

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Кафедра международных экономических отношений

БАРОВИК

Дарья Максимовна

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Дипломная работа

Научный руководитель:

Ст. преподаватель

Петрашевская А.В.

Допущена к защите

«__» _____ 2021 г.

Зав. кафедрой международных экономических отношений

кандидат экономических наук, доцент Н.В. Юрова

Минск, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 26 |
| ГЛАВА 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ | 10 |
| 1.1 Энергетические ресурсы мирового хозяйства: понятие и их классификация | 10 |
| 1.2 Экономическая конъюнктура мирового рынка энергоресурсов..... | 26 |
| ГЛАВА 2 ОПЫТ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН В ПРИМЕНЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПОДДЕРЖКИ ВИЭ | 39 |
| 2.1 Теоретические основы моделей поддержки использования ВИЭ | 39 |
| 2.1 Энергетическая устойчивость европейских стран | 53 |
| ГЛАВА 3 РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ НА МИРОВОМ РЫНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ | 65 |
| 3.1 Обеспеченность Беларуси энергетическими ресурсами | 65 |
| 3.2 Опыт европейских стран по развитию возобновляемой энергетики в Республике Беларусь..... | 75 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 85 |

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 99 с., 40 рис., 14 табл., 70 источников.

Ключевые слова: МИРОВОЙ РЫНОК, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГЕТИКА ВЕТРА, ГИДРОЭНЕРГЕТИКА.

Объект исследования: развитие возобновляемой энергетики в мировой экономике.

Предмет исследования: экономические аспекты развития возобновляемой энергетики в европейских странах.

Цель исследования: проведение анализа состояния, проблем и перспектив использования возобновляемых энергетических ресурсов, моделей ее поддержки и применение европейского опыта в Республике Беларусь

Методы исследования: систематический анализ, дедукция и индукция, метод визуализации, метод сравнения и сопоставления, метод обобщения статистических данных, гипотез, теорий и литературы по теме исследования, сравнительный и аналитический метод, обобщение.

Получение результатов и их новизна: в процессе работы был проанализирован мировой рынок энергоресурсов, состояние энергетических ресурсов государств, претендующих на лидерство в данной сфере. А также рассмотрен опыт европейских стран в развитии возобновляемой энергетики. Было проведено моделирование опыта стран в поддержке развития возобновляемой энергетики и предложены стратегии по развитию ВИЭ в Беларуси.

Область возможного практического применения: полученные данные дают возможность сделать обоснованные прогнозы на среднесрочную перспективу и наметить стратегические ориентиры для проведения энергетической политики страны.

Автор работы подтверждает, что приведенный в ней расчетно-аналитический материал правильно и объективно отражает состояние исследуемого процесса, а все заимствованные из литературных и других источников теоретические, методологические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

(подпись студента)

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 99 с., 40 мал., 14 табл., 70 крыніц.

Ключавыя словы: СУСВЕТНЫ РЫНАК, ЭНЕРГЕТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ, ПАЛІЎНА-ЭНЕРГЕТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ, АДНАЎЛЯЛЬНЫЯ КРЫНІЦЫ ЭНЕРГІІ, АЛЬТЭРНАТЫЎНЫЯ КРЫНІЦЫ ЭНЕРГІІ, СОНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТЫКА, ЭНЕРГЕТЫКА ВЕТРУ, ГІДРАЭНЕРГЕТЫКА.

Аб'ект даследавання: развіццё аднаўляльнай энергетыкі ў сусветнай эканоміцы.

Прадмет даследавання: эканамічныя аспекты развіцця аднаўляльнай энергетыкі ў еўрапейскіх краінах.

Мэта даследавання: правядзенне аналізу стану, праблем і перспектывы выкарыстання аднаўляльных энергетычных рэсурсаў, мадэляў яе падтрымкі і прымянення еўрапейскага вопыту ў Рэспубліцы Беларусь

Метады даследавання: сістэматычны аналіз, дэдукцыя і індукцыя, метады візуалізацыі, метады параўнання і супастаўлення, метады абагульнення статыстычных дадзеных, гіпотэз, тэорый і літаратуры па тэме даследавання, параўнальны і аналітычны метады, абагульненне.

Атрыманне вынікаў і іх навізна: у працэсе працы быў прааналізаваны сусветны рынак энэргарэсурсаў, стан энэргетычных рэсурсаў дзяржаў, якія прэтэндуюць на лідэрства ў гэтай сферы. А таксама разгледжаны вопыт еўрапейскіх краін у развіцці аднаўляльнай энергетыкі. Было праведзена мадэляванне вопыту краін у падтрымцы развіцця аднаўляльнай энергетыкі і прапанаваны стратэгіі па развіцці аднаўляльнай энергетыкі ў Беларусі.

Вобласць магчымага практычнага прымянення: Атрыманыя дадзеныя даюць магчымасць зрабіць абгрунтаваныя прагнозы на сярэнетэрміновую перспектыву і намеціць стратэгічныя арыенціры для правядзення энэргетычнай палітыкі краіны.

Аўтар работы пацвярджае, што прыведзены ў ёй разлікова-аналітычны матэрыял правільна і аб'ектыўна адлюстроўвае стан доследнага працэсу, а ўсе запазычаныя з літаратурных і іншых крыніц тэарэтычныя, метадалагічныя і метадычныя становішча і канцэпцыі суправаджаюцца спасылкамі на іх аўтараў.

(подпіс студэнта)

ANNOTATION

Degree paper: 99 p., 40 ill., 14 tab., 70 sources.

Key words: WORLD MARKET, ENERGY RESOURCES, FUEL- ENERGY RESOURCES, RENEWABLE ENERGY SOURCES, ALTERNATIVE ENERGY SOURCES, SOLAR ENERGY, WIND ENERGY, HYDROPOWER.

Object of research: the development of renewable energy in the global economy.

Subject: economic aspects of renewable energy development in European countries.

Purpose of research: analysis of the state, problems and prospects of using renewable energy resources, models of its support and application of European experience in the Republic of Belarus

Research methods: systematic analysis, deduction and induction, visualization method, comparison and comparison method, method of summarizing statistical data, hypotheses, theories and literature on the research topic, comparative and analytical method, generalization.

Obtained results and their novelty: the work analyzed the world energy market, the state of the energy resources of states claiming leadership in this area. And also the experience of European countries in the development of renewable energy is considered. A modeling of the experience of countries in supporting the development of renewable energy was carried out and strategies for the development of renewable energy in Belarus were proposed.

Area of possible practical application: the energy sector of the Republic of Belarus. The obtained data make it possible to make reasonable forecasts for the medium term and outline strategic guidelines for the country's energy policy and other sources, theoretical, methodological and methodological provisions and concepts are accompanied by references to their authors.

The author of the work confirms that computational and analytical material presented in it correctly and objectively reproduces the picture of investigated process, and all the theoretical, methodological and methodical positions and concepts borrowed from literary and other sources are given references to their authors.

(student signature)

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

| | |
|---------|-------------------------------------|
| АЭС | Атомная электростанция |
| ВИЭ | Возобновляемые источники энергии |
| ТЭР | Топливо-энергетические ресурсы |
| Э/э | Электроэнергия |
| ОПЕК | Организация стран-экспортеров нефти |
| ТЭК | Топливо-энергетический комплекс |
| у.т. | Условное топливо |
| н.э. | Нефтяной эквивалент |
| Бел АЭС | Белорусская атомная электростанция |
| BP | British Petroleum |
| НТП | Научно-технический прогресс |
| МНБ | Международная нефтяная биржа |

ВВЕДЕНИЕ

В наше время развитие мировой экономики определяется во многом развитием энергетики и научными разработками в области энергообеспечения. На сегодняшний день основным элементом развития цивилизации являются энергетические ресурсы, которые стали основным источником жизни мирового хозяйства. Топливо-энергетические ресурсы являются одним из главных инструментов решения многих проблем человечества. Развитие стран и повышение качества жизни населения в большей мере опирается на развитие и укрепление энергетического баланса страны.

Особенности развития энергетической политики стран повлияло на вынесение главного вопроса об обеспечении энергетической безопасности, как ключевую проблему на сегодняшний день.

Существующая, в течение последних десятилетий, система энергопотребления является причиной возникновения диспропорций в развитии мировой энергетики, поэтому возникающая из этого неравномерность распределения традиционных энергоносителей заставляет страны искать новые методы поиска и добычи энергии. А обеспокоенность экологическими последствиями использования углеводородов и возросшие требования к защите окружающей среды стимулируют страны на переход к зеленой стратегии роста.

Так, развитие возобновляемой энергетики, как результат ограниченности запасов и неравномерного распределения топливо-энергетических ресурсов, является одной из последних тенденций развития мировой энергетики. А истощаемость и негативное воздействие на окружающую среду традиционной энергетики стало основным триггером развития ВИЭ, лидирующую роль среди которых заняла солнечная и ветроэнергетика, геотермальная и гидроэнергетика, энергия биомассы, приливов и отливов.

К настоящему времени в исследованиях мировой энергетики и возобновляемой энергетики как ее составляющее уже накоплены обширные знания. Несмотря на то, что само понятие возобновляемая энергетика возникла лишь со второй половины XX века, задолго до этого уже существовало большое число исследовательских работ, которые содержали основы изучения энергетики мирового хозяйства. Среди наиболее известных необходимо указать работы У. Баумоль, В. Оатц, М. Бехбергер, которые объясняют функционирование поддержки возобновляемой энергетики. В зарубежной литературе ключевые аспекты, связанные с энергетическим развитием страны показаны в работах А. Кляйн, О. Лэнгниз, М. Рагвиц, Р. Мэтью Симоне, Ф. Рэй, Л. Эдер и др. Изучению энергетических ресурсов посвящено много отечественных работ: Ковалев М.М., Конопляник А.А., Кузнецов А.С., Федоров М.П., Боярко Г.Ю., Шумилин А.И.,

Сабельников Л.В., Абалкин Л.И., Богомолов О.Т. и другие.

Несмотря на большое количество научных работ, посвященных изучению возобновляемой энергетики, на сегодняшний день не сформировано единого подхода по развитию чистой энергетики в стране. Поскольку развитие возобновляемой энергетики требует серьезных капиталовложений, страны используют разные подходы к увеличению конкурентоспособности данной отрасли. На современном этапе чистая энергетика является новым стратегическим активом для инвестиций. Поэтому изучение моделей создания условий для привлечения инвестиций и оказания помощи в достижении конкурентоспособности данной отрасли является необходимым для применения опыта стран.

Таким образом, актуальность моей работы заключается в необходимости изучения применения моделей развития возобновляемой энергетики в связи с быстрым развитием на сегодняшний день данной отрасли в мировой экономике. Выявление основных тенденций и анализ опыта стран позволит применить наиболее подходящий опыт в нашей стране, оценить перспективы и выявить риски.

Цель моего исследования – изучение закономерностей использования моделей развития возобновляемой энергетики и анализ опыта европейских стран в данной отрасли с целью выявления наиболее успешных стратегий для применения в Республике Беларусь.

Для достижения указанных целей были поставлены следующие задачи:

1. Охарактеризовать основные виды энергетических ресурсов;
2. Рассмотреть мировой рынок энергоресурсов;
3. Выявить основные проблемы и закономерности развития энергетического рынка;
4. Изучить модели поддержки возобновляемой энергетики;
5. Раскрыть теоретические взгляды на инструменты поддержки;
6. Рассчитать и проанализировать индекс энергетической устойчивости европейских стран;
7. Выявить закономерности использования экономических инструментов поддержки;
8. Исследовать опыт европейских стран применения инструментов;
9. Проанализировать применения опыта европейских стран в Республике Беларусь.

В соответствии с поставленными задачами, дипломная работа состоит из введения, 3-х разделов, включающих подразделы, заключения, списка использованных источников и приложений.

В качестве основных источников литературы в работе использовались учебные, научные и периодические издания, электронные ресурсы, включающие

отчеты, статистические данные, отчеты международных статистических агентств и организаций. Теоретической базой послужили труды отечественных и зарубежных учёных по вопросам мировой энергетики, возобновляемой энергетики, в частности, У. Баумоля, В. Оатца, М. Бехбергера, Ковалева М.М., Конопляника А.А., Кузнецовой А.С., Федорова М.П. и других ученых.

В качестве практических источников литературы послужили доклады и отчеты международных организаций и ТНК в нефтегазовой промышленности, обзоры крупных аналитических и аудиторско-консалтинговых компаний (KPMG, Deloitte), а также научные статьи, бюллетени и статистические сборники. Многие статистические данные были взяты из отчетов British Petroleum, REN21, ОПЕК, Exxon Mobile.

ГЛАВА 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

1.1 Энергетические ресурсы мирового хозяйства: понятие и их классификация

Получение энергетических ресурсов является одной из главных проблем человечества. Именно поэтому, за последнее столетие наблюдался повышенный интерес со стороны государств на энергетические ресурсы, а также их значение в мировой экономике. Причиной данного процесса является всевозрастающая роль энергоресурсов в топливно-энергетическом балансе любой страны. В то время как эффективное использование энергоресурсов оказывает влияние на экономическое развитие стран.

По причине роста населения планеты и улучшения качества жизни людей, спрос на энергетические ресурсы непрерывно увеличивается, что означает стремительный рост энергопотребления. Именно поэтому, сегодня, страны проявляют повышенный интерес к поиску и добыче природных энергетических ресурсов.

Ограниченность запасов природных энергетических ресурсов обусловил возрастание научного интереса к поиску новых источников энергии как неотъемлемой части энергетической системы страны.

По причине того, что стран различаются по обеспеченности собственными топливно-энергетическими ресурсами, каждая страна планирует и осуществляет свои комплексы специальных мер по поиску, добыче и рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов. В зависимости от обеспеченности природными энергоресурсами, каждая страна самостоятельно создает свою энергетическую систему (энергетику), целью которой является получение, преобразование, распределение и использование всех видов энергетических ресурсов.

Единого подхода к определению энергетики не существует, а ученые рассматривают данное понятие с разных сторон, и как следствие выделяемые ими определения отличаются друг от друга. Основные определения энергетики представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Определения энергетики

| Авторы (издания) | Определение энергетики |
|-------------------------------|--|
| 1 | 2 |
| Полозова О.А. | Энергетика – это сложная совокупность больших и малых постоянно развивающихся систем, созданных для получения, преобразования, распределения и использования в национальном хозяйстве природных энергоресурсов и энергии всех видов. |
| Ковалев М.М. | Энергетика – это область промышленности, занимающаяся получением, передачей, преобразованием и рациональным использованием энергии. |
| Толковый словарь Даля | Энергетика – область экономики, охватывающая выработку, преобразование, передачу и использование разных видов энергии. |
| Большой экономический словарь | Энергетика - область народного хозяйства, науки и техники, охватывающая топливно-энергетические ресурсы, производство, передачу, преобразование, аккумулирование, распределение и потребление энергии различных видов |
| Северянин В.С. | Под энергетикой следует понимать совокупность больших естественных (природных) и искусственных (созданных человеком) систем, предназначенных для получения, преобразования, распределения и использования в народном хозяйстве энергетических ресурсов всех видов. |

Примечание: источник: собственная разработка на основании соответствующей литературы

Таким образом, выделяют несколько определений энергетики, которые тем или иным способом коррелируются между собой.

