кВт/ч (2020 г.: 49,5 млрд кВт/ч). В конце прошлого года в Германии были установлены фотоэлектрические системы общей мощностью 58 728 МВт. Таким образом, общая мощность парка фотоэлектрических систем выросла примерно на 9% по сравнению со значением на конец 2020 г., когда введенные мощности составили 53721 МВт. Лидерами среди федеральных земель по установленным мощностям по солнечной энергии являются Бавария (Bayern) и Баден-Вюртемберг (Baden-Württemberg). Наиболее примечательным объектом является введенная в эксплуатацию в 2020 г. крупнейшая солнечная электростанция под названием Weesow-Willmersdorf, расположенная в 26 км от Берлина. Стоит заметить, что большая часть генерирующих

фотоэлектрических мощностей в Германии принадлежит не элетроэнергетическим компаниям, а частным домохозяйствам и фермам, которые устанавливают фотоэлектрические панели на крышах домов. Данная ситуация стала возможной в связи с развитием технологий и со снижением стоимости оборудования, приобретение которого окупается, на данный момент, сравнительно быстро на фоне растущих цен на электричество.

Биоэнергия является важным топливом для производства электроэнергии в Германии и составляет около 22% от всех возобновляемых источников. Энергия биомасс используется в основном в трех отраслях – электрогенерации (41,1%), отоплении (16,5%) и транспорте (6,8%)¹⁴¹. В целом производство электроэнергии из биомассы сократилось примерно на 1% по сравнению с 2020 г. В 2021 г. из твердой, жидкой и газообразной биомассы и возобновляемой части бытовых отходов было выработано в общей сложности около 50,4 млрд кВт/ч электроэнергии. Было введено значительно меньше мощностей по сравнению с предыдущим годом – около 130 МВт., что в основном связывается с пандемией.

Доля гидроэнергетики в общем валовом потреблении электроэнергии составила чуть больше 3%, а в производстве электричества – 8,2%. После относительно засушливого 2020 г. выработка электроэнергии на ГЭС в 2021 г. снова немного выросла из-за выпадения большего количества осадков. Если в 2020 г. электрогенерация на гидроэлектростанциях составляла 18,3 млрд кВт/ч, то в 2021 г. было выработано на 4% больше – 19,1 млрд кВт/ч.

¹⁴¹ Erneuerbare Energien in Zahlen // Umweltbundesamt. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen> (дата обращения: 10.05.2022)

В 2021 г. количество электроэнергии, вырабатываемой из геотермальных источников, увеличилось примерно на 8%. В общей сложности установленных мощностей в Германии немного – всего порядка 0,25 млрд кВт/ч, а доля геотермальной энергетики в общем валовом потреблении электроэнергии составляет менее 0,1%. В 2021 г. была введена в эксплуатацию новая геотермальная электростанция, в связи с чем установленная мощность увеличилась на 6 МВт – до 53 МВт. Наиболее примечательная геотермальная электростанция под названием Зауэрлах (Sauerlach) расположена вблизи г. Мюнхен на юге Германии, которая снабжает электроэнергией порядка 16 тыс. домохозяйств в данном регионе. Кроме того, с 2016 г. западные районы Мюнхена снабжаются отоплением и электричеством за счет работы геотермальной станции Фрайхам (Freiham).

В 2021 г. на международной конференции по развитию водородной энергетики действующий на тот момент министр экономики и энергетики ФРГ Петер Альтмайер поделился перспективами развития данной отрасли в Германии¹⁴². 10 июня 2020 г. была разработана стратегия развития, целью которой стало постепенное формирование внутреннего рынка «зеленого водорода», т. е. водорода, производимого экологически безопасным способом, что позволит приблизиться к достижению основной цели, а именно – к нулевой эмиссии CO₂. Планируется создать нормативную базу для развития необходимой инфраструктуры, повышение конкурентоспособности немецких

¹⁴² Кайги сё:кацу 2021.10.4 Токио. Кэйдзай сангё: сё:. Кокурицу кэнкю: кайхацу хо:дзин синэнэруги: сангё: гидзюусо:го: кайхацу кико: (Итоги международной конференции на уровне министерств по вопросам водородной энергетики 04.10.2021 // Токио: Министерство экономики торговли и промышленности Японии, Национальное агентство исследований и разработок в области возобновляемой энергетики и Организация по развитию промышленных технологий) URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211008004/20211008004-1.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

компаний за счет развития водородных технологий, а также обеспечить необходимые условия для международного партнерства и обмена опытом.

Таким образом, развитие возобновляемой энергетики в Германии происходит поступательно с учетом технических и финансовых возможностей для установки новых мощностей. С 1990 г. была проделана большая работа по развитию отрасли как с технической, так и с юридической точек зрения, в связи с чем удалось добиться значительных результатов – более 46% электрогенерации составляют альтернативные источники, из которых большую долю занимает ветроэнергетики и фотовольтаика. Сохранение и преумножение текущих показателей позволяет сделать вывод о том, что достижение нулевой эмиссии CO₂ – вполне осуществимая для ФРГ задача.

3.3 Деятельность ключевых немецких энергетических организаций и корпораций

К концу 90-х гг. прошлого века на территории Германии электричество производилось по большей части восемью крупными концернами: Bayernwerk AG (Мюнхен), Berliner Kraft und Licht (Берлин), Hamburgische Elektrizitäts-Werke AG (Гамбург), Rheinisch-Westfälische Elektrizitäts-Werke (Эссен), Energie Baden-Württemberg AG (Карлсруэ), PreußenElektra AG (Ганновер), Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG (Дортмунд) и Vereinigte Energiewerke AG (Берлин)¹⁴³.

В 1996 г. в ЕС была принята первая «электрическая» директива, устанавливающая общие правила внутреннего рынка электроэнергии для всех стран-членов и определившая дальнейшие действия немецких властей в

¹⁴³ Шувалова О. В. Либерализация электроэнергетической отрасли России и Германии: сравнительный анализ // Вестник РУДН. Серия Экономика. 2010. №1. С. 36 – 43.

данной сфере. В 1998 г. начался процесс либерализации электроэнергетической системы с целью стимулирования конкуренции, снижения стоимости электроэнергии для конечного потребителя и улучшения обслуживания. Постепенно множество электроэнергетических компаний стали объединяться в более крупные компании для сокращения издержек, в результате чего в настоящий момент немецкий электроэнергетический рынок на более чем 80% принадлежит четырем компаниям: E.ON, RWE, EnBW и Vattenfall.