В основе энергетики лежат энергетические ресурсы, которые необходимы для сельского хозяйства, промышленности, транспорта, информационно-телекоммуникационный сектора, жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) и для других отраслей народного хозяйства.

Под энергоресурсами понимаются материальные объекты, в которых сосредоточена возможная для использования энергия [5, с. 11]. К ним относятся все виды углей, горючие сланцы, торф, нефть, природный газ, древесина, гидроэнергия, атомная (ядерная) энергия, энергия ветра, энергия приливов и отливов, энергия рек, энергия волн, солнечная энергия [4, с. 10].

При этом следует различать понятия энергоресурсов и топливно-энергоресурсов. Под энергоресурсами понимаются материальные объекты, в которых сосредоточена возможная для использования энергия [4, с. 10].

Энергетические ресурсы обладают достаточно развернутой

классификацией, представленной на рисунке 1.1.

Классификация энергетических ресурсов:

1. По природе ресурсов
 - Участвующие в постоянном обороте и потоке энергии (солнечная энергия, космическая)
 - Депонированные (нефть, газ, торф, сланцы)
 - Искусственно-активированные (атомная, термоядерная) [4, с. 10]
2. По источникам получения
 - Первичная энергия (непосредственно извлекаемая в природе: энергия топлива, воды, ветра, тепла Земли)
 - Вторичная (энергия, получаемая человеком после преобразования первичной на специальных установках – станциях: энергия электрическая, горячей воды, пара) [5, с. 11]
3. По способу воспроизводства:
 - Возобновляемые (энергия, запасы которых постоянно воспроизводятся: энергия ветра, солнца) [4, с. 10]
 - Невозобновляемые (энергия, запасы которых по мере потребления необратимо уменьшаются: уголь, нефть, газ) [4, с. 11]
4. По степени переработки:
 - Природные (возобновляемые и невозобновляемые энергоресурсы, которые возникли в результате геологического развития земли и других природных процессов (газ, нефть, гидроэнергия)
 - Облагороженные (получены в результате обогащения природных ресурсов, в процессе которых снижается доля примесей (т.е. повышается теплота сгорания), а физико-химические свойства не изменяются)
 - Переработанные (Получены в процессах, связанных с изменением физико-химической основы и состояния: коксование углей, продукты нефтепереработки, газификация топлива) [4, с. 11]
5. По возможности использования в экономике:
 - Валовый (потенциальный) запас (технически имеющийся в природе при данном уровне знаний: энергия водорослей)
 - Технический ресурс (Энергетические ресурсы, которые технически возможно добывать и использовать в экономике, но не всегда экономически целесообразно)
 - Экономический ресурс (Энергетические ресурсы, которые в настоящее время или в перспективе экономически целесообразно получать и использовать) [4, с. 11]
6. По степени разведанности:
 - Действительные-группа А (Разведанные и подготовленные к добыче запасы

- Достоверные-группа Б (Геологически обоснованные и относительно разведанны)
 - Возможные-группа С (Оцениваются приблизительно по данным экспертной оценки и геологических прогнозов) [4, с. 11-12]
7. По направлению использования:
- Энергетические цели (Для производства тепловой и электрической энергии)
 - Неэнергетические цели (Для использования в технологических установках и в качестве сырья в химической промышленности) [4, с. 12]
8. По способности к самовосстановлению
- Исчерпаемые энергоресурсы (ресурсы, неспособные к самовосстановлению, а непрерывное использование, приводит к исчезновению: нефть, природный газ, уголь, торф)
 - Неисчерпаемые энергоресурсы (ресурсы, использование которых не приводит к истощению их запасов: энергия солнца, ветра, воды и геотермальная энергия Земли)

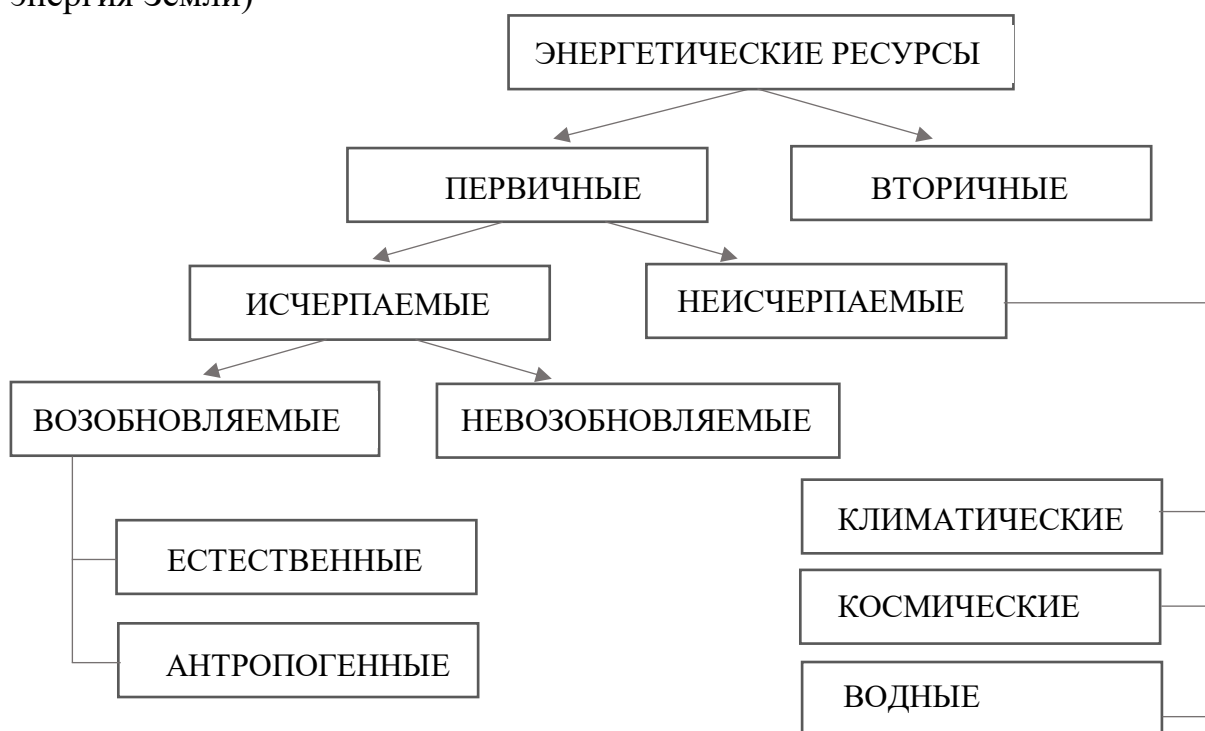


Рисунок 1.1 – Классификация энергетических ресурсов [4, 5]

Возрастающее внимание по отношению к природным энергоресурсам тесно взаимосвязано с их ограниченным запасом. С каждым годом потребление энергоресурсов возрастает, что коррелируется с ростом населения планеты. За последние 30 лет потребление энергоресурсов увеличилось в 1,6 раз. Причиной такого тренда является процесс глобализации. За последние 30 лет XX века около 340.124 млн тонн условного топлива было потреблено, что является самым большим значением за весь период потребления энергоресурсов. Мировое

энергопотребление имеет тенденцию роста, с 1990 по 2019 годы значение энергопотребления выросло на 64% [3].

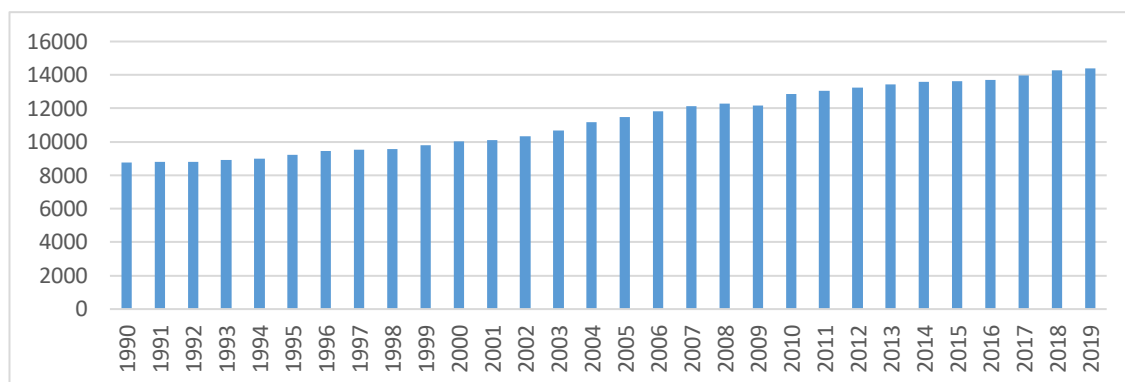


Рисунок 1.2 – Динамика объема потребления энергетических ресурсов, млн тонн условного топлива [3]

География потребления энергоресурсов взаимосвязана с объемом населения стран. Основными странами-потребителями энергоресурсов по объему потребления являются Китай, США, Индия, Россия, Япония, Германия, Бразилия, Канада [3].

Среднее значение процента мирового роста потребления в период с 2000-2018 составлял 2%. Однако, согласно данным ОЭСР, рост мирового потребления энергоресурсов в 2019 году составил 0,6%. При этом, в 2019 году, наблюдался рост потребления в Китае (+3,2%), России (+1,8%), Индии (+0,8%). В то время как процент рост объема потребления в странах ОЭСР (США (-1%), страны ЕС (-1.9%), Япония (-1.6%), Южная Корея, Канада) снизился по сравнению с предыдущим периодом.

Согласно прогнозу Ковалева М.М., к 2050 году по причине роста населения, произойдет также рост и энергопотребления. Также, быстрый рост некоторых развивающихся стран Азии и мировой экономики, увеличат спрос на энергоресурсы на 30% к 2030 году. В то время как к 2050 году спрос на энергоресурсы увеличится на 40%. Основным потребителем энергоресурсов останется промышленность, транспорт, жилая и коммерческая недвижимость [2, с. 8-10].

Основными источниками энергии на сегодняшний день являются нефть, природный газ и уголь. Нефть является главным источником энергии и занимает наибольшую долю в энергетическом балансе стран. Ресурсная база нефти вызывает заинтересованность специалистов не только по причине ее ограниченных запасов и их медленного роста, но также по причине большой подверженности экономико-политической монополизации в мировой экономике. Только 3/4 мировых запасов нефти приходится на страны ОПЕК.

С XX века нефть используется как главный энергетический ресурс.

Развитие нефтяной промышленности начинается с времен древних шумеров (около 6 тыс. лет до н.э.). Позже жители древнего Вавилона и Египта использовали загустевшую до смолистого состояния нефть в строительстве дорог и дворцов. С изобретением в 1876 бензинового двигателя и продуктивных способов разделения нефти на фракции начинается триумфальное шествие «черной земной крови» через все этапы промышленной и научно-технической революции. И начиная, с первой половины XXI века нефть становится основным энергетическим ресурсом [1, с. 28].

Нефть является основой развития цивилизации, а эффективность ее использования во многом определяет не только темпы роста экономики стран, то также и уровень благосостояния людей.

Нефть – это жидкие продукты преобразования органического вещества, захороненного в осадочных породах. Образование нефти - это часть общего глобального цикла углерода продолжительностью много миллионов лет [6, с. 81]. Нефть – это полезное ископаемое, которое состоит из углеводородов, кислород, серу и азот, залегающее на глубине 2 км в земной коре.

С точки зрения характеристики нефти как продукта, существует несколько видов (сортов) нефти, от характерных черт которых зависит цена на товар. Сорт нефти определяется из основных характеристик продукта, а также места добычи.

Нефть является основным энергетическим ресурсом, из которого производится энергия, которая имеет наибольшую долю от всей производимой и потребляемой энергии.

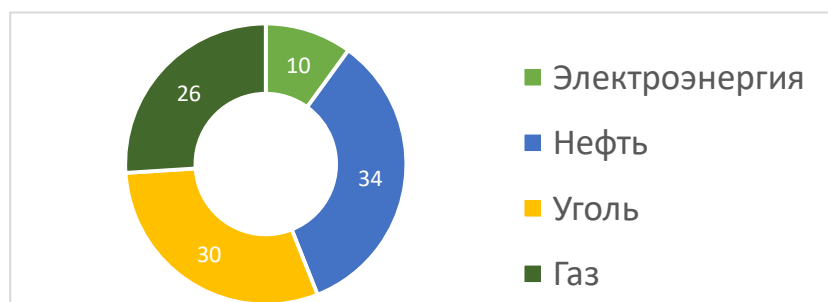


Рисунок 1.3 – Энергия, производимая из энергетических ресурсов [7]

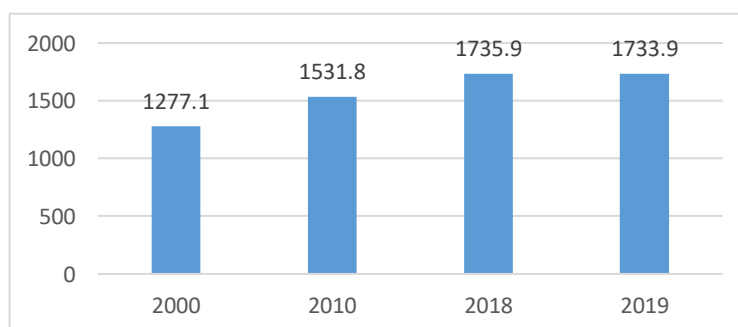


Рисунок 1.4 – Динамика запасов нефти, млрд баррель [8]

По причине растущего спроса на нефть и сокращения ее запасов, ведутся исследования по поиску новых месторождений. Из-за истощения месторождений, в которых в настоящий момент добывается нефть, специалисты проводят поиск энергоресурса в новых регионах, где не только может быть экономико-политические риски, но также регионы с достаточно высоким уровнем издержек. Из-за истощения месторождений, также за последнее время активизировались разведки по добыче сланцевой нефти. Для анализа и прогнозирования запасов нефти и их влияния на мировую экономику, изучение тенденции изменения запасов важно, по причине того, что они являются важным индикатором цен рынка нефти и как следствие влияют на экономику.

Согласно данным British Petroleum, мировые запасы нефти составили 1734 млрд баррелей в 2019 году, что на 2 млрд меньше, чем в 2018 году. При этом регионы, которые владеют наибольшими запасами нефти являются: Южная Америка, Ближний Восток, Африка [8].

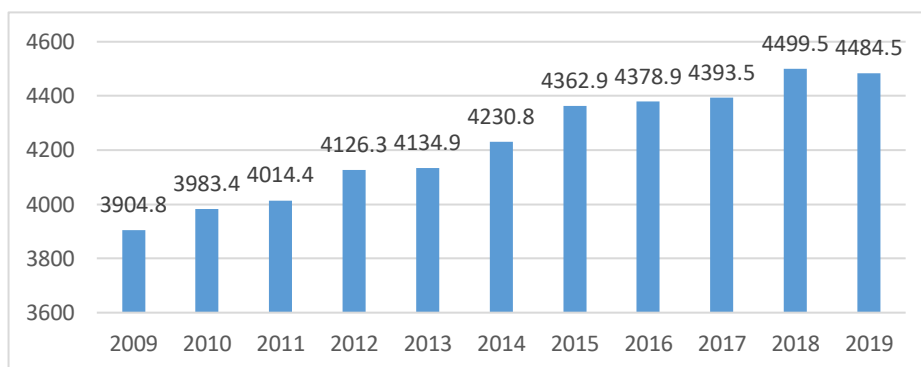


Рисунок 1. 5 – Динамика объема производства нефти, млн тонн [8]

За период 2000-2019 годы среднегодовой процент роста производства нефти составляет 1,1%. Однако в 2019 году мировое производство нефти упало на 0,3% по сравнению с 2018 годом. Причиной сокращения производства является общий спад производства на Ближнем Востоке (-6,1%), который произошел из-за роста региональной напряженности, результатом которого стала атака беспилотников в Саудовской Аравии, и из-за санкций против Ирана, где добыча нефти упала на 34%. Второй причиной мирового спада производства нефти стало сокращение добычи в Латинской Америке (-5,2%) из-за политических проблем, включая санкции США в Венесуэле и непрерывное снижение добычи нефти в Мексике [8].

Таблица 1.2 – Основные крупнейшие производители нефти 2019 года

| Страны-производители | Объем производства, млн т | Страны-производители | Объем производства, млн т |
|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| США | 745 | Арабские Эмираты | 183 |
| Россия | 560 | Бразилия | 146 |
| Саудовская Аравия | 545 | Кувейт | 144 |
| Канада | 268 | Иран | 137 |
| Ирак | 232 | Нигерия | 99 |
| Китай | 195 | Мексика | 94 |

Примечание: источник [7]

Средний рост потребления в период с 2009-2019 был 1,4%. В 2019 году потребление нефти увеличилось на 0,9%. Основной рост потребления нефти был в Китае и других развивающихся странах. Крупнейшие регионы по уровню потребления являются страны Азии, Европы и Северной Америки.

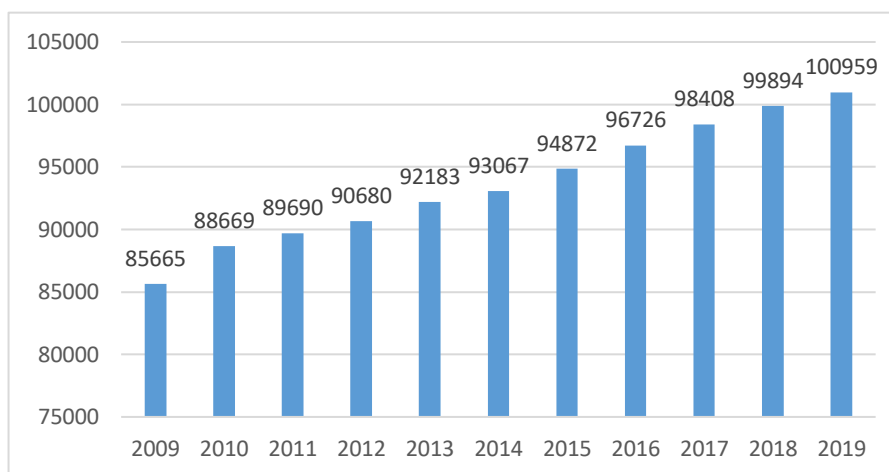


Рисунок 1.6 – Динамика объема потребления нефти, т. баррелей/день [8]

Вторым по использованию энергоресурсом является газ. Ожидается, что в будущем газ станет первым энергоносителем вследствие значительных разведанных месторождений, дешевизны добычи и транспортировки, низкого содержания углерода в составе. Так, в конце 20 века акцент на нефть стал смещаться в сторону природного газа по причине повышения цен на нефть и его негативного воздействия на окружающую среду.

Газ — это природный энергоноситель, обладающий более низким содержанием углерода в своем составе по сравнению с другими видами ископаемого топлива [2, с. 51]. Природные газы в зависимости от условий нахождения в природе разделяются на газы, сопровождающие нефть (попутные) и добываемые из газовых и газоконденсатных месторождений. Различие между сырой нефтью и природным газом заключается в размерах молекул углеводородов. В нормальных условиях любой углеводород, молекула которого содержит от одного до четырех атомов углерода, существует в виде газа [6, с.

83]. Основной причиной использования природного газа в больших объемах это разведанность большого количества месторождений энергоресурса.

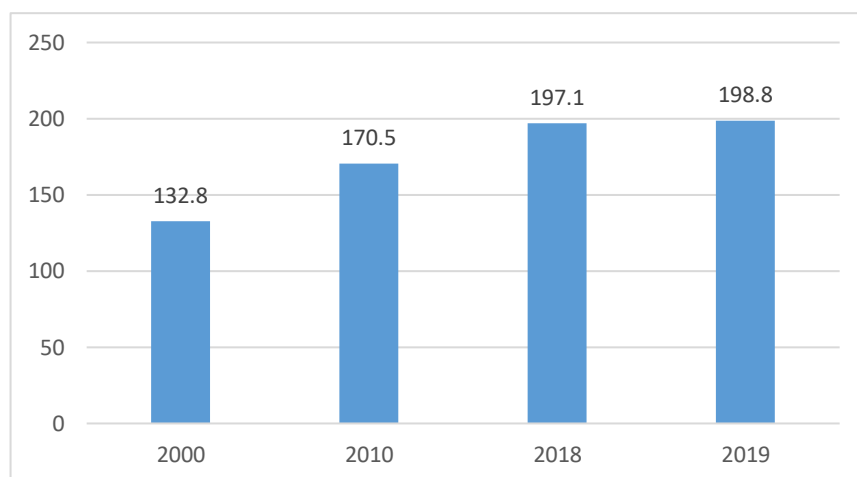


Рисунок 1.7 – Динамика запасов газа, триллионов м³ [8]

Согласно данным British Petroleum, общие мировые запасы газа составляют 198,8 триллионов м³ в 2019 году. При этом, более 56% запасов приходится на Россию, Катар, Иран и Туркменистан. Доля запасов России составляет 19,1%, Иран – 16%, Катар – 12,4%, Туркменистан – 8,9%, США – 4,2%.

Таблица 1.3 – Страны с максимальными запасами природного газа, 2019

| Страна | Запасы, триллионы м³ |
|-------------------|----------------------|
| Россия | 38 |
| Иран | 32 |
| Катар | 24,7 |
| Туркменистан | 17,8 |
| США | 8,5 |
| Саудовская Аравия | 8,4 |
| ОАЭ | 6 |

Примечание: источник [8]

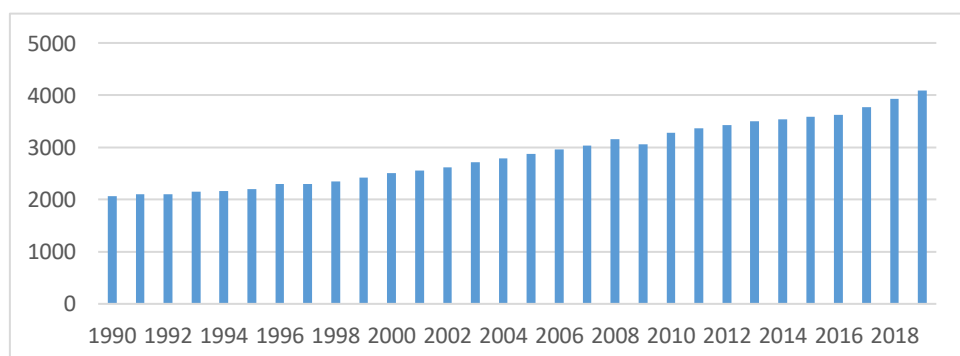


Рисунок 1.8 – Динамика объема мирового производства газа, млрд м³ [9]

На 2019 год объем производства газа составил 4085 млрд м³. За период

2000-2019 годы среднегодовой процент роста производства нефти составляет 2,6%. Однако в 2019 году мировое производство нефти упало на 4% по сравнению с 2018 годом. На США, крупнейшего производителя газа, пришлось более половины мирового прироста в 2019 году, за которой следует Россия, Австралия, Китай и Иран. Внутренняя добыча газа в США выросла более чем на 10% в результате новых разработок в сланцевых пластах в Техасе и Пенсильвании. Добыча газа также продолжала стабильно расти в России (+3,4%) и в Австралии (+18%). Однако добыча газа в Европе продолжает снижаться (-5,7%). Добыча газа в Латинской Америке оставалась достаточно стабильной, несмотря на рост производства газа в Аргентине (+5%).

Таблица 1.4 – Основные крупнейшие производители газа, млрд м³

| Страна-производитель | Объем | Страна-производитель | Объем |
|----------------------|-------|----------------------|-------|
| США | 951 | Катар | 173 |
| Россия | 740 | Австралия | 139 |
| Иран | 240 | Норвегия | 118 |
| Канада | 183 | Саудовская Аравия | 98 |
| Китай | 175 | Алжир | 90 |

Примечание: источник [9]

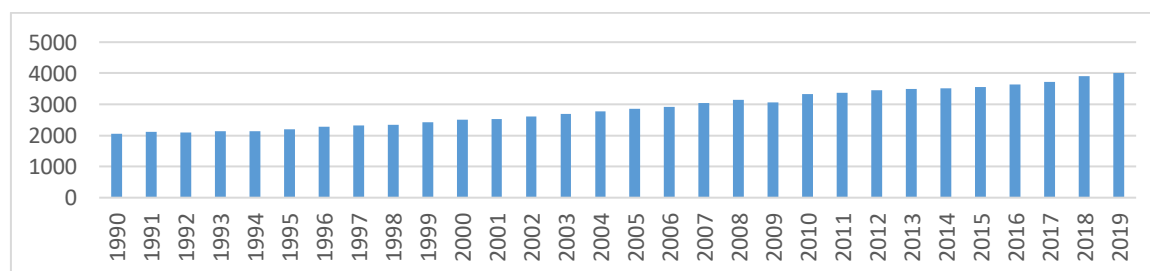


Рисунок 1.9 – Динамика объема потребления газа, млрд м³ [9]

Объем мирового потребления природного газа в 2019 году составил 4018 млрд м³. Мировое потребление газа в 2019 году продолжало расти (+2,6%), но более медленными темпами, чем в 2018 году (+ 5,1%). При этом средний процент роста потребления в период с 1990-2019 составил в среднем 2,5%.

Крупнейшим потребителем природного газа в 2019 году стала США, что произошло в результате снижения цен на газ и появлению новых газовых мощностей в секторе энергетики. Китай показал второй по величине рост спроса (+8,6%), что составляет 24% от мирового роста. При это в Китае происходит замедление темпов роста экономики и смягчение политики перехода с угля на газ, что и способствовало сокращению вдвое роста потребления газа (+ 8,6%).

Потребление газа также выросло в ЕС (+3,1%), поскольку спрос восстановился в Испании, Германии и Италии, а также в странах-производителях, таких как Россия, Австралия, Иран, Алжир и Египет.

В Азии потребление газа продолжает снижаться, а именно в Японии и Южной Корее из-за более низкого спроса со стороны сектора энергетики (снижение потребления электроэнергии и усиление конкуренции со стороны ядерных реакторов и возобновляемых источников энергии).

Потребление газа осталось стабильным в Латинской Америке с небольшим снижением в Бразилии и Аргентине и ростом на 4,4% в Мексике.

Третьим по объему использования энергетическим ресурсом является уголь. Несмотря на то, что уголь как природный энергоноситель играет большую роль в энергетическом балансе любой страны, в последнее время происходит тенденция снижения использования угля и переход на более чистые энергетические ресурсы.

Уголь – это вид полезного ископаемого, которое образовалось в результате метаморфизму древних растений и битумных масс, произошедшее вследствие опускания на большие глубины под землю под высокими температурами и без доступа кислорода [2, с. 57].

Согласно данным British Petroleum, общие мировые запасы угля на конец 2019 года составляют 1069 млрд тонн, что при нынешнем темпе добыче угля, запасов хватит на 132 года [8].

Таблица 1.5 – Страны с максимальными запасами угля, 2019, млн тонн

| Страна | Объем | Доля мирового запаса |
|-----------|--------|----------------------|
| США | 249537 | 23,3 |
| Россия | 162166 | 15,2 |
| Австралия | 149079 | 13,9 |
| Китай | 141595 | 13,2 |
| Индия | 105931 | 9,9 |
| Индонезия | 39891 | 3,7 |
| Германия | 35900 | 3,4 |
| Казахстан | 25605 | 2,4 |
| Польша | 26932 | 2,5 |
| Украина | 34375 | 3,2 |

Примечание: источник [8]

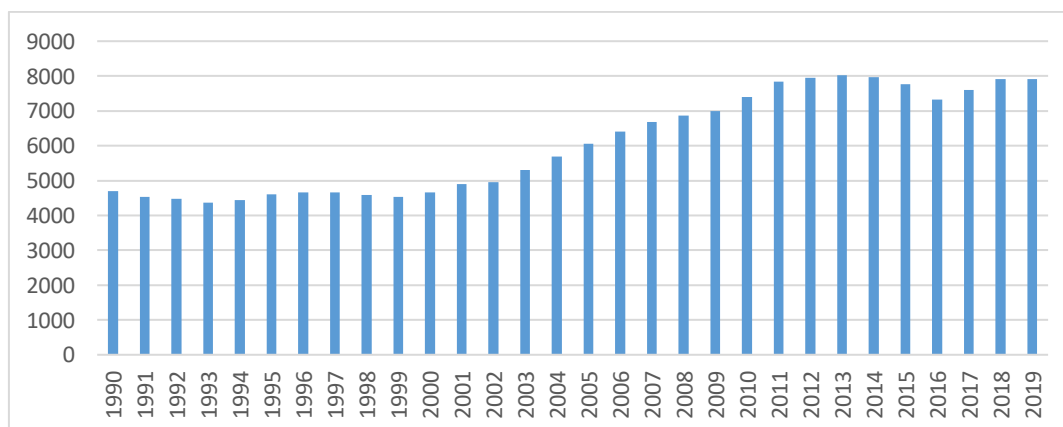


Рисунок 1.10 – Динамика объема производства угля, млн тонн [10]

Мировой объем производства угля в 2019 году составил 7911 млн тонн. Мировая добыча угля в 2019 году оставалась стабильной (+0%), несмотря на рост добычи угля в Китае на 4%. После двух лет роста мировая добыча угля в 2019 году оставалась стабильной, так как замедление потребления электроэнергии привело к снижению спроса на уголь.

В Китае, крупнейшем производителе угля (47% мирового производства), производство выросло на 4%. Добыча угля также немного увеличилась в Австралии и ускорилась в Южной Африке, несмотря на снижение мировых цен [10].

В других крупных странах-производителях угля производство имело тенденцию к снижению: сокращение на 3,3% в Индии, где продолжительный сезон дождей сорвал поставленную правительством цель по увеличению внутреннего производства, в Индонезии и Колумбии. Рост добычи угля в России замедлился (только + 1%), а в Турции остался стабильным. В ЕС климатическая политика, прекращение субсидий на добычу угля в 2018 году, высокие цены на углерод и усиление конкуренции со стороны возобновляемых источников энергии и газа в энергетическом секторе способствовали падению добычи угля на 15%, особенно в Германии и Польше [10].