E.ON Energie Deutschland GmbH (Эссен) – крупнейшая электроэнергетическая компания ФРГ, основным принципом которой является устойчивое развитие с учетом сохранения природы и экологии для будущих поколений (Nachhaltigkeit). Данной корпорации принадлежит множество менее крупных региональных компаний, среди которых Avacon (Хельмштедт), Bayernwerk (Регенсбург), Hansewerk AG (Квикборн), E.DIS AG (Фюрстенвальде), EnviaM Mitteldeutsche Energie AG (Хемниц) и пр. E.ON активно сотрудничает с ООН по Программе защиты окружающей среды и восстановлению экосистем, занимается защитой и восстановлением тропических лесов и считает со своей стороны необходимым достичь нулевых выбросов парниковых газов к 2040 г. Дочерние компании ESK GmbH и Hansewerk участвуют в проектах по развитию водородной энергетики, одним из которых является строительство в порту Гамбурга (Север Германии) электролизера для производства «зеленого водорода». Помимо этого, E.ON занимается установкой и повышением производительности ветряных

установок в земле Шлезвиг-Гольштейн для повышения стабильности выработки электричества¹⁴⁴.

RWE (Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk, Эссен) – одна из крупнейших электроэнергетических компаний ФРГ, активно инвестирующая в продвижение «зеленой энергетики». К 2030 г. планируется вложить в возобновляемые источники порядка 50 млрд. евро. Согласно отчетам, в период с 2012 по 2020 г. RWE сократили выбросы CO₂ более чем на 60%, а в 2020 г. в Германии были закрыты две последние установки по добыче каменного угля, принадлежащие компании. Следующим важным шагом станет отказ от производства электроэнергии за счет использования бурого угля к 2038 г., благодаря чему планируется достичь углеродной нейтральности к 2040 г. Компания участвует в более чем 30 проектах по «зелёному водороду», в т. ч. совместно с die German LNG Terminal GmbH (корпорация, задействованная в строительстве терминалов) ведутся исследования по импорту водорода через терминал для СПГ в Брунсбюттеле в земле Шлезвиг-Гольштейн, строящийся на базе German LNG Terminal GmbH. Один из важных проектов носит название «H₂ercules», целью которого обозначено сделать зеленый водород, который в основном производится на севере Германии, доступным для промышленных компаний. Для этого планируется построить 1500-километровый водородный трубопровод между севером Германии и промышленными потребителями на юге и западе страны¹⁴⁵.

¹⁴⁴ Sustainability Report 2021 // E.ON. URL: https://www.eon.com/content/dam/eon/eon-com/eon-com-assets/documents/sustainability/en/sustainability-report/2021/EON_2021_Sustainability_Report.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

¹⁴⁵ Probleme lösen sich nicht in Luft auf. Aber in Wasserstoff // RWE. URL: <https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/wasserstoff> (дата обращения: 10.05.2022)

EnBW (Energie Baden-Württemberg AG) – энергетическая компания со штаб-квартирой в Карлсруэ, Баден-Вюртемберг. В отличие от трех других компаний EnBW заявила о том, что достигнет нулевых выбросов CO₂ уже к 2035 г. Для достижения данной цели было поставлено четыре задачи: развитие инфраструктуры, осуществление устойчивого развития с опорой на защиту окружающей среды, продвижение ВИЭ и сохранение природных богатств. Компания участвует в исследованиях потенциальных источников геотермальной энергии совместно с компанией GeoHardt. В водородной энергетике также ведутся масштабные исследования. В настоящее время ведутся два проекта по установке щелочного водородного электролиза и H₂Mare. Завод щелочного водородного электролиза в Вихлене эксплуатируется дочерней компанией Energiedienst (ED) при финансовой поддержке земли Баден-Вюртемберг еще с 2018 г. Кроме того, в 2020 г. дочерняя компания Netze BW запустила пилотный проект в г. Эринген, который является уникальным для Германии и называется «Водородный остров Эринген», суть которого заключается в постепенном замещении поставок природного газа водородом, получаемым с помощью электролизера на заводе Netze BW¹⁴⁶.

Vattenfall – крупная шведская энергетическая корпорация, предоставляющая электричество потребителям в Швеции, Нидерландах, Германии, Финляндии и Великобритании. Расширение влияния на территории ФРГ происходило особенно активно в 1990-2009 гг., когда компания приобрела более 25% акций Hamburgische Electricitäts-Werke AG (Гамбург). В 2002 г. в связи с приобретением значительных активов на территории

¹⁴⁶ Der Zukunft über die Schulter geschaut // EnBW. URL: <https://www.enbw.com/media/bericht/bericht-2021/downloads/integrierter-geschaeftsbericht-2021.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

Германии была основана сеть передачи электроэнергии в качестве независимой дочерней компании под названием Vattenfall Europe Transmission GmbH. В 2011 г. компания приступила к списанию активов угольных и атомных электростанций в Германии, что было необходимо для сохранения конкурентоспособности компании в связи с повсеместным увеличением рынка возобновляемых источников энергии и с решением Германии о поэтапном отказе от атомной энергетики в 2011 г. В настоящее время компания придерживается общей энергетической политики ЕС в вопросе снижения доли выбросов CO₂ к 2050 г. Компания обозначила свою стратегию снижения эмиссии, судя по данным которой планируется достичь углеродной нейтральности уже к 2040 г. Среди наиболее примечательных проектов компании стоит выделить проведение масштабных исследований и разработку совместно с компаниями Shell, LanzaTech и SAS (Scandinavian Airlines) первого в мире экологически чистого устойчивого синтетического авиационного топлива. Предполагается, что к 2030 г. данный вид топлива сможет удовлетворить 25% мировых потребностей SAS в экологичном авиационном топливе. Кроме того, компания проводит работы по интеграции избыточного тепла от производственных процессов в сеть централизованного теплоснабжения. На ТЭЦ¹⁴⁷ Бух (Buch), находящейся в пригороде Берлина, тепловой насос будет подавать избыточное тепло от смазочного масла, генераторов и газового компрессора в систему централизованного теплоснабжения. Помимо этого, ведется ряд проектов по электрификации

¹⁴⁷ ТЭЦ – разновидность тепловых электростанций (теплоэлектроцентраль).

транспорта и развитии соответствующей инфраструктуры совместно с компаниями Aral и BP (British Petroleum)¹⁴⁸.

В заключение, либерализация электроэнергетического рынка Германии лишь частично привела к ожидаемым результатам: потребителям было предоставлено право выбора компании-поставщика, однако количество компаний сократилось по сравнению с дореформенным периодом, из-за чего значительного снижения цен на электричество не последовало. Все представленные энергетические организации выразили стремления в сокращении эмиссии CO₂ до нуля к 2035-2040 гг. и заявили о необходимости расширения использования ВИЭ и развития «чистого водорода» как основного источника энергии в будущем.