Таблица 1.6 – Основные крупнейшие производители угля, млн тонн

| Страна-производитель | Объем | Страна-производитель | Объем |
|----------------------|-------|----------------------|-------|
| Китай | 3692 | Россия | 425 |
| Индия | 745 | ЮАР | 264 |
| США | 640 | Германия | 132 |
| Индонезия | 585 | Казахстан | 117 |
| Австралия | 500 | Польша | 112 |

Примечание: источник [10]

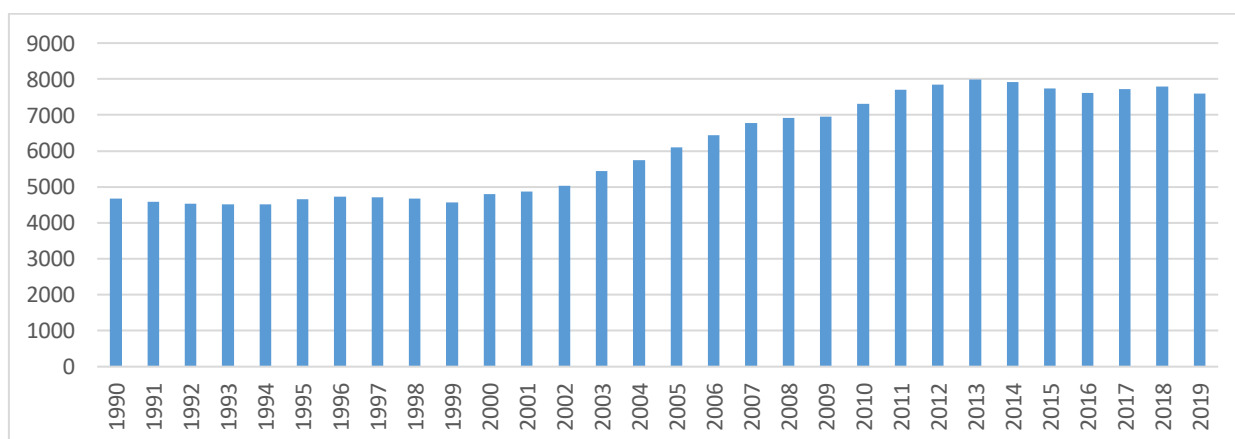


Рисунок 1.11 – Динамика объема потребления угля, млн тонн [10]

Мировой объем потребления угля в 2019 году составил 7595 млн тонн, что является новым снижением мирового потребления (-2,6%), несмотря на рост

потребления в Китае (+1%). После двух лет восстановления, мировое потребление угля в 2019 году снизилось по причине государственной и частной политики в области климата в сочетании с конкуренцией со стороны более дешевой газовой и возобновляемой энергетики, что ускорило закрытие многих угольных электростанций и привели к резкому сокращению потребления угля в ЕС (-18%, включая значительное сокращение в Германии, Польше и Испании). В США, где в 2019 году было выведено из эксплуатации почти 14 ГВт угольных мощностей, потребление угля также сократилось (-12%).

В Китае, на потребление которого приходится половина мирового спроса на уголь, потребление выросло на 1%. В Индии, второй по величине потребитель угля в мире, потребление угля снизилось на 3,4% из-за увеличения объемов гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии, которые сократили потребности в угле в энергетическом секторе.

Потребление угля замедлилось в Индонезии и снизилось в Южной Корее и Японии из-за более низкого спроса со стороны сектора энергетики. Потребление также замедлилось в крупных угледобывающих странах, таких как Россия (произошел переход с угля на газ в энергетическом секторе), Южная Африка (сокращение операций на угольных электростанциях из-за технических проблем), а также в Австралии и Турции.

В процессе развития науки и техники, страны начали пересматривать потребление энергоресурсов. Проблема истощаемости месторождений энергетических ресурсов, негативное влияние топливно-энергетических ресурсов на окружающую среду, а также импортная зависимость стран от поставки энергоресурсов заставило страны пересмотреть использование энергоресурсов в своем энергобалансе, а также задуматься о переходе на новые виды энергии. Так, начиная с XXI века наблюдается уверенный рост использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Первый квартал 1978 года является начальной датой изучения ВИЭ, когда Генеральная Ассамблея ООН в соответствии с резолюцией 33/148 ввела понятие «новые и возобновляемые источники энергии» и дала понятие ее видов [12, с. 5].

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии [11, с. 361]. ВИЭ представляют собой восстанавливаемую энергию, получаемую из природных источников. К ВИЭ относят энергию солнца, энергию ветра, энергию воды, энергию приливов, геотермальную энергию, древесину, биотопливо. К ВИЭ также периодически относят атомную (ядерную) энергию.

Согласно статистическим данным ВР, с 2009 по 2019 гг. выработка энергии с использованием ВИЭ выросла более, чем в четыре раза – с 636.7 ТВт.ч до 2805.5 ТВт.ч. Рост производства ВИЭ за период с 2009 по 2019 гг. составил

16.2%.

В составе производимой возобновляемой энергии (не включая гидроэнергетику) в 2019 году большую долю занимает, ветровая энергия и солнечная энергия, составляя в целом 76,7% от всей производимой энергии.

Таблица 1.7 – Производство энергии из ВИЭ

| Энергия | Объем, (ТВт.ч) | Доля |
|--|----------------|-------|
| Ветровая энергия | 1429,6 | 50,9% |
| Солнечная энергия | 724,1 | 25,8 |
| Другие виды (геотермальная, биоэнергия и т.д.) | 651,8 | 23,2 |
| Итого: | 2805,5 | 100% |

Примечание: источник [8, с.54]

В страновом разрезе, основными производителями ВИЭ (не включая гидроэнергию) в 2019 г. являются: Китай (26,1%), США (17,5%), Германия (8%), Индия (4,8%), Бразилия (4,2%), Великобритания (4,0%), Франция (2%) [14, с. 54].

Начиная с 2000 г., на основе рекомендаций международной организации ООН, страны постепенно начинают переходить на национальные зеленые стратегия, постепенно заменяя использование ископаемых источников энергии на возобновляемые. Данный процесс обуславливает рост объема потребления ВИЭ, в среднем на 15%. А повышение потребления солнечной и ветровой энергии обуславливает рост потребления ВИЭ в целом.

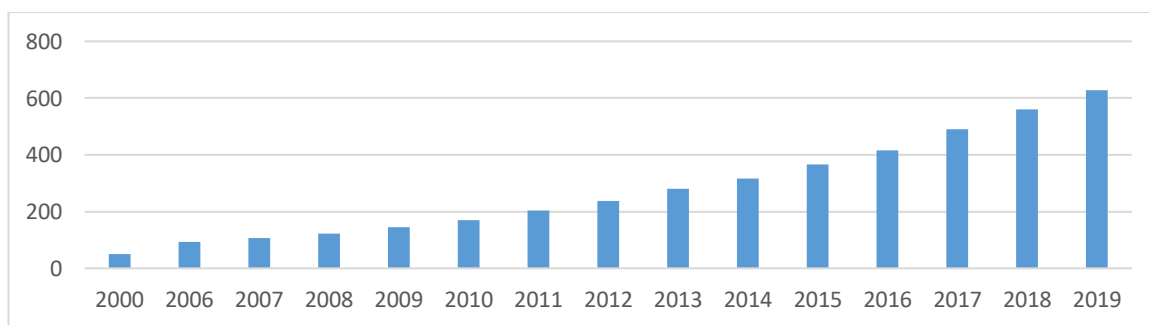


Рисунок 1.12 – Динамика потребления ВИЭ в мире (без гидроэнергетики), млн т. н. э. [13, с. 51]

Основными странами потребителями ВИЭ в 2019 году являются: Китай (25,6%), США (18,5%), Германия (8,4%), Индия (4,9%), Япония (4,5%), Великобритания (4,3%), Бразилия (4,2%), Испания (2,9%), Италия (2,7%), Канада (1,8%).

За последние два десятилетия наблюдается быстрый рост производства и потребления ВИЭ, что обусловлено созданием странами собственных стратегий и политик по переходу на ВИЭ. Согласно оценке Bloomberg, в 2019 году объем инвестиций в ВИЭ и топливо (не включая гидроэнергетику) составила 301,7

млрд \$, что на 5% больше, чем в предыдущем году. При этом инвестиции в возобновляемые источники энергии составили 282,2 млрд \$. Таким образом, инвестиции в ВИЭ в 2019 году превысили в три раза уровень инвестиций в угольные, газовые и ядерные генерирующие мощности вместе взятые. При этом, согласно оценке Bloomberg, инвестиции в ВИЭ преобладают в солнечной и ветроэнергетике, а именно финансирование в размере 230,1 млрд \$ было в масштабные коммунальные проекты, таких как ветряные электростанции и солнечные парки.

В 2019 году мировой рынок ветроэнергетики вырос на 19%, с добавлением около 60 ГВт новых мощностей. Быстрый рост в 2019 году во многом был обусловлен резким ростом в Китае и США и значительным ростом в Европе, несмотря на продолжающееся сокращение рынка в Германии.

Мировая установленная мощность ветроэнергетики к 2019 г. превысила 651 ГВт (данные REN21 [15]). Динамика установленных мощностей показана на рисунке 1.12.

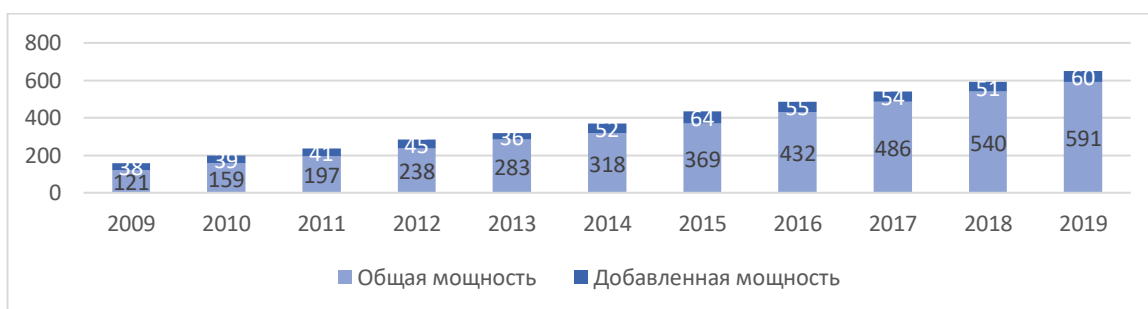


Рисунок 1.12 – Динамика мировой установленной мощности ветроэнергетики, ГВт [15]

Основными странами, использующих наиболее интенсивно ветроэнергетику, являются: Китай, США, Германия, Испания, Индия, Великобритания, Италия, Франция, Канада.

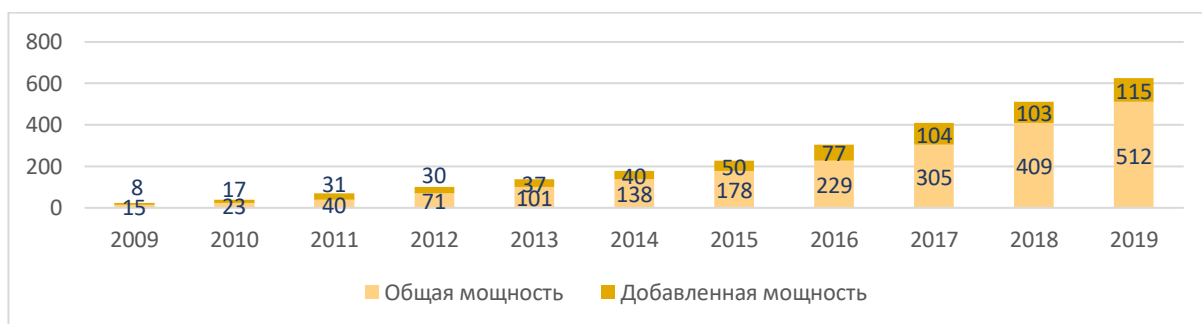


Рисунок 1.13 – Динамика мировой установленной мощности солнечной энергетики, ГВт [15]

Мировая установленная мощность солнечной энергетики к 2019 г. превысила 627 ГВт (данные REN21 [15]). Динамика установленных мощностей показана на рисунке 1.13.

Основными странами, использующих наиболее интенсивно

ветроэнергетику включает Китай, США, Германию, Японию, Индию.

Одним из видов ВИЭ, который часто выделяют как отдельный вид энергии – гидроэнергетика. Согласно данным ВР, рост мирового потребления гидроэнергии в период с 2009 по 2019 год составил в среднем 0,8%, и достигло в 2019 году 37.64 ЭДж. Мировыми лидерами по потреблению гидроэнергии являются Китай (30,1%), Бразилия (9,5%), США (6,4%), Канада (9,0%), Россия (4,6%), Норвегия (3,5%).

Одной из чистых видов энергий, которую периодически относят к ВИЭ, является атомная (ядерная) энергия, применяемая на атомных электростанциях. Атомная энергия, наряду с гидроэнергетикой, – одна из старейших низкоуглеродных энергетических технологий. Производство ядерной энергии началось с 1960-х годов, но в период с 1970 по 1990 гг. наблюдался массовый рост производства энергии во всем мире. Однако, после быстрого роста в 1970–1990-х годах мировая генерация значительно замедлилась. Резкое падение объемов производства ядерной энергии наблюдается после цунами на Фукусиме в Японии в 2011 году, поскольку страны отключили станции из соображений безопасности. Однако, в последние годы производство снова увеличивается.

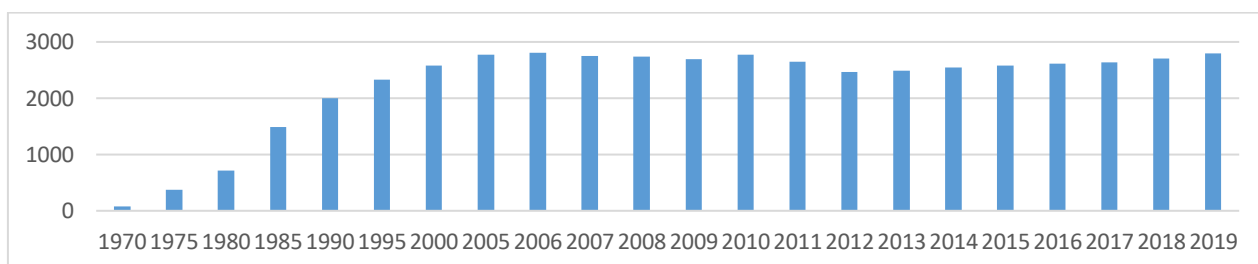


Рисунок 1.14 – Производство атомной энергии, ТВт [15]

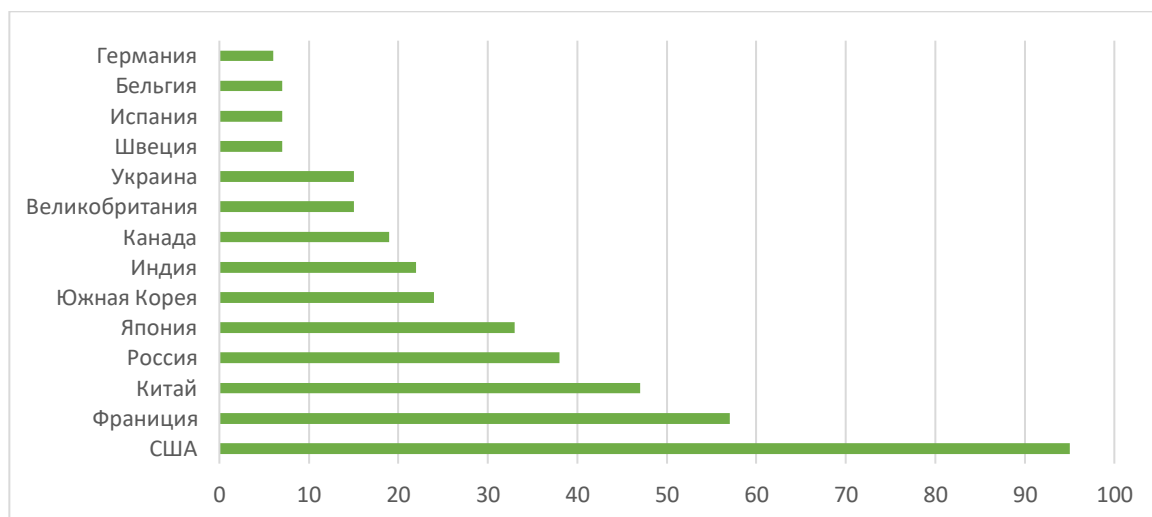


Рисунок 1.15 – Количество атомных реакторов по странам, 2020 [16]

Мировыми лидерами по производству атомной энергии являются США, Франция, Япония, Китай, Россия, Южная Корея, Канада, Украина, Германия,

Швеция.

Таким образом, энергетика является неотъемлемой частью экономического развития страны и его благосостояния. За последнее столетие энергетические политики стран претерпевали изменения, смещая свой акцент с потребления угля на потребление нефти и природного газа. Но начало 21 века полностью изменило видение государств стратегий энергетической обеспеченности. Переход от топливно-энергетических к альтернативным видам энергии является новым этапом потребления и добычи энергии. За последние два десятилетия наблюдается быстрый рост производства и потребления ВИЭ, что обуславливает рост объема инвестиций в нее. Таким образом, энергетические ресурсы являются не только неотъемлемой частью экономического развития стран, но также является и одним из активов для финансирования.

1.2 Экономическая конъюнктура мирового рынка энергоресурсов

Мировой рынок энергетических ресурсов – это сырьевой рынок, на котором происходит обращение топливно-энергетических ресурсов. Состояние минерально-сырьевой базы стран-производителей, а также особенности потребления и использования энергоресурсов во многом определяет конъюнктуру мирового рынка.

Экономическая конъюнктура рынка — это складывающаяся, непредсказуемо меняющаяся ситуация на местных рынках, проявляющаяся в условиях реализации определённых видов товаров [17, с. 8].

Развитие конъюнктуры мирового рынка энергоресурсов может изменяться в зависимости от оказания на нее различных факторов, включая геологические, географические и экономические. На изменение конъюнктуры товарного рынка также могут влиять внешнеторговая политика стран-экспортеров, стран-импортеров сырья. Одним из факторов влияния на мировой сырьевой рынок является научно-технологический прогресс, который ведет к более интенсивному росту производства других товарных групп, сокращая при этом долю сырьевых товаров в мировом товарообороте.

Важнейшими факторами, оказывающими влияние на цикл воспроизводства и на общехозяйственную и товарную конъюнктуру, являются экономическая деятельность государства, его внешняя и внутренняя политика: бюджетная политика, меры по регулированию и программированию экономики, по претворению в жизнь различных программ по повышению

«самообеспеченности», специальная сырьевая политика, предусматривающая гарантированные внутренние цены для своих товаропроизводителей, субсидирование издержек производства и проведение определенной политики протекционистского характера, различного рода «добровольные» ограничения экспорта, антидемпинговые пошлины и другие количественные и ценовые ограничения, регулирование ставки процента (ставки рефинансирования), валютного курса и т.д. [18, с. 178].



Рисунок 1.16 – Факторы влияния на предложение и спрос [17, 18]

Отличительная особенность конъюнктуры мирового рынка энергоресурсов – это ярко выраженная неравномерность распределения извлекаемых ресурсов, что является основным фактором, влияющий на спрос и предложение. А процесс истощения запасов полезных ископаемых и быстрый рост потребностей в топливно-сырьевых товарах, обуславливает столкновение основных стран-производителей, которые борются между собой не только за

долю рынка, но и доступ к новым месторасположениям энергоресурсов. Данная особенность рынка оказывает существенное влияние не только на формирование коммерческих отношений между контрагентами, но также и на ценообразование.

Мировой рынок нефти занимает наибольшую долю в общем рынке энергоресурсов. Динамика развития рынка нефти зависит от доказанных запасов, объема добычи ресурса, а также предложения и спроса, которые в свою очередь находятся в тесной корреляции с ценообразованием. На сегодняшний день в мире насчитывается более 40 тысяч месторождений нефти. Диапазон их размеров весьма широк – от гигантских с более чем 7 млрд тонн нефтяного эквивалента до малых в десятки тысяч тонн [18, с. 204].

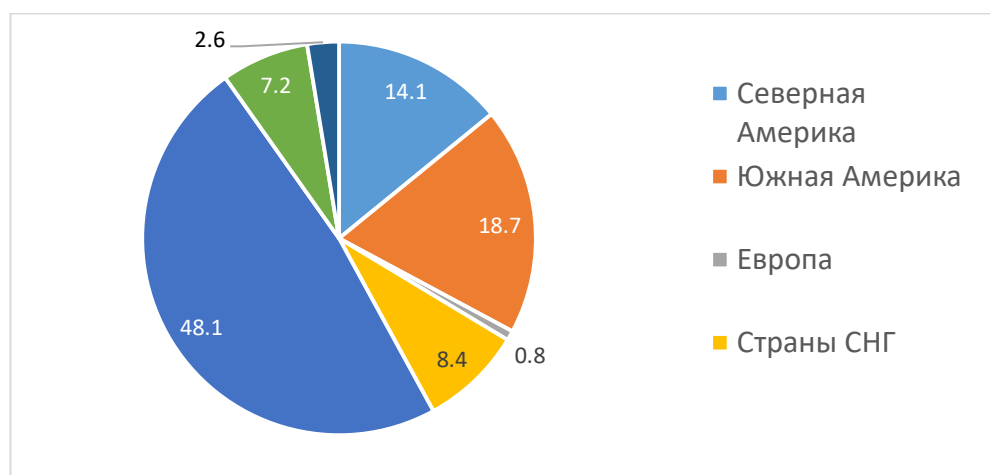


Рисунок 1.17 – Мировые запасы нефти в 2019 г. [8]

Странами-лидерами по объему запасов нефти являются страны ОПЕК, на долю которых приходится 70,1% мировых запасов ресурса [8]. Согласно данным ВР, в случае сохранения темпа производства нефти, мировых запасов, которые приходится на конец 2019 года, хватит на 49,9 лет. При этом запасы стран ОПЕК, при сохранении темпа производства нефти хватит этим странам на 93,3 года. По той причине, что в ОПЕК входят страны Ближнего и Среднего Востока, данный регион является лидером по объему доказанных запасов нефти.

В 2019 году в Северной Америке запасы нефти распределяются между США (4,0%), Канадой (9,8% от мировых запасов) и Мексикой (0,3%). В Южной Америке основная часть запасов распределяется между Венесуэлой (48%), Бразилией (1,8%), Аргентиной (0,3%). В Европе основными странами с наибольшими запасами нефти являются Норвегия (0,5 %), Великобритания (0,2%). Среди стран СНГ, основная часть запасов распределяется между Азербайджаном (0,4%), Казахстаном (1,7%), Россией (6,2%), Туркменистаном (0,1%) и Узбекистаном (0,1%). В регионе Востока, лидерами по запасам нефти являются Иран (9,0%), Ирак (8,4%), Кувейт (5,9%), Оман (0,3%), Катар (1,5%), Саудовская Аравия (17,2%), Сирия (0,1%), ОАЭ (5,6%), Йемен (0,2%).

Согласно данным ВР, в мире ежегодно увеличивается добыча нефти, при сохранении количества месторождений. За последние 20 лет среднегодовой процент роста добычи нефти составил 1,1%, достигнув 4484,5 млн тонн. При этом, согласно отчету компании, открытие новых месторождений замедляется по причине риска долгосрочных капиталовложений для поиска новых запасов нефти, что обусловлено неустойчивостью ценовой конъюнктуры рынка нефти. При этом, увеличение добычи нефти происходит благодаря новым технологиям, позволяющие проводить дополнительное бурение уже на действующих месторождениях. Появление новых технологий, которые включают в себя компьютерное моделирование и современные геофизические исследования, позволяют собрать большое количество информации перед осуществление бурения, что позволяет осуществить работы с максимальной эффективностью и наибольшей точностью, не рискуя получить убытки. Таким образом, современные технологии позволяют нефтяным компаниям приступать к освоению залежей, ранее считавшихся нерентабельными, предоставляя обширную геологическую информацию [18, с. 208].

Положение мирового рынка нефти обусловлено не только объемом запасов и добычи нефти, но также уровнем его потребления. Распределение уровня потребления нефти по регионам оказывает существенное влияние на объемы и направления экспортных поставок. Согласно данным международного энергетического агентства, средний рост потребления нефти за период с 2000 по 2019 гг., составил 1,17%.

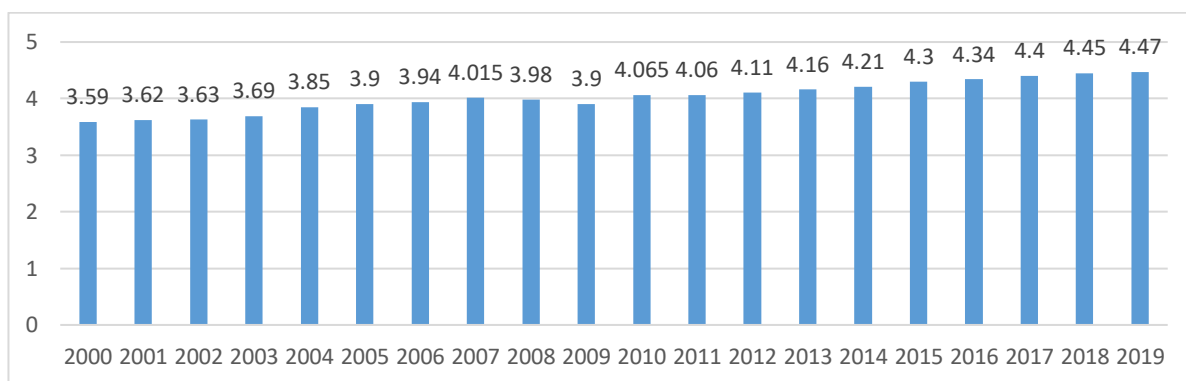


Рисунок 1.18 – Динамика спроса нефти, млрд тонн [19]

Уровень потребления нефти 2019 году, согласно ВР, распределился между Северной Америкой (24,4%), Южной Америкой (6,6%), Европой (15,2%), СНГ (9,3%), Востоком (9,3%), Африкой (4,1%), Азией (36,2%). При этом, следует отметить, что лидером по объему потребления нефти является Азия. По той причине, что спрос на нефть обусловлен НТП и развитием отраслей промышленности, можно предположить, что в дальнейшем потребление нефти развивающимися странами Азии будет расти. В то время как, в развитых странах,

где происходит постепенный переход на чистые виды энергии, ожидается, что потребление будет постепенно сокращаться.

Основными экспортерами нефти в 2019 году, согласно данным ВР, являются США (12,8%), Европа (21,0%), Китай (16,7%), Индия (7,6%), Япония (5,3%), остальной мир (36,6%).

За последние 20 лет появились новые лидеры по импорту нефти, включая Китай, Индию, Японию. Согласно прогнозам Мирового энергетического агентства, объем импорта Китая и Индии к 2030 году может составить, соответственно около 475 и 255 млн. тонн. Более того, прогнозируется, что лидерами по импорту нефти станут другие быстроразвивающиеся страны Азии, которые уже наращивают импорт энергоресурсов [2, с. 20].

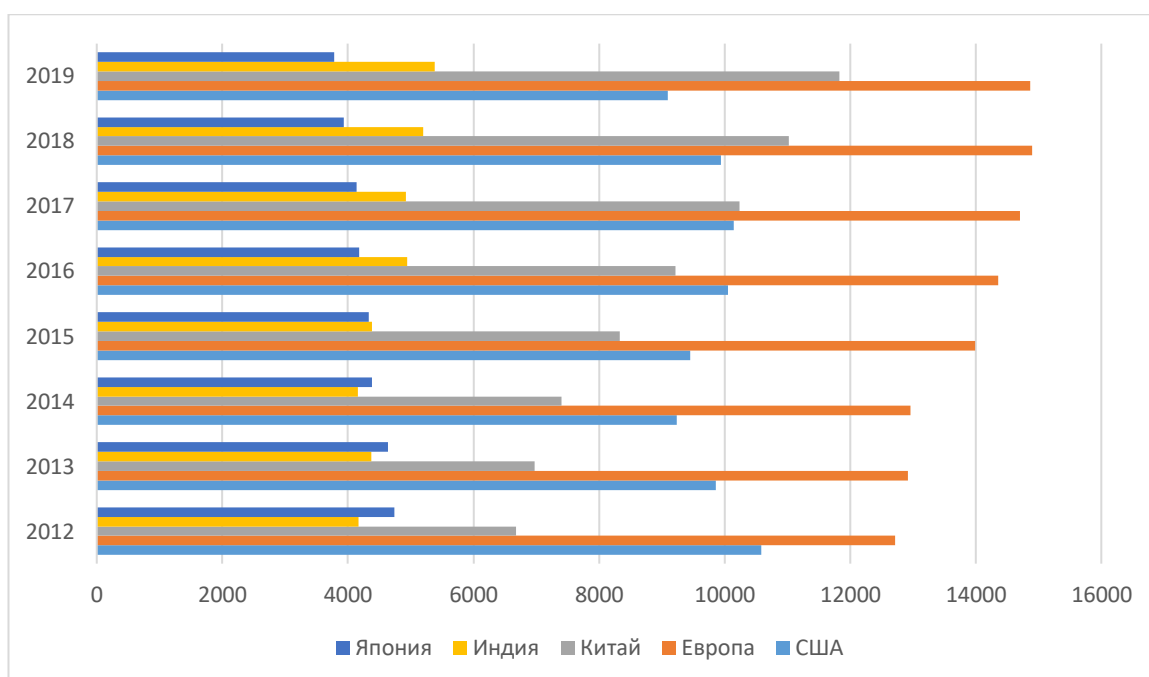


Рисунок 1.19 – Динамика импорта по регионам, тысяч баррелей/день [8]

Основными экспортерами нефти в 2019 году, согласно данным ВР, являются Канада (6,6%), Мексика (1,8%), США (11,3%), страны Южной Америки (4,8%), Европа (4,5%), Россия (13%), страны СНГ, не включая Россию (3,2%), Саудовская Аравия (11,8%), Восток, не включая Саудовскую Аравию (21,2%), страны Африки (9,8%), Азия, не включая Японию (11,2%).

Одним из основных факторов влияния на добычу и запасы нефти является ценообразование. Ценовая конъюнктура любого рынка является неотъемлемой частью его анализа. Пока нефть является главным энергетическим ресурсом в мировой экономике, цена ресурса является основным фактором благосостояния и экономического развития любой страны. Так, согласно отчету МВФ, изменение цены нефти, а именно ее повышение негативно влияет на мировую экономику.