В результате рассмотрения энергетического баланса Германии, ее структуры электрогенерации и условий расширения использования альтернативной энергетики было выделено следующее:

1. Германия продолжает зависеть от поставок энергоресурсов, однако за последние десятилетия альтернативной энергетике удалось стать одним из основных источников электроэнергии и усилить энергетическую безопасность страны;

2. К концу 2022 г. планируется вывести из эксплуатации оставшиеся три АЭС, что станет дополнительным стимулом к дальнейшему развитию «зелёной» энергетики;

¹⁴⁸ Fossil-free living within one generation // Vattenfall Annual and Sustainability Report 2021. URL: <https://group.vattenfall.com/de/siteassets/de/unternehmen/investoren/berichte/geschäfts--und-nachhaltigekeitsberichte/vattenfall-geschäfts-und-nachhaltigkeitsbericht-2021-englisch.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

3. После аварии на АЭС Фукусима была окончательно закреплена новая энергетическая концепция под названием «Энергетический поворот» (Energiewende), целью которой стало сокращение доли ископаемого топлива в энергобалансе и развитие возобновляемой энергетики;

4. Основой энергетической политики Германии стали два аспекта, а именно – защита климата (Klimaschutz) и устойчивое развитие с опорой на сохранение природных ресурсов (Nachhaltigkeit);

5. Основными возобновляемыми источниками энергии в энергетическом балансе и структуре электрогенерации являются ветряная энергетика, фотовольтаика, биоэнергетика, геотермальная энергетика и гидроэнергетика;

6. Значительное внимание уделяется развитию водородной энергетики, которая в будущем может стать основным источником энергии во многих странах.

7. Либерализация электроэнергетической сферы ФРГ лишь отчасти привела к ожидаемым результатам, т. к. слияние компаний для сокращения издержек явилось сдерживающим фактором для снижения цен на электричество для потребителей.

Заключение

С продвижением новых технологий и ростом потребностей населения в энергетических ресурсах проблема осуществления стабильного и доступного энергоснабжения выходит на первый план во многих государствах, среди которых находятся рассматриваемые в данной работе Япония и ФРГ. Ограниченность и исчерпаемость традиционных энергетических ресурсов, высокая волатильность цен на углеводороды, необходимость обеспечения энергетической безопасности, усиление экологического кризиса в связи с жизнедеятельностью человека предопределили необходимость расширения использования возобновляемых источников энергии.

В ходе данного исследования были проанализированы этапы становления топливно-энергетических балансов и структура электрогенерации Японии и Германии, исследованы предпосылки и условия развития альтернативной энергетики в указанных государствах, а также рассмотрена деятельность ведущих электроэнергетических корпораций. Ниже изложены основные выводы по итогам проделанной работы.

В структуре первичных энергетических балансов как Японии, так и ФРГ доля нефти и газа составляет порядка 60%, что говорит о сильной зависимости от поставок ввиду обладания незначительными энергетическими ресурсами, неспособными удовлетворить внутренний спрос. Осознание «фундаментальной энергетической уязвимости» пришло с возникновением нефтяных кризисов в 1970-х гг., когда нефть являлась основой для успешного развития промышленного сектора многих стран. В связи с данными обстоятельствами начались масштабные исследования в энергетической сфере с целью снижения зависимости от поставок и оценки перспектив развития альтернативной энергетики.

Основой энергетической политики обоих государств стали энергосбережение и стремление к достижению нулевых показателей выбросов парниковых газов к 2050 г. Тем не менее и Германия, и Япония всё ещё являются одними из лидеров по эмиссии парниковых газов. Ввиду того, что значительная часть выбросов – около 35% – приходится на промышленность, достижение углеродной нейтральности планируется за счет утилизации углекислого газа, вырабатываемого на предприятиях, а также за счет расширения использования альтернативной энергии.

В настоящее время возобновляемые источники энергии в японском энергобалансе составляют порядка 9%, а в производстве электричества – 18%, в то время как в ФРГ – 16 и 46% соответственно. Одной из причин возникновения существенных различий в показателях является то, что Япония планировала укреплять энергетическую безопасность посредством постепенного наращивания доли атомной энергии до 60% к 2100 г., однако авария на АЭС «Фукусима – 1» вынудила японские власти в корне пересмотреть энергетическую стратегию и в связи с возникшим дефицитом энергии временно нарастить импорт углеводородов, а также рассмотреть перспективы установки новых мощностей альтернативной энергетики. Тем не менее, согласно шестому энергетическому плану, разработанному осенью 2021 г. Министерством экономики, торговли и промышленности, было принято решение о дальнейшем наращивании атомной энергии в электрогенерации до 20 – 22%. Германия, в свою очередь, рано осознала «ненадежность и опасность атома» и с 1990 г. приступила к активному внедрению ВИЭ в энергетическую сеть. В конце 2022 г. запланирован вывод из эксплуатации последних действующих на территории страны АЭС в рамках полного отказа от дальнейшего использования атомной энергии.

Основными возобновляемыми источниками в структуре электрогенерации ФРГ являются: ветряная энергия, фотовольтаика, энергия биомасс, гидроэнергия и геотермальная энергия. Среди них особое внимание уделяется ветроэнергетике, о чем свидетельствует то, что Германия входит в тройку лидеров по мощностям ВЭУ в мире, уступая лишь США и КНР. Значительного успеха в отрасли удалось добиться за счет следования энергетической концепции под названием «Энергетический поворот» (Energiewende), основой для которой выступили защита климата (Klimaschutz) и устойчивое развитие с сохранением природных ресурсов (Nachhaltigkeit).

Структура возобновляемой энергетики в японской электрогенерации также состоит из ветряной энергии, фотовольтаики, биоэнергии и геотермальной энергии, однако лидирующие позиции в текущей электрогенерации занимает гидроэнергия. Согласно последнему энергетическому плану, в 2030 г. фотовольтаика займет первое место среди ВИЭ в производстве электричества за счет установки новых мощностей. Кроме того, в настоящее время реализуется множество проектов в сфере водородной энергетики, которая рассматривается мировым сообществом как потенциальная альтернатива ископаемым ресурсам.

Одним из факторов для продвижения возобновляемых источников энергии является конкурентоспособная цена на электроэнергию из них. Для снижения цены на электричество в Японии и Германии была проведена либерализация электроэнергетической сферы. В результате проведения данной реформы потребители лишь отчасти получили право выбора поставщика энергии, т. к. многие компании стали объединяться для сокращения издержек, в связи с чем перечень представленных на рынке

компаний заметно сократился, что, в свою очередь, стало препятствием для снижения цен.