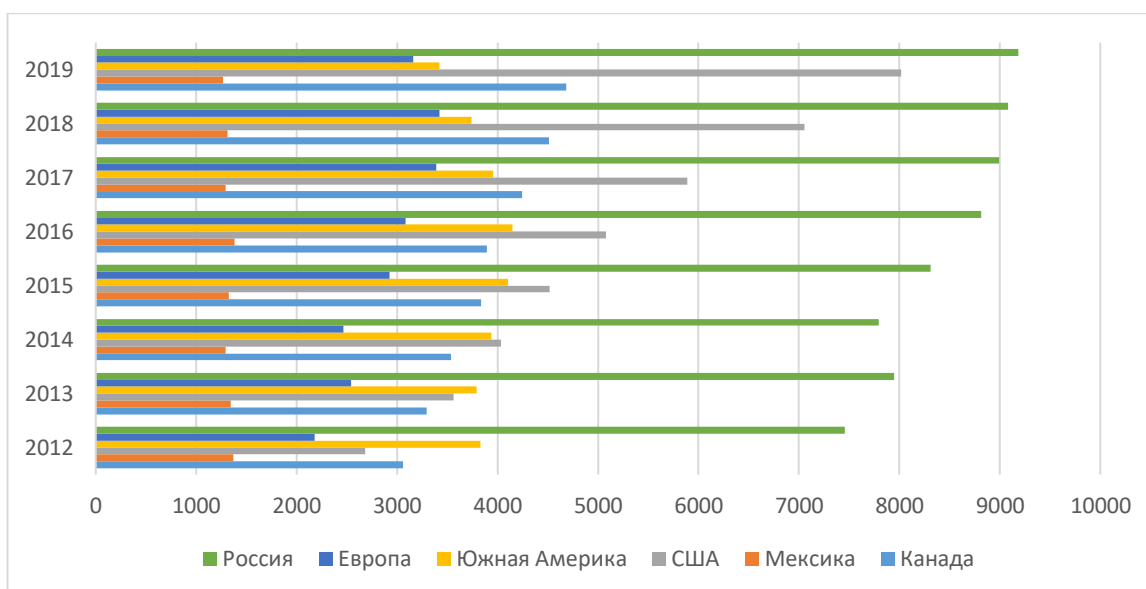


Рисунок 1.20 – Динамика экспорта по регионам, тысяч баррелей/день [8]

Так удорожание нефти на 10 \$/баррель выше уровня в 110 долл. приводит к сокращению темпов роста ВВП развитых стран на 0,3-0,5 %, а более энергоемких развивающихся — до 0,8 %. Об этом же свидетельствует модель МВФ, согласно которой повышение цены нефти на 10 \$/баррель приводит к сокращению темпов роста мирового ВВП на 0,75% [2, с. 30].

Ценообразование на нефть осуществляется в ходе биржевых торгов. Место торговли на бирже выбирается в соответствии с маркой/сортом нефти. Так, нефть марки Brent торгуется на Лондонской нефтяной бирже (LPE), нефть марки WTI (West Texas Intermediate) торгуется на Нью-Йоркской товарной бирже (NYMEX), нефть марки Dubai торгуется на Сингапурской международной товарной бирже (SIMEX) [2, с. 32].

Мировой рынок нефти начал складываться в 70-ых годах. Появление новых немонополизированных предприятий обусловило серьезные изменения на рынке нефти в 70-х годах. Новые игроки начали развивать практику заключения разовых краткосрочных сделок, что обусловило развитие рынка «спот». А колебания спроса и предложения, начиная с 1970-ых годов, поспособствовало развитию рынка разовых сделок с немедленной поставкой, который стал одним из важнейших источников покрытия потребностей обслуживаемых конечных потребителей для растущего числа компаний, в том числе и для международных монополий. Так, если в конце 70-х гг., компании — ведущие поставщики жидкого топлива в странах Западной Европы с помощью рынка разовых сделок обеспечивали около 10% своих продаж, то в середине 80-х годов — уже более 25% [20, с. 9-11].

На сегодняшний день, основными центрами торговли на рынке «спот», являются Голландия, Италия, Бельгия, Средиземноморское побережье Италии, Мексиканский залив, регион Карибского бассейна. Данные районы являются

основными центрами с точки зрения запасов нефти, а также с точки зрения логистики.

Начиная с 1980-ых годов наблюдался значительный рост игроков на нефтяной бирже, причиной которой, стала возможность страхования рисков и убытков, которые были обусловлены резким и частым изменением цены в небольшой промежуток времени. Переломным моментом на рынке нефти стал 1986 год, когда цена за баррель нефти стала устанавливаться биржей, в отличие от предыдущего периода, когда цены устанавливали монополисты (страны ОПЕК). Таким образом, за последние сорок лет, биржи получили свое развитие и на сегодняшний день являются основным центром рыночной экономики.

После пика развития рынка разовых сделок, акцент с рынка спот постепенно начал сменяться на фьючерсную торговлю энергетическими ресурсами. Причиной такого перехода стало желание продавцов нефтепродуктов страхование товара против колебания цен. Весной 1983 года на Нью-Йоркской товарно-сырьевой бирже началась торговля фьючерсным контрактом на нефть.

Практика использования фьючерсных контрактов, введенная Нью-Йоркской товарной бирже, стала привлекательной для продавцов и покупателей нефти, поскольку она позволяла участникам сделки оговаривать условия поставки и сорт нефти, а также страховать товар против колебания цен.

После начала осуществления практики биржевой торговли нефтью и нефтепродуктами в США, данная практика также начала наблюдаться в Европе и Азии.

В Европе биржевая торговля нефтью и нефтепродуктами началась в апреле 1981 г. на Лондонской международной нефтяной бирже (МНБ). А в 1997 году на МНБ был впервые введен фьючерсный контракт на природный газ. В то время как в Азии, биржевая торговля фьючерсами на энергоресурсы сформировалась только в 1999 году на Токийской товарной бирже (ТОКОМ). Таким образом, начиная с 2000 года на мировом рынке нефти торговля нефтью начала полностью осуществляться на биржах в разных регионах. Ценообразование в процессе торгов осуществляется на трех основных мировых биржах LPE, NYMEX и SIMEX. Можно отметить, что торговля нефтью осуществляется круглосуточно, при закрытии одной биржи открывается другая. Ценообразование на сорта нефти осуществляется в соответствии с эталонной маркой нефти – Brent, который выступает как показатель качества. Изменение цены на данную марку нефти способна изменить цены на остальные сорта нефти. Таким образом, цены на Brent оказывает влияние на весь мировой рынок нефти в целом [20, с. 9-15].

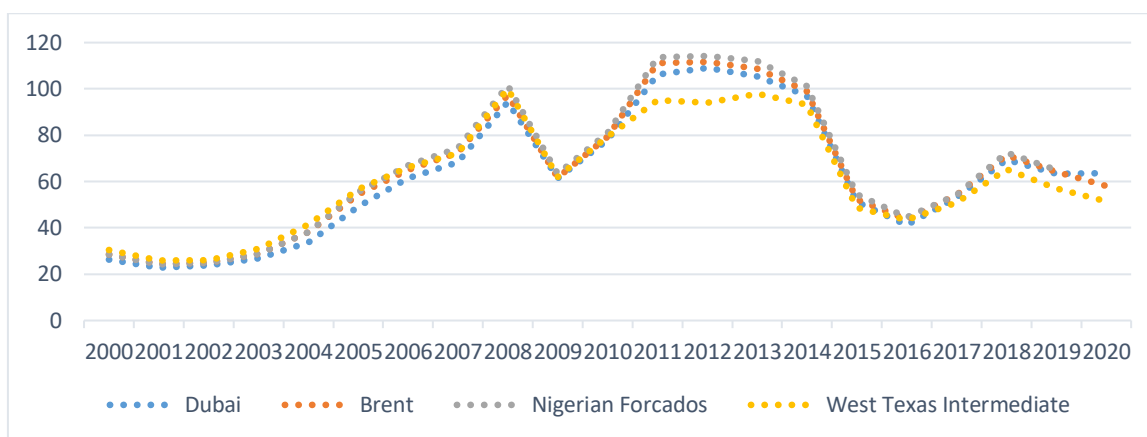


Рисунок 1.21 – Динамика цен на нефть четырех сортов, \$/barrel [8]

За период существования биржевой торговли нефти, ценообразование часто подвергалась различным факторам, что оказывало влияние на мировую экономику в целом. Так, факторы различной природы мгновенно могут изменить котировки нефти на бирже. Начиная с 2000 годов, рост цены на нефть обуславливалась логистическим кризисом. Недостаток танкеров для перевозки нефти оказали влияние на рост цены нефти на бирже. Таким образом за пять лет, цена нефти увеличилась в два раза. Резкий рост цен на нефть наблюдался также в 2005 году по причине природного катаклизма – урагана Катрина, который разрушил бурение скважин в Мексике. Рост цен постепенно происходил вплоть до 2008 года. Однако, в период в 2008 нефтяные котировки резко обвалились в результате мощного финансового кризиса. Начиная с 2009 года по 2014 год, цены на нефть постепенно восстанавливали рост, однако, в результате сланцевого прорыва в США началась тенденция снижения цен. Существенный переизбыток нефти в США оказал влияние на увеличение цены на газ, что в результате повлияло на уменьшение цен на нефть. С 2016 года началось восстановление цен, однако остановка промышленных производств в мире в 2019-2020 годах, вызванная, распространившейся на весь мир, COVID-19, вызвал огромный переизбыток нефти. Данная ситуация в мире привела к полному обесцениванию фьючерсов на нефть в мае 2020 года, что привело к снижению цены до -\$40.

Таким образом, рынок нефти уязвим по отношению к любым изменениям в мировой экономике. И с момента биржевого установления цен на нефть, на ценообразование оказывало влияние большое количество факторов, включая спрос, предложение, международную экономическую обстановку, развитие научно-технического прогресса.

Основным фактором, влияющим на ценообразование нефти, является мировой спрос, который обусловлен растущим населением, уровнем ВВП и экономическим развитием страны. Так, например, основными странами, которые наращивают потребление нефти являются развивающиеся страны Азии, объем потребления которых составляет 36,2% от мирового потребления нефти.

Тенденция энергосбережения и создание инновационных технологий по добыче возобновляемых источников энергии также оказывает влияние на мировой рынок нефти. Так, наблюдается тенденция сокращения потребления нефти (в период с 2008 по 2019 год происходит сокращение потребление нефти в среднем на 0,9% в год) в европейских странах, которые переходят от топливно-энергетических ресурсов к альтернативной энергетике. Государственная политика государств и введение таможенных пошлин один из факторов, который оказывает влияние на ценообразование. Рынок нефти является очень чувствительным к публичным высказываниям властей, обострением международной экономической обстановки. Примером может стать изменение котировок после выступления президента США или объявления о пандемии на планете. Запасы нефти, увеличение объемов добычи и нахождение новых месторождений влияют на ценообразование на бирже. Геополитические риски и экономическая неопределенность оказывают влияние на изменение цен на нефть. Катастрофа в Японии ухудшила перспективы ядерной энергетики, а гражданская война в Ливии и Сирии на долгий период резко сократила добычу нефти. В целом, арабская весна (Тунис, Египет, Ливия, Алжир) и волнения в Иране, Бахрейне, повлияли на нефтяные цены. Спорные географические области, например, в водах Южно-Китайского моря, на которые претендуют Китай, Филиппины, Вьетнам, Малайзия, Бруней, Тайвань, также увеличивают геополитические риски [2, с. 36].

Таким образом, рынок нефти является сложной уязвимой системой, которая непредсказуемо меняется под влиянием различных факторов. А данная специфика рынка оказывает колоссально влияние как на складывающиеся взаимоотношения на рынке, так и на мировую экономику в целом.

Наиболее молодым рынком энергетических ресурсов является рынок газа. На сегодняшний день доказано 198,8 трлн м³, которого по данным ВР, хватит на 49,8 лет при сохранении темпов его использования. Запасы газа на планете в 2019 году распределились между Северной Америкой (7,6%), Южной Америкой (4,0%), Европой (1,7%), странами СНГ (32,3%), Востоком (38,0%), Африкой (7,5%), Азией (8,9%).

Основными лидерами по запасам газа являются США (6,5%), Канада (1,0%), Венесуэла (3,2%), Норвегия (0,8%), Азербайджан (1,4%), Казахстан (1,3%), Россия (19,1%), Туркменистан (9,8%), Иран (16,1%), Катар (12,4%), ОАЭ (3,0%), Алжир (2,2%), Нигерия (2,7%), Китай (4,2%).

Потребление природного газа за период с 2000 по 2019 гг. увеличилось в 1,6 раза. При этом прирост потребления за последние 10 лет составил в среднем 2,5% в год. В то время как производство добыча газа за период с 2000 по 2019 гг. увеличился в 1,66 раз. Прирост добычи природного газа за последние 10 лет составил в среднем 2,4%. Таким образом, потребление и добыча природного газа

в среднем одинаковая. Анализируя данные, можно заметить, что существует гармония между ростом мировых мировой добычи газа и его мирового потребления.

За последние 20 лет объем экспорта сжиженного природного газа увеличился в 4,5 раза. Объем экспорта за последние 10 лет увеличился в среднем на 6,2%. Таким образом, можно заметить, что экспорт природного газа быстро развивается. Это можно объяснить развитием технологий по трансграничной торговле. Так, например, создание эффективных технологий строительства газопроводов привело к расширению рынка до региональных масштабов [2, с. 53-55].

Основными экспортерами природного газа в 2019 году являются США (9,8%), Россия (8,1%), Катар (22,1%), Оман (2,9%), Нигерия (5,9%), Алжир (3,4%), Австралия (21,6%), Малайзия (7,2%). В 2019 году по данным ВР, было экспортировано газа на 485 млрд м³, что на 12,7% больше, чем в предыдущем году.

За последние 20 лет объем импорта сжиженного природного газа увеличился в 3,4 раза. Основными импортерами природного газа в 2019 году являлись Северная Америка (1,8%), Южная Америка (2,7%), Европа (24,7%), Африка (2,0%), Азия (68,9%). Объем мирового импорта за последние 10 лет увеличился в среднем на 6,2%. При этом, следует отметить, что импорт природного газа странами Азии за последние 10 лет увеличивается в среднем на 7,1%.

Анализируя данные, можно сделать вывод, что за последние 20 лет природный газ становится все более востребованным на рынке. Если тенденция годового роста потребления природного газа останется прежней (2,5%), то к 2035 году потребление газа увеличится в 16 раз. При этом увеличение потребления природного газа повлияет на увеличение цены ресурса. При этом, можно ожидать, что в случае увеличения потребления газа, данный вид топлива вытеснит уголь со второго места среди источников энергии.

Ценообразование на природный газ осуществляется в ходе биржевых торгов. Рынок биржевой торговли природным газом начал складываться в начале 80-ых гг.

Отличительной особенностью ценообразования природного газа это применяемые биржей механизмы ценообразования, которые отличаются в зависимости от региона.