Таким образом, альтернативная энергетика продолжит развиваться в обоих государствах с учетом соблюдения ряда ключевых условий, среди которых дальнейшее стремление государств к энергетической независимости от стран-экспортёров углеводородов, повышение уровня инвестиций в отрасль, продвижение технологических разработок, благодаря чему цена на электроэнергию из ВИЭ станет доступнее для конечного потребителя, а перечень экологически чистых источников энергии будет только расширяться.

Список использованных материалов

Источники

На русском языке:

1. Мировая энергетика // EES ЕАЕС. URL: <http://www.eeseaec.org> (дата обращения 10.05.2022)
2. Парижское соглашение // Организация Объединенных Наций. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (дата обращения: 10.05.2022)
3. Указ о специальном порядке исполнения иностранными покупателями обязательств перед российскими поставщиками природного газа // Официальные сетевые ресурсы Президента России. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/68094> (дата обращения: 10.05.2022)

На английском языке:

4. Chubu Electric Power Group Report 2021 // CHUDEN. URL: https://www.chuden.co.jp/english/resource/corporate/ecsr_report_2021_all.pdf (дата обращения: 10.05.2022)
5. Electricity Review 2011 // The Federation of Electric Power Companies of Japan. URL: https://www.fepc.or.jp/english/library/electricity_eview_japan/__icsFiles/afieldfile/2011/01/28/ERJ2011_full.pdf (дата обращения: 10.05.2022)
6. Fossil-free living within one generation // Vattenfall Annual and Sustainability Report 2021. URL: <https://group.vattenfall.com/de/> (дата обращения: 10.05.2022)
7. G20 coal subsidies: Japan // ODI. URL: <https://odi.org/en/publications/g20-coal-subsidies-japan/> (дата обращения:

10.05.2022)

8. Global trends in renewable energy investment 2020 // UNEP. URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32700/GTR20.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 10.05.2022)

9. Kansai Electric Power Integrated Report 2021 // KEPCO. URL: https://www.kepcoco.jp/english/corporate/list/report/pdf/e2021_a4.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

10. Kyuden Group Integrated Report 2021 // KYUDEN. URL: https://www.kyuden.co.jp/library/pdf/ir/integratedreport/2021/integratedreport_2021_b.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

11. Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park - a leading project that promotes sustainability in the UAE // Government of Dubai. URL: <https://www.dewa.gov.ae/en/about-us/media-publications/latest-news/2019/03/mohammed-bin-rashid-al-maktoum-solar-park> (дата обращения: 10.05.2022)

12. Renewable capacity statistics 2021 // IRENA. URL: <https://www.irena.org/> (дата обращения: 10.05.2022)

13. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020 // International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi: IRENA. 2020. 44 p.

14. Strategic Energy Plan. July, 2018 // Agency for Natural Resources and Energy. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/5th/pdf/strategic_energy_plan.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

15. Sustainability Report 2021 // E.ON. URL: https://www.eon.com/content/dam/eon/eon-com/eon-com-assets/documents/sustainability/en/sustainability-report/2021/EON_2021_Sustainability_Report.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

16. Tohoku Electric Power Group Integrated Report 2021 // Tohoku Electric Power Group. URL: https://www.tohoku-epco.co.jp/ir/report/integrated_report/pdf/tohoku_report2021en.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

На немецком языке:

17. Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland // Fraunhofer ISE. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/> (дата обращения: 10.05.2022)

18. Der Atomausstieg in Deutschland // Bundesamt für die Sicherheit und der nuklearen Entsorgung. URL: https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/ausstieg-atomkraft/ausstieg_node.html (дата обращения: 10.05.2022)

19. Atomkraftwerke in Deutschland - Abschaltung der noch betriebenen Reaktoren gemäß Atomgesetz (AtG) // Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. URL: <https://www.bmu.de/media/atomkraftwerke-in-deutschland-abschaltung-der-noch-betriebenen-reaktoren-gemaess-atomgesetz-atg> (дата обращения: 10.05.2022)

20. Der Zukunft über die Schulter geschaut // EnBW. URL: <https://www.enbw.com/media/bericht/bericht-2021/downloads/integrierter-geschaeftsbericht-2021.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

21. Deutsche Rohölimporte nach ausgewählten Exportländern in den Jahren 2014 bis 2021 // Statista. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2473/umfrage/rohoelimport-hauptlieferanten-von-deutschland> (дата обращения: 10.05.2022)

22. Deutscher Strommix: Stromerzeugung Deutschland bis 2021 // Fraunhofer ISE Strom Report. URL: <https://strom-report.de/strom> (дата обращения: 10.05.2022)

23. Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand: Oktober 2019 // Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=34 (дата обращения: 10.05.2022)
24. Energiewende // Bundesministerium für Bildung und Forschung. URL: <https://www.bmbf.de/> (дата обращения: 10.05.2022)
25. EnBW-Solarpark Weesow-Willmersdorf // EnBW. URL: <https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/solarenergie/solarpark-weesow> (дата обращения: 10.05.2022)
26. Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2021 // Agora Energiewende. URL: <https://www.agora-energiewende.de> (дата обращения: 10.05.2022)
27. EU beschließt fünftes Sanktionspaket gegen Russland // Europäische Kommission. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_22_2332 (дата обращения: 10.05.2022)
28. Erneuerbare Energien in Zahlen // Umweltbundesamt. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen> (дата обращения: 10.05.2022)
29. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2021 // Umweltbundesamt. URL: <https://www.umweltbundesamt.de> (дата обращения: 10.05.2022)
30. Fraunhofer ISE 2021. URL: <https://strom-report.de/strom> (дата обращения: 10.05.2022)
31. Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan // Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. URL:

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/integrierter-nationaler-energie-klimaplan.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

32. Installierte Leistung (kumuliert) der Photovoltaikanlagen in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2021 // Statista. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/13547/umfrage/leistung-durch-solarstrom-in-deutschland-seit-1990/> (дата обращения: 10.05.2022)

33. Probleme lösen sich nicht in Luft auf. Aber in Wasserstoff // RWE. URL: <https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/wasserstoff> (дата обращения: 10.05.2022)

34. Treibhausgasemissionen 2020: Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2020) // Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt. URL: https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/VET-Bericht-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (дата обращения: 10.05.2022)

35. Treibhausgas-Emissionen in Deutschland // Umweltbundesamt. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> (дата обращения: 10.04.2022)

36. Strommix 2020: Stromerzeugung in Deutschland [Netto] // Fraunhofer ISE Strom Report. URL: <https://strom-report.de/strom> (дата обращения: 10.05.2022)

37. Zahlen und Fakten. Statistische Kennziffern zur Erfolgsgeschichte Windenergie // Bundesverband WindEnergie. URL: <https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/> (дата обращения: 10.05.2022)

На японском языке:

38. Виндофа:му цугару [ウインドファームつがる: Ветряная ферма

«Цугару»] // Кадзима кэнтику кабусики кайся[鹿島建築株式会社]. URL: https://www.kajima.co.jp/news/digest/may_2021/feature/02/index.html (дата обращения: 10.05.2022)

39. Нихон но энэруги: энэруги: но има о сирү дзю: но мондай [日本のエネルギーエネルギーの今を知る 10 の問題: Энергетика Японии. 10 задач, чтобы узнать о текущей ситуации в энергетике] // Токио: Министерство экономики торговли и промышленности Японии. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2021.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

40. Кайги сё:кацу 2021.10.4 Токио. Кэйдзай сангё: сё:. Кокурицу кэнкю: кайхацу хо:дзин синэнэруги: сангё: гидзюцусо:го: кайхацу кико: [会議総括 2021年10月4日(月)東京. 経済産業省 .国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機: Итоги международной конференции на уровне министерств по вопросам водородной энергетики 04.10.2021 // Токио: Министерство экономики торговли и промышленности Японии, Национальное агентство исследований и разработок в области возобновляемой энергетики и Организация по развитию промышленных технологий] URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211008004/20211008004-1.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

41. Рэйва саннэн ханкё: хакусё дзюнкангатасякай хакусё сэйбуцу таё:сэй хакусё: (гайё:) [令和3年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書(概要)東京:環境省、2021: Годовой отчет третьего года эпохи Рэйва по вопросам окружающей среды, рациональному обществу, ориентированному на переработку, годовой отчет по биологическому

разнообразию (резюме). Токио. Министерство окружающей среды. 2021 г.]
URL: https://www.env.go.jp/policy/210608_R03hakusho_gaiyou.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

42. ТЕРСО То: го хо:кокусё [ТЕРСО 統合報告書 2021 – 2022: Годовой отчет Токийской электроэнергетической компании за 2020 – 2021 гг.] // ТЕРСО.
URL: https://www.tepco.co.jp/about/ir/library/annual_report/pdf/202108tougou-j.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

43. Энэруги: кихон кэйка, рэйва саннэн дзю: гацу [エネルギー基本計画、令和3年10月: Основной энергетический план, октябрь 2021 г. // Токио: Министерство экономики торговли и промышленности Японии]. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_01.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

44. «Сума:то сити энэруги: канрэн дзигё:» сайсиндо:ко: ва:кусёппу 2021 кайгай сума:то сити итиба ни тайсуру ва га куни энэруги: канрэн кигё:то: но синсюцу потэнсиару [「スマートシティ×エネルギー関連事業」最新動向ワークショップ 2021 海外スマートシティ市場に対する 我が国エネルギー関連企業等の進出ポテンシャル: Последний семинар по трендам 2021 г. "Умный город и Энергетический бизнес". Потенциал выхода японских компаний на зарубежный рынок «умных городов»] // МЕТІ. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/smart_community/smartcity_ws/pdf/smartcity_ws0.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

45. Тайё: нэцу риё: сисутэму мотто цукао: тайё:нэцу кэйдзай сангё:сё: энэруги тё: иппан сяданхо:дзин со:ра сисутэму синко: кё:кай [太陽熱利用システムもっと使おう太陽熱経済産業省エネルギー庁一般社団法人ソーラーシステム振興協会: Система использования солнечного тепла.

Давайте чаще использовать солнечную энергию // Министерство экономики, торговли и промышленности. Агентство энергетических ресурсов. Ассоциация продвижения солнечной энергетики] URL: <https://www.ssda.or.jp/profile/publication> (дата обращения: 10.05.2022)

46. Энэруги: канкэй гидзюцу кайхацу ро:до маппу. Хэйсэй 26 нэн 12 гацу. Кэйдзай сангё: сё: [エネルギー関係技術開発ロードマップ平成26年12月 経済産業省: Дорожная карта развития энергетических технологий. // Токио. Министерство экономики, торговли и промышленности. 2014.] URL:https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11678807/www.enecho.meti.go.jp/category/others/for_energy_technology/pdf/141203_roadmap.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

Литература

На русском языке:

47. Акимова В. В. Солнечный энергетический «переход» в Германии // Вестник МГУ. Серия: Естественные науки. 2018. №4. С. 61 – 73.

48. Акимова В. В., Тихоцкая И. С. Новая энергетическая стратегия Японии и развитие солнечной энергетики // Ежегодник. Япония. 2014. С. 71 – 87.

49. Бакштанин А. М., Крылов А. П., Беглярова Э.С. Инвестиционная привлекательность приливной энергетики и факторы, определяющие ее развитие в мире // Природообустройство. 2021. № 2. С. 50 – 57.

50. Белов А. В. Япония. Экономика и бизнес. СПб.: Издательство СПбГУ, 2017. 954 с.

51. Белоокая Н. В., Пивоварова Е. И. Обзор альтернативных источников энергии. Геотермальная энергия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2015. №1(12). С. 67 – 72.

52. Ветроэнергетическая отрасль мира: итоги 2020 г. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/412/8907416.htm> (дата обращения: 10.05.2022)

53. Гарипов М. Г., Гарипов В. М. Геотермальная энергетика // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Выпуск №14. С. 202 – 204.

54. Гедири А. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в контексте энергетической политики стран ЕС // Вестник РУДН. Серия «Международные отношения. 2012. №3. С. 26 – 32.

55. Голицын М. В., Голицын А. М., Пронина Н. М. Альтернативные энергоносители. М.: «Наука», 2004. 159 с.

56. Дуссет Дж. Энергия для завтрашнего мира. Мировой энергетический совет призывает к глобальным действиям. // Бюллетень МАГАТЭ. 2000. №42. С. 2-7.

57. Жизнин С. З., Тимохов В. М. Влияние энергетики на устойчивое развитие // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т. 61. № 11. С. 34 – 42.

58. Зимаков А. В. Трансформация энергетики в Германии: судьба атомной и угольной отрасли // Современная Европа. 2017. №5. С. 74 – 85.

59. Кобрянский В.М. Многослойные гибридные солнечные батареи на основе кристаллического кремния и сопряженных полимеров // Материалы Международного конгресса REENCON-XXI «Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность». 13-14 октября 2016 г./ Под ред. к.ф.-м.н Д.О. Дуникова, д.т.н. О.С. Попеля. М.: ОИВТ РАН. 2016. С. 22 – 27.

60. Корнеев К. А. Политика Японии в области развития водородной энергетики // Японские исследования. 2020. №4. С. 63 – 78.