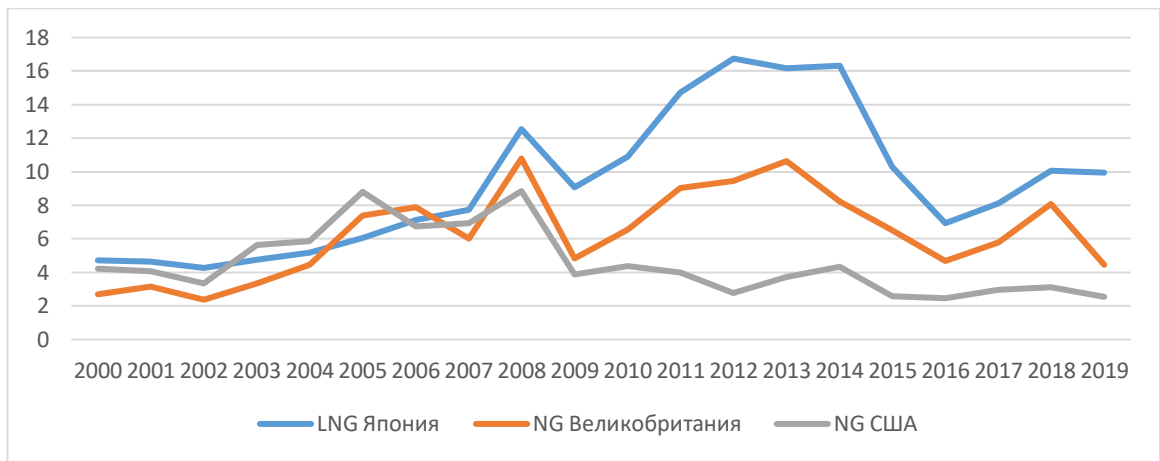


Рисунок 1.22 – Динамика цен на газ доллар/британская тепловая единица (BTU)

За период существования биржевой торговли газом, ценообразование природного газа, как и нефти часто подвергалась различным факторам, что оказывал влияние на мировую экономику в целом. Так, возникновение финансового кризиса 2008 года повлиял на падение цен на природный газ. Сланцевый прорыв 2014 года, осуществленный США, оказало влияние на обвал котировок на газ. Мировой рынок природного и сжиженного газа, как и рынок нефти, является достаточно уязвимым к различным факторам. Увеличение объемов добычи газа оказывает наибольшее влияние на изменение цены. Нахождение новых месторождений природного газа также влияет на стоимость ресурса, что негативно сказывается на котировках. Одним из факторов, который оказывает колоссальное влияние на топливно-энергетические ресурсы — это развитие альтернативной энергетики. К факторам, которые влияют в общем на биржевую торговлю, в том числе природного газа, можно отнести политические факторы, обострение международной обстановки, факторы техногенного характера.

Таким образом, рынок природного газа является также сложной уязвимой системой, как и рынок нефти. Данный рынок может непредсказуемо меняться из-за влияния различных факторов. А специфика рынка оказывает влияние как на складывающиеся взаимоотношения на рынке, так и на мировую экономику в целом.

Третьим сырьевым рынком в системе мирового рынка энергоресурсов является рынок угля. На сегодняшний день доказано 1069 млрд тонн угля, которого по данным ВР, хватит на 132 года при сохранении темпов его использования. Запасы угля на планете в 2019 году распределились между Северной Америкой (24,1%), Южной Америкой (1,3%), Европой (12,6%), странами СНГ (17,8%), Востоком (1,5%), Азией (42,7%).

Основными лидерами по запасам угля являются США (23,3%), Германия (3,4%), Польша (2,5%), Украина (3,2%), Россия (15,2%), Австралия (13,9%),

Китай (13,2%), Индия (9,9%), Индонезия (3,7%).

Потребление энергоресурса за период с 2000 по 2019 годы увеличилось в 1,5 раза. Прирост потребления за последние 10 лет составил в среднем 0,8% в год. За последние 10 лет прирост производства угля в среднем было 1,6% в год. Таким образом, мировое потребление в два раза меньше объема добычи угля.

За последние 20 лет объем экспорта угля увеличился в 2,2 раза. Мировой объем экспорта за последние 10 лет увеличился в среднем на 4,2% в год. Таким образом, можно заметить, что экспорт угля имеет не такой большой прирост в год по сравнению с экспортом природного газа и нефти. Это можно объяснить постепенным переходом от угля к более чистым видам топлива (нефть, природный газ).

Основными мировыми экспортерами угля в 2019 году являются Канада (2,9%), США (6,8%), Россия (16,6%), ЮАР (6,2%), Австралия (27,5%), Индонезия (26,0%).

За последние 20 лет объем импорта угля увеличился в 2 раза. Основными импортерами природного газа в 2019 году являлись страны Европы (14,9%), Китай (18,1%), Индия (16,1%), Япония (13,9%), Южная Корея (10,6%). Объем мирового импорта за последние 10 лет увеличился в среднем на 4,2% в год. При этом, анализируя импорт угля в разрезе стран, импорт угля, как и импорт природного газа и нефти постепенно увеличивается странами Азии.

Таким образом, проведя сравнительный анализ трех рынков, можно заметить, что рынок угля является наименее развивающимся в сравнении с рынком нефти и природного газа. Рост потребления, увеличение импорта и экспорта осуществляется в развивающихся странах, в то время как в развитых странах происходит сокращение потребления данного вида энергоресурса. Основная причина данного явления – его негативное воздействие на окружающую среду, что заставляет страны пересмотреть свою стратегию энергетической обеспеченности [2, с. 58].

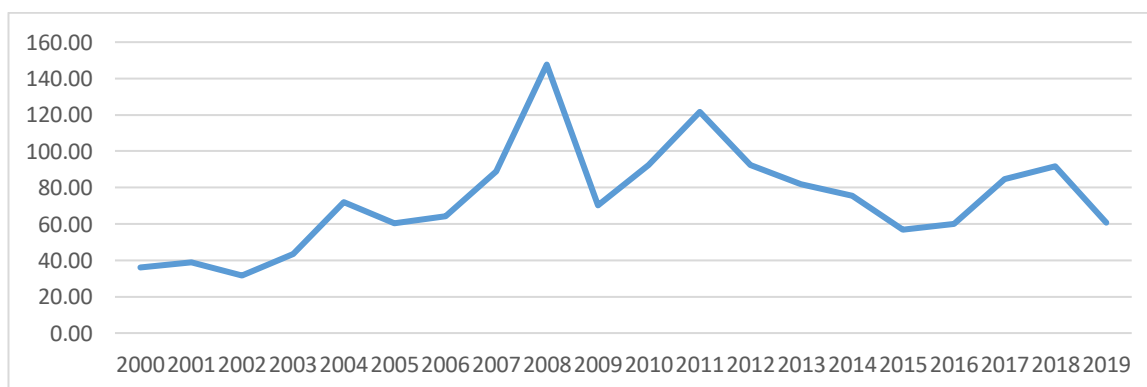


Рисунок 1.23 – Динамика цены на уголь, \$/тонна [8]

Ценообразование на уголь также осуществляется в ходе биржевых торгов.

Основной особенностью рынка угля это относительная дешевизна угля по сравнению со стоимостью ее прямых заменителей.

Ценообразование угля в биржевой торговле часто подвергалась различным факторам, которые также оказывали влияние на нефть и природный газ. В динамике ценообразования, основным моментом резкого падения цены на уголь, как и на нефть с природным газом, является финансовый кризис 2008 года, который за небольшой промежуток времени обвалил котировки на все энергоресурсы. В последующие три года цена на уголь постепенно восстанавливалась, однако начиная с 2012 года, спрос на уголь начал падать, что повлияло на снижение цены. Долговременное снижение спроса снизило количество постановок энергоресурса (согласно данным ВР, глобальное потребление угля в период с 2012 по 2017 годы сократилось на 2,5%, в то время как потребление газа выросло на 14%).

Вторым фактором, влияющим на ценообразование, является развитие альтернативной энергетики. За период с 2008 по 2019 годы потребление энергии возобновляемых источников увеличилось на 13,7% в год, а многие европейские страны постепенно проводят замещение угля в своем энергопотреблении. К факторам, которые влияют на биржевую торговлю можно отнести политические, обострение международной обстановки, факторы техногенного характера.

Таким образом, современный мировой рынок энергетических ресурсов функционирует в условиях глобализации, что наглядно проявляется в изменении спроса, предложения и ценообразовании. Данный рынок является сложной уязвимой системой, ситуация которой непредсказуемо меняется с появлением различных факторов. Рынок энергоресурсов на протяжении своего существования претерпевал структурные изменения из-за влияющих на него факторов. Три основные составляющие мирового энергетического рынка являются рынок нефти, рынок природного газа, рынок угля. Каждый вид сырьевого рынка имеет свои особенности, однако единственной общей чертой данных рынков является ее уязвимость перед экономическими, политическими и социальными факторами. Данная специфика рынка проявляется в динамике образования как спроса и предложения, так в динамике цен.

ГЛАВА 2

ОПЫТ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН В ПРИМЕНЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПОДДЕРЖКИ ВИЭ

2.1 Теоретические основы моделей поддержки использования ВИЭ

В условиях мировой глобализации и трансформации энергосистем, энергообеспечение стран мира играет большую роль в развитие как мировой экономики, так и национальных экономик отдельных стран.

Существующая, в течение последних десятилетий, система энергопотребления является причиной возникновения диспропорций в развитии мировой энергетики, поэтому возникающая из этого неравномерность распределения традиционных энергоносителей заставляет страны искать новые методы поиска и добычи энергии.

Так, развитие возобновляемой энергетики, как результат ограниченности запасов топливно-энергетических ресурсов, является одной из последних тенденций развития мировой энергетики. Исчерпаемость и негативное воздействие на окружающую среду традиционной энергетики стало основным триггером развития ВИЭ, лидирующую роль среди которых заняла солнечная и ветроэнергетика, геотермальная и гидроэнергетика, энергия биомассы, приливов и отливов.

Использование потенциала возобновляемой энергетики на современном этапе является новой инновационной отраслью предоставления энергетических услуг, которая не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду и как следствие здоровье человека, способствует инновационному развитию страны, стимулирует экономический рост и уровень благосостояния людей.

Начало формирования рынка ВИЭ берет свое начало в 1990 году и на сегодняшний день он достиг своей зрелости. В период с 1990 по 2019 годы объем генерации электроэнергии от ВИЭ ежегодно возрастал в среднем на 11,5%, что выше темпа роста производства первичной энергии (в среднем 2% в год) [13]. Объем производства энергии от ВИЭ в 2019 году составил 2805,5 ТВт/ч. При этом прирост производства энергии в 2019 году составил 13,3%.

Особенно высоки темпы роста в 2019 году в общем объеме производства электроэнергии от ВИЭ стала ветровая (1429,6 ТВт/ч) и солнечная энергия (724,1 ТВт/ч), которые составили приблизительно 50,96% и 25,8% в 2019 году.

Основными производителями ВИЭ в 2019 году являются США (17,5%), Германия (8,0%), Китай (26,1%), Индия (4,8%). Производство электроэнергии от

ВИЭ в географическом разрезе по регионам распределился среди Северной Америки (20,6%), Южной Америки (6,6%), Европы (29,8%), стран СНГ (0,1%), Ближнего Востока (0,5%), Африки (1,6%), Азии (40,9%).

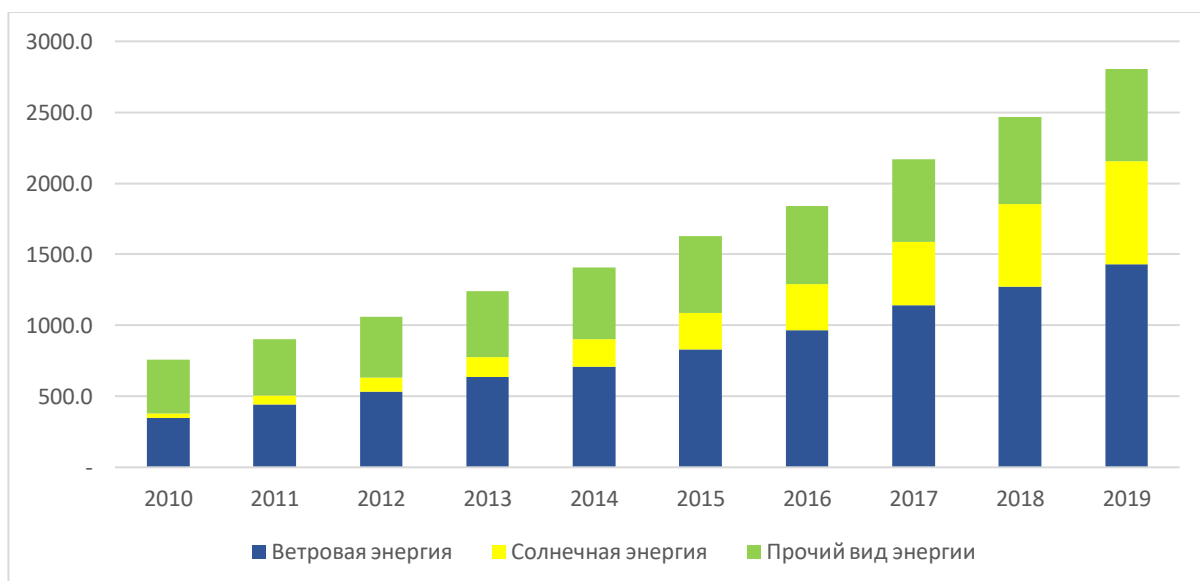


Рисунок 2.1 – Динамика объема производства энергии от ВИЭ, 2010 – 2019, ТВт/ч [13]

Объемы потребления электроэнергии от ВИЭ также имеют тенденцию роста. В период с 1990 по 2019 годы средний тем роста объема потребления в год составил 10,3%. При этом темп роста потребления в 2019 году составил 12,2%. Объем потребления энергии от ВИЭ в 2019 году составил 28,98 ЭДж.

Особенно высокие темпы роста в 2019 году в общем объеме потребления электроэнергии от ВИЭ отмечались в потреблении солнечной (6,45 ЭДж или 22,3%), ветровой (12,74 ЭДж или 43,9%) энергий.

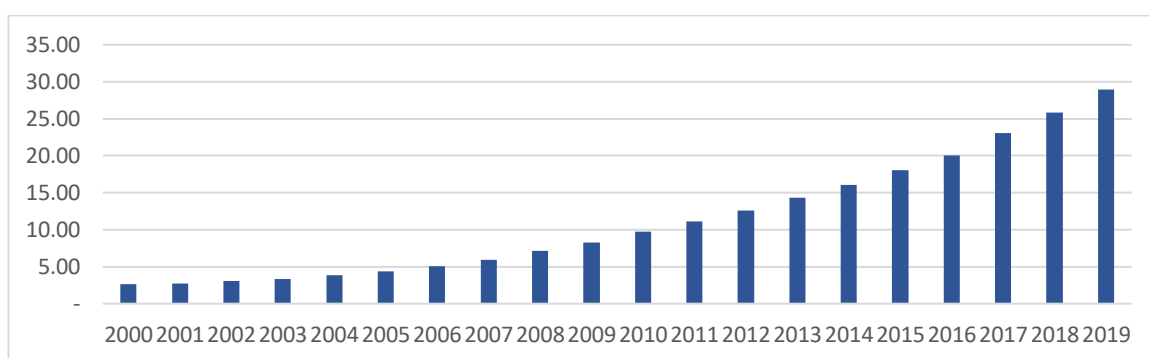


Рисунок 2.2 – Динамика объема потребления энергии от ВИЭ, 2000– 2019, ЭДж [13]

Основными странами потребителями энергии от ВИЭ в 2019 году являются США (20,1%), Бразилия (7,0%), Германия (7,3%), Великобритания (3,7%), Китай (22,9%), Япония (3,8%).