61. Корнеев К. А., Попов С. П. На пути к либерализации

электроэнергетического сектора Японии // Энергетическая политика. 2015. №1. С. 84 – 90.

62. Котеленко С. В., Красников Д. В. Перспективы развития приливных электростанций // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. №11. С. 200 – 204.

63. Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Энергосбережение и энергоэффективность: монография. М.: РУСАЙНС, 2022. 334 с.

64. Пипия Л. К., Дорогокупец В. С. Энергетическая политика Японии // Наука за рубежом. Институт проблем развития науки РАН. 2017. №60. 39 с.

65. Подоба З. С. Энергетическая стратегия и переход к зелёной энергетике в Японии // Японские исследования. 2021. №1. С. 6 – 24.

66. Проскуракова Л. Н., Ермоленко Г. В. Возобновляемая энергетика 2030: глобальные вызовы и долгосрочные тенденции инновационного развития. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 96 с.

67. Смил В. Энергия и цивилизация. От первобытности до наших дней / пер. Д. Л. Казакова. М.: Бомбора, 2020. 480 с.

68. Социально-экономическая география Японии: учебное пособие для студентов вузов / под ред. И. С. Тихоцкой. М.: «Аспект Пресс», 2016. 536 с.

69. Стрельцов Д.В. Политика Японии в сфере энергосбережения: исторические и правовые аспекты // Ежегодник Япония. 2011. № 40. С. 18 – 37.

70. Сумин А. М. Энергетическая политика современной Германии: тенденции, проблемы, перспективы. М.: Газоил пресс, 2017. 270 с.

71. Супян Н. В. Сужающийся мост: проблемы энергетической политики Германии // Современная Европа. 2011. С. 67 – 80.

72. Ушаков В. Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды. Томск: «СибГрафик», 2011. 139 с.

73. Шувалова О. В. Либерализация электроэнергетической отрасли России и Германии: сравнительный анализ // Вестник РУДН. Серия Экономика. 2010. №1. С. 36 – 43.

74. Шувалова О. В., Стоянова М. –Й. Достижения Дании и Германии в области перевода своих экономик с ископаемых на альтернативные источники энергии // Вестник РУДН. Серия: Экономика. 2020. Т. 28(2). С. 315 – 333.

75. Экономика Японии: учебник / под ред. проф. С. А. Белозёрова, проф. С. Ф. Сутырина. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2021. 436 с.

На английском языке:

76. Duffield J. S. Fuels Paradise. Seeking Energy Security in Europe, Japan and the United States. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2015. 1169 p.

77. Jahn D., Korolczuk S. German exceptionalism: the end of nuclear energy in Germany! // Environmental Politics. 2012. 21. P. 159 – 164.

78. Leirena M. D., Reimer I. Historical institutionalist perspective on the shift from feed-in tariffs towards auctioning in German renewable energy policy // Energy Research and Social Science. № 43. 2018. P. 33 – 40.

79. Vivoda V. Energy Security in Japan. Challenges after Fukushima. New York: Routledge. 2014. 248 p.

80. Wiczorek I. Energy Transition in Japan: From Consensus to Controversy. Hamburg: German Institute of Global and Area Studies, 2019. 14 p.

На немецком языке:

81. Antonov V. Die geschichtliche Entwicklung der Energieversorgung in Japan. Hamburg: GRIN Verlag, 2013. 25 p.

82. Berghammer H. Der Top-Runner-Ansatz. Japans Weg zur

Energieeffizienz im Haushalt. Hamburg: Diplomica Verlag, 2010. 130 p.

83. Diekman J., Groba F. Erneuerbare Energien: Brandenburg und Bayern führen im Ländervergleich // DIW Wochenbericht. 2012. №50. P. 3 – 11.

84. Fundament-Installation Windpark Hohe See abgeschlossen // Hydrotechnik Lübeck. URL: <https://www.hydrotechnik-luebeck.de/installation-windpark-hohe-see/> (дата обращения: 10.05.2022)

85. Kreckel C., Böllmann S., Schillinger T. Erneuerbare Energien in Japan: Chancen für eine echte Energiewende? Ludwigshafen: Hochschule Ludwigshafen Ostasieninstitut, 2015. 45 p.

86. Quaschnig V. Erneuerbare Energien und Klimaschutz. 5., aktualisierte Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2020. 394 p.

87. Schiffer H.-W. Energiepolitische Programme der Bundesregierung 1973 bis 2017 // Energiewirtschaftliche Tagesfragen 67. Jg. 2017. Heft 11. P. 35 – 46.

На японском языке:

88. Исикава Кэндзи [石川憲二]. Нихон но энэруги: но кано:сэй то гэнкай [日本のエネルギーの可能性と限界: Ограничения и возможности энергетики Японии]. Токио: О: му ся, 2010. 191 p.

89. Исимару Мина [石丸美奈]. Сайсэй кано: энэруги: но какудай то ко:порэ:то РРА [再生可能エネルギーの拡大とコーポレート РРА: Расширение использования возобновляемых источников энергии и соглашения о покупке электроэнергии РРА] // Кё:сай со:кэн репо:то [共済総研レポート] . 2021. №173. P. 10 – 17.

90. Кан Наото [菅直人]. Фукусима гэнхацу дзико то сайсэй кано:

энэруги: но сё:рай. [福島原発事故と再生可能エネルギーの将来: Авария на Фукусима и будущее возобновляемой энергетики] // The Fukushima Nuclear Power Plant Disaster and the Future of Renewable Energy. Cornell University Press. 2018. P. 23 – 39.

91. Мацубара Хиронао [松原宏直]. Нихон но сайсэйкано: энэруги: то:кэй э но торикуми то конго но кадай [日本の再生可能エネルギー統計への取り組みと今後の課題: Инициативы статистических данных и будущие задачи в области возобновляемой энергетики Японии] // Фу:рёку энэруги: риё: симподзиуму [風力エネルギー利用シンポジウム] . 2013. P. 315 – 318.

92. Сайто Такаси [齊藤崇]. Сайсэй кано: энэруги: ни окэру мокусицу баёнасу риё: [再生可能エネルギーにおける木質バイオマス利用: Использование древесной биомассы в качестве возобновляемого источника энергии] // Андзурин сякай кагаку кэнкю: [杏林社会科学研究] . 2021. №3. URL: https://www.kyorin-u.ac.jp/univ/faculty/social_science/research/social-science/pdf/2020vol36no3_saito.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

93. Танака Хитоми, Икэда Юити [田中仁海・池田裕一]. Сайсэй кано: энэруги: то гэнсирёку о мотиита суйсо: кодзэнэрэ:сён но кэйдзайсэй хё:ка [再生可能エネルギーと原子力を用いた水素コージェネレーションの経済性評価: Экономическая оценка водородной когенерации с использованием возобновляемых источников энергии и ядерной энергетики] // Journal of Japan Society of Energy and Resources. 2022. № 2. P. 33 – 44.

94. Хаяси Цутому [林勉]. Сидзэн энэруги: хацудэн но кано:сэй то гэнкай [自然エネルギー発電の可能性と限界: Ограничения и возможности в сфере альтернативной энергетики] // Нихон гэнсирёку гаккайси [日本原子力学会誌] . 2012. №2. P. 90 – 97.

Пресса

На русском языке:

95. В Оренбуржье введена в эксплуатацию очередная солнечная электростанция // Издательство «Коммерсантъ». URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3991889> (дата обращения: 10.05.2022)

На английском языке:

96. Kyocera builds massive solar farm, tourist destination // Japan Trends. URL: <https://www.japantrends.com/kyocera-kagoshima-nanatsujima-mega-solar-power-plant> (дата обращения: 10.05.2022)

На немецком языке:

97. Atomdebatte im Bundestag: Alle aussteigen, bitte! // Spiegel URL: <https://www.spiegel.de/politik/deutschland/atomdebatte-im-bundestag-alle-aussteigen-bitte-a-771546.html> (дата обращения: 10.05.2022)

98. „Das Preisbarometer für Kohle schlägt gerade wild aus“ // WirtschaftsWoche. URL: <https://amp2.wiwo.de/unternehmen/industrie/russland-sanktionen-das-preisbarometer-fuer-kohle-schlaegt-gerade-wild-aus/28230630.html> (дата обращения: 10.05.2022)

99. Deutschland überweist in diesem Jahr wohl Rekordsummen nach Moskau // Süddeutsche Zeitung. URL: <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/russland-krieg-ukraine-oel-gas-1.5568092> (дата обращения: 10.05.2022)

На японском языке:

100. LNG кё: кю: мэгури, сюсё га дэнва кё:ги Ката:пу то [L N G 供給巡

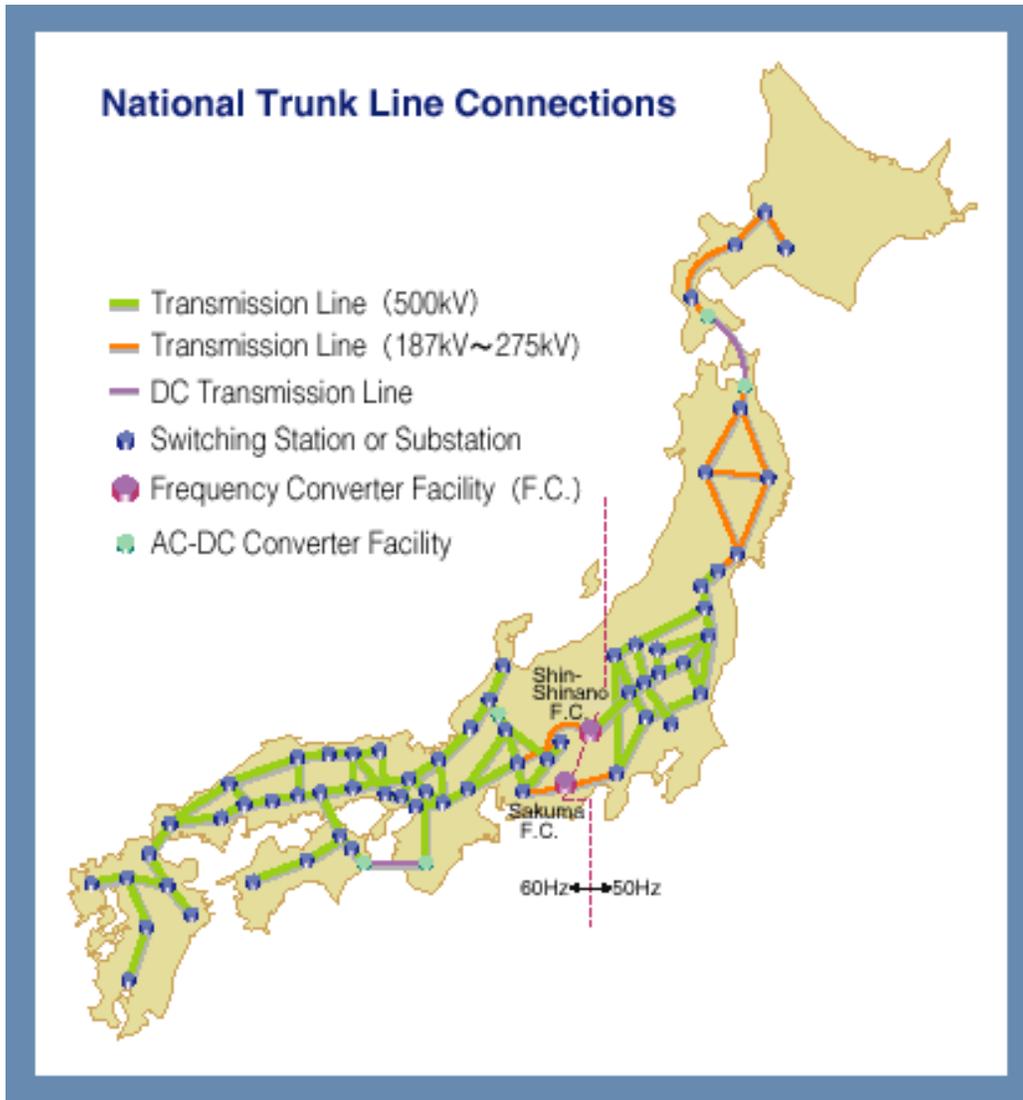
り、首相が電話協議 カタールと: Премьер-министр ведет переговоры с Катаром о поставках СПГ] // Asahi Shimbun Digital. URL: https://www.asahi.com/articles/DA3S15258931.html?iref=sp_ss_date_article (дата обращения: 10.05.2022)

101. Кю:сю: дэнрёку Росиа-сан но сэкитан о конънэндо юню: тэйси ни [九州電力 ロシア産の石炭を今年度輸入停止に: Kyushu Electric Power приостановит импорт российского угля в этом году] // NHK. URL: <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20220408/k10013573611000.html> (дата обращения: 10.05.2022)

102. Росиа кара но сэкитан «Нихон но дайкай-тэки ни хэраси, дзэро ни» Хагиуда кэйсай-сё [ロシアからの石炭「日本も段階的に減らし、ゼロに」萩生田経産相: Хагиуда, министр экономики, торговли и промышленности: «Поставки угля из России в Японию будут постепенно сведены к нулю»] // Asahi Shimbun Digital. URL: <https://www.asahi.com/articles/ASQ483C3PQ48ULFA002.html> (дата обращения: 10.05.2022)

Приложение

Рисунок 1 – Карта смешанной электроэнергетической сети Японии (на северо-востоке частота тока составляет 50 Гц, на юго-западе – 60 Гц)



Источник: Electricity Review 2011 // The Federation of Electric Power Companies of Japan. URL: https://www.fepc.or.jp/english/library/electricity_eview_japan/_icsFiles/afieldfile/2011/01/28/ERJ2011_full.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

Рисунок 2 – Крупнейшая оншорная ветряная электростанция в Японии – Виндофа:му цугару (ウィンドファームつがる), расположенная в префектуре Аомори



Источник: Виндофа:му цугару // Кадзима кэнтику кабусики кайся. URL: https://www.kajima.co.jp/news/digest/may_2021/feature/02/index.html (дата обращения: 10.05.2022)

Рисунок 3 – Плавучая солнечная электростанция, расположенная на платформе, установленной в заливе Кагосима



Источник: Kyocera builds massive solar farm, tourist destination // Japan Trends. URL: <https://www.japantrends.com/kyocera-kagoshima-nanatsujima-mega-solar-power-plant> (дата обращения: 10.05.2022)

**Рисунок 4 – Действующие АЭС на территории Германии со
запланированным сроком вывода из эксплуатации – конец 2022 г.**



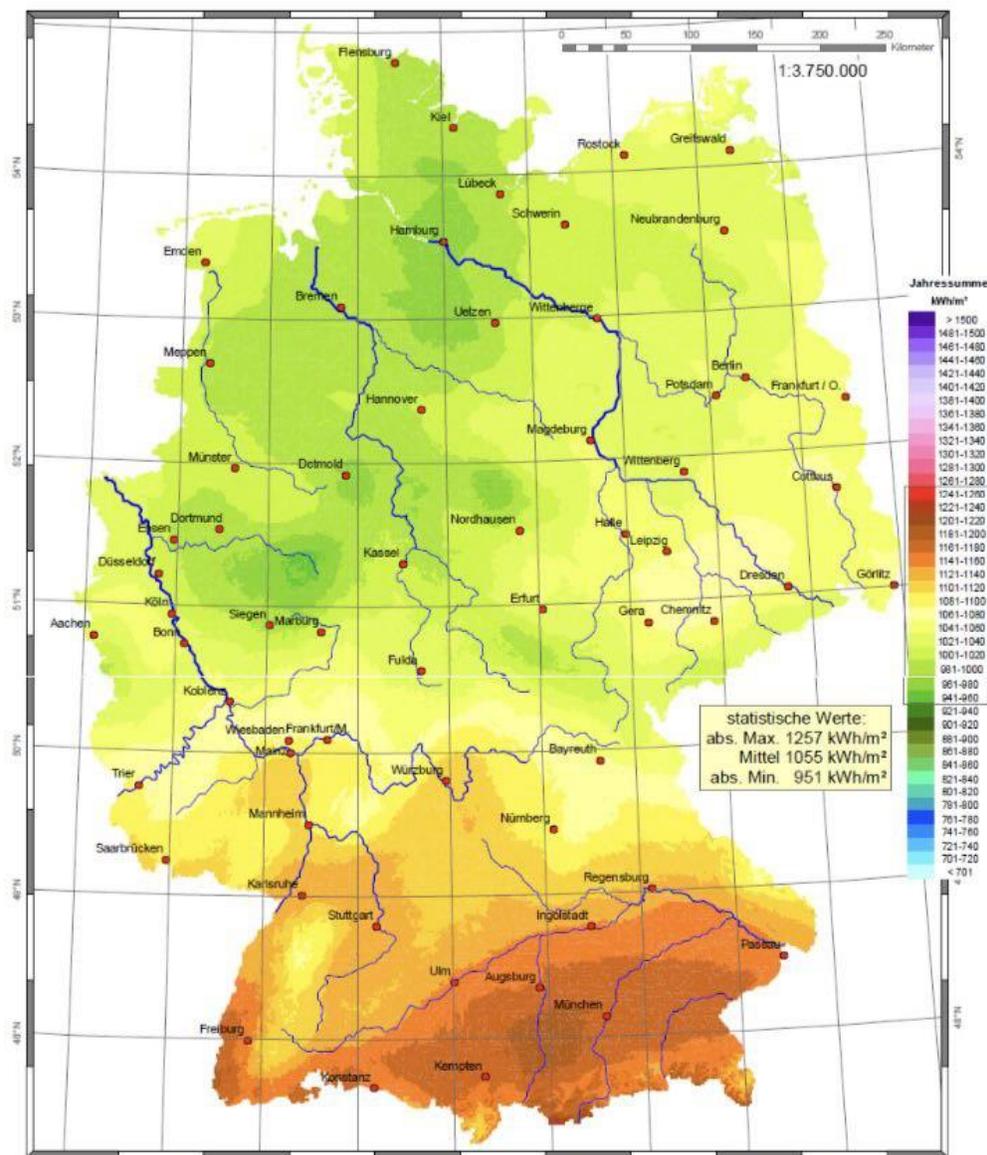
Источник: Atomkraftwerke in Deutschland - Abschaltung der noch betriebenen Reaktoren gemäß Atomgesetz (AtG) // Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. URL: <https://www.bmu.de/media/atomkraftwerke-in-deutschland-abschaltung-der-noch-betriebenen-reaktoren-gemaess-atomgesetz-atg> (дата обращения: 10.05.2022)

Рисунок 5 – Введенные мощности ветроэнергетики в федеральных землях Германии в МВт. (2020 г.)



Источник: Zahlen und Fakten. Statistische Kennziffern zur Erfolgsgeschichte Windenergie // Bundesverband WindEnergie. URL: <https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/> (дата обращения: 10.05.2022)

Рисунок 6 – Карта распределения установленных мощностей солнечной энергетики в Германии (в кВт/ч)



Источник: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland // Fraunhofer ISE. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)

Рисунок 7 – Крупнейшая ветряная электростанция морского базирования в Германии – Hohe See



Источник: Fundament-Installation Windpark Hohe See abgeschlossen // Hydrotechnik Lübeck. URL: <https://www.hydrotechnik-luebeck.de/installation-windpark-hohe-see/> (дата обращения: 10.05.2022)

Рисунок 8 – Крупнейшая солнечная электростанция Германии – Weesow-Willmersdorf, введенная в эксплуатацию в 2020 г.



Источник: EnBW-Solarpark Weesow-Willmersdorf // EnBW. URL: <https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/solarenergie/solarpark-weesow> (дата обращения: 10.05.2022)