Потребление электроэнергии от ВИЭ в географическом разрезе по регионам распределился среди Северной Америки (23,1%), Южная Америка

(9,4%), Европы (28,2%), стран СНГ (0,1%), Ближнего Востока (0,4%), Африки (1,4%), Азии (37,3%).

Таким образом, тенденция увеличения потребления и производства электроэнергии от ВИЭ на протяжении последних тридцати лет говорит о том, что рынок является уже зрелым, развитие которого является интересом не только отдельных стран, а также широкого круга инвесторов. Устойчивое развитие сектора возобновляемой энергетики является привлекательной отраслью для стратегического инвестирования, доля которого увеличивается с каждым годом.

Так, объем мировых инвестиций в 2019 году в возобновляемые источники энергии (не включая гидроэнергетику) составили 301,7 млрд долларов США, что на 5% больше, чем в 2018 году. Объем мировых инвестиций с учетом гидроэнергетики мощностью более 50 МВт составил не менее 316,7 млрд долларов США [21].

Объем инвестиций в ВИЭ (включая всю гидроэнергетику) в 2019 году снова намного превысили объем инвестиций в уголь, природный газ, нефть и ядерную энергетику, что составило 71,2% от общего объема инвестиций. Основной объем инвестиций в ВИЭ в 2019 году по-прежнему были сосредоточены на ветровой и солнечной энергии [21].

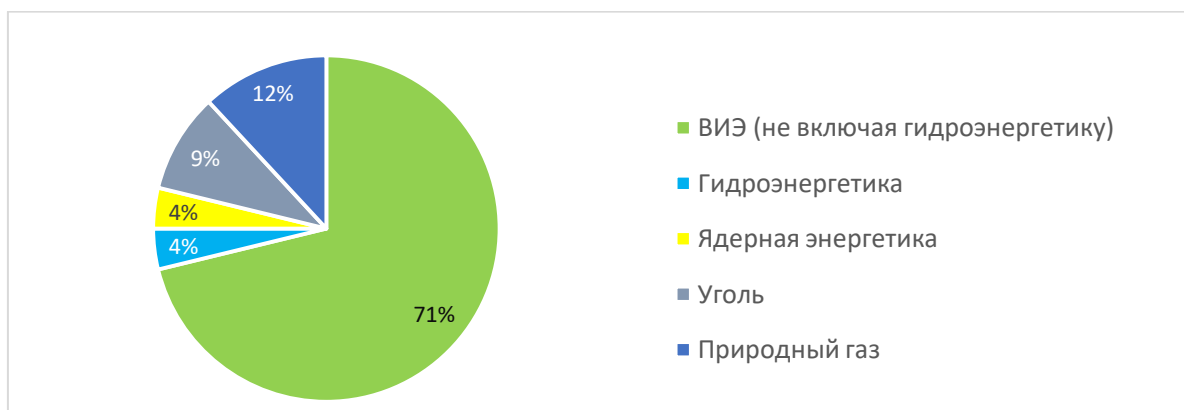


Рисунок 2.3 – Объем мировых инвестиций, 2019 год [21]

Финансирование проектов, как ветряные электростанции и солнечные парки, в 2019 году обеспечило 230,1 млрд долларов США. Инвестиции в малые солнечные фотоэлектрические установки (менее 1 МВт) увеличились на 43,5% до 52,1 млрд долларов США во всем мире. Страны с развивающейся экономикой превосходят развитые страны по объему инвестиций в ВИЭ пятый год подряд, достигнув 152 миллиардов долларов США. Хотя инвестиции в производственные мощности снизились как в Китае, так и в Индии (страны лидеры по производству энергии в Азии), за пределами этих двух стран объем инвестиций вырос на 17% в развивающихся странах до рекордных 59,5 млрд долларов США.

Параллельно объем инвестиций в ВИЭ в развитых странах увеличился на 2% до 130 миллиардов долларов США. Инвестиции в ВИЭ варьируются по регионам, увеличение инвестиций в США, Бразилии, и сокращение в Европе, Ближнем Востоке и Африке.

Основными странами по объему инвестиций в ВИЭ в 2019 году стали Китай (30%), США (20%), Европа (19%) и Азия-Океания (кроме Китая и Индии) (16%). Меньшие доли наблюдались в Африке и на Ближнем Востоке (5%), Северной и Южной Америке (за исключением Бразилии и США, 4%), Индии (3%) и Бразилии (2%).

Таблица 2.1 – Рейтинг 5 стран по объему инвестиций в ВИЭ, 2019 год

| Вид ВИЭ | Страны |
|--------------------------|---|
| Солнечная энергетика | Китай, США, Индия, Япония, Вьетнам |
| Ветроэнергетика | Китай, США, Великобритания, Индия, Испания |
| Гидроэнергетика | Бразилия, Китай, Лаос, Бутан, Таджикистан |
| Геотермальная энергетика | Турция, Индонезия, Кения, Коста-Рика, Япония |
| Биомасса | США, Бразилия, Китай, Германия, Франция, Канада |

Примечание: источник [21]

Одним из лидеров по развитию рынка ВИЭ является Европа, ускоренное развитие сектора в котором берет свое начало 1970-х гг. с целью повышения эффективности потребления энергии и сокращения зависимости от импорта традиционных энергоносителей.

Развитие возобновляемой энергетики в европейских странах является достаточно динамичным процессом по причине установления странами стратегий «зеленого роста». Европейский союз является мировым лидером в области развития национальных стратегий, установления целевых показателей и использования возобновляемых источников энергии, на долю производства энергии которого приходится 29,8% всей производимой энергии и 28,2% объема мирового потребления. В настоящий момент европейские страны используют в три раза больше возобновляемой энергии, чем в среднем в мире [23].

Разработка стратегий по развитию ВИЭ в Европе обусловлена также изменением климата. Одной из главных причин развития альтернативной энергетики в ЕС, согласно Директиве 2009/28/ЕС Европейского парламента и совета, является негативное воздействие на окружающую среду использования традиционных источников энергии, которая на сегодняшний день является экзистенциальной угрозой для Европы и мира в целом. С целью преодоления этих вызовов, Европейский союз разрабатывает стратегии «зеленого курса», в которых ставятся следующие цели:

1. Сокращение выбросов парниковых газов на 60% к 2050 году;
2. Постепенный переход на использование чистой энергии предприятиями и домохозяйствами;
3. Увеличение объема инвестиций и развитие инвестиционного климата [24].

Для достижения поставленных целей и показателей, правительства европейских стран разрабатывают механизмы и способы совершенствования энергетической отрасли. Так, рост и развитие рынка ВИЭ в европейском союзе обусловлен государственной поддержкой с целью создания условий для привлечения инвестиций. При этом развитие возобновляемой энергетики имеет государственную поддержку во всех странах Европы.

Основная цель государственной поддержки ВИЭ является не только создание благоприятного инвестиционного климата в области энергетики, но также оказание помощи в достижении конкурентоспособности. Государственная поддержка ВИЭ как необходимая мера поддержания на современном этапе обусловлена провалами рынка и появлению внешних эффектов (экстерналий), при которых наблюдается неэффективное использование ресурсов в экономике.

Данный принцип основывается на положениях экономической теории, в которых вмешательство государства обусловлено провалами рынка, причиной которого являются возникающие внешние эффекты. А принцип отражения цены электроэнергии в социальных издержках и ущербе окружающей среде является решением проблемы провала рынка как достижение равенства предельных общих издержек и предельной общей выгоды. На основе данного принципа экономической теории основывается положение Директивы 2009/28/ЕС Европейского парламента и совета, в котором говорится: «государственная поддержка ВИЭ с целью достижения плановых показателей Европейского Сообщества по увеличению производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии необходима до тех пор, пока цены на электроэнергию на внутреннем рынке не отражают общие затраты на охрану окружающей среды и социальные издержки, а также пользу от применяемых источников энергии [24, с. 27].

Государственная поддержка развития возобновляемой энергетики для достижения поставленных целей осуществляется набором инструментов, которые в Директиве ЕС «О поддержке ВИЭ» определяются как «инструмент регулирования (механизм), применяемый государствами-членами ЕС, поддерживающие использование ВИЭ с целью сокращения издержек ВИЭ и повышения цены продажи и объема сбыта». Сформулированное таким образом определение охватывает 4 теоретические модели поддержки [57].

Модели делятся на ценовые (основаны на цене) (Feed-in-Tariff и Feed-in-Premium) и модели поддержки, основанные на объеме (количестве) (модель квот

с «зелеными сертификатами» и модель тендеров).

Модель минимальных, гарантированных ставок оплаты (Feed-in-Tariff, FIT) основана на предоставлении субсидии производителям энергии из возобновляемых источников и установление на законодательном уровне цену реализации за единицу энергии [57].

Принцип данной модели заключается в закреплении фиксированной оплаты (A) электроэнергии от ВИЭ, которая превышает рыночную цену (P_m). При этом, закрепляемая в законе, оплата равна совокупным предельным издержкам ($A = MC(q)$, где q – общий объем э/э от ВИЭ). Затраты на поддержку ВИЭ несет государство, предоставляя государственные субсидии домашнему хозяйству или предприятию, которые генерируют собственную возобновляемую электроэнергию. Этот платеж финансируется за счет государственного бюджета и небольшого увеличения счетов за электроэнергию у потребителей. Платежи основаны на показаниях электросчетчика и оплачиваются поставщиком энергии за счет предоставляемых субсидий [23].

Модель Feed-in-Tariff (модель государственных субсидий) была реализована с целью обеспечения роста производства электроэнергии за счет экологически чистых технологий. Субсидия дает возможность возобновляемым технологиям конкурировать с традиционными ископаемыми видами топлива при производстве электроэнергии.

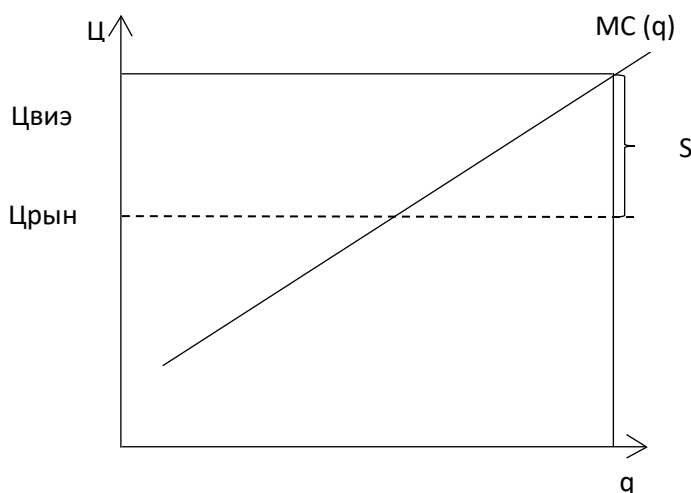


Рисунок 2.4 – Модель Feed-in-Tariff [57]

где:

$C_{рын}$ – рыночная цена э/э;

$MC(q)$ – предельные издержки э/э от ВИЭ;

S – субсидия;

C – цена э/э от ВИЭ [57].

Модель надбавок к рыночной цене (Feed-in-Premium) – это вторая ценовая

модель стимулирования ВИЭ, механизм которого основан на установлении льготного тарифа, зависящий от рыночных цен на электроэнергию.

Данная модель предусматривает покупку электроэнергии рынком, полученную чистым способом, в приоритетном порядке и в полном объеме по цене выше рыночной. Таким образом стимулирование генерирования чистой энергии основано на получении прибыли генератором энергии равной надбавке к цене [28].

Принцип модели заключается во внедрение надбавки ($H_{ВИЭ}$) к рыночной цене электроэнергии, которую получает производитель энергии от ВИЭ при продаже на рынке.

Общая оплата электроэнергии от ВИЭ которого составляет сумму рыночной цены и надбавки ($C_{рын} + H_{ВИЭ}$), покрывается рынком. Таким образом, общая сумма зависит от предложения электроэнергии от ВИЭ и равна предельным издержкам производства $MC(q)$ [23].

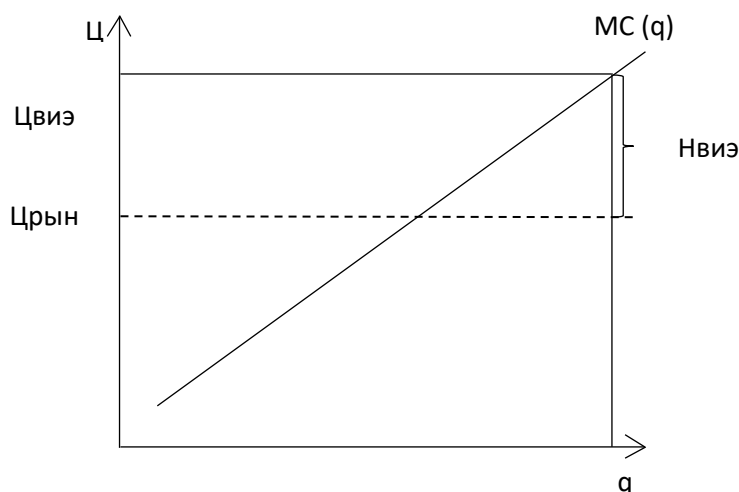


Рисунок 2.5 – Модель Feed-in-Premium [57]

где:

$C_{рын}$ – рыночная цена э/э;

$MC(q)$ – предельные издержки э/э от ВИЭ;

$H_{ВИЭ}$ – надбавка;

C – цена э/э от ВИЭ [57].

Модель квот с «зелеными сертификатами» - эффективная модель поддержки, основанная на объеме электроэнергии от ВИЭ (q). Принцип данной модели заключается в выдаче производителям электроэнергии от ВИЭ зеленых сертификатов, которые определяют объем произведенной электроэнергии. Модель предусматривает обязательное наложение квот по производству электроэнергии, которые должны быть погашены производителями энергии для достижения целевых показателей. При получении документа, подтверждающий объем производства электроэнергии, производитель берет на себя

ответственность по производству за определенный промежуток времени, невыполнение которого предусматривает наложение штрафов, равного наибольшей стоимости сертификата. Цена сертификата равна разнице предельных издержек производства и рыночной цены [23].

Основным стимулом в приобретении сертификата является стабильность долгосрочного спроса на рынке в случае уменьшения государственной поддержки. В результате приобретения сертификата, сгенерированная энергия подается в сеть на приоритетной основе, а сам сертификат возможно продать на рынке.

При этом функционирование модели подразумевает одновременно два рынка:

1. Общий рынок, на котором продается электроэнергия от ВИЭ ($P_m * q$);
2. Рынок «зеленых сертификатов», на котором конкурируют одновременно несколько производителей электроэнергии [29].

Таким образом функционирование двух рынков осуществляется отдельно друг от друга. Преимущество данной модели заключается в том, что существуют конкуренция между технологиями, используемые производителями, что создает выбор самых дешевых средств достижения поставленных целей. А приобретение зеленого сертификата за выработку энергии может гарантировать стабильность компании путем ее продажи и получения прибыли.

Модель тендеров – инструмент поддержки использования возобновляемой энергетики, преимуществом использования является не только быстрое развитие энергетической отрасли, но и поощрение создания и использования новых технологий.

Поддержка использования электроэнергии от ВИЭ осуществляется через тендер, в котором задаются параметры мощности и объема производства. При этом, регулирующий орган, который организует конкурсные торги на поставку ВИЭ, предусматривает различные условия, к которым можно отнести условия участия в тендерном конкурсе, условия покупки, условия финансирования проекта и другие. Конкуренция среди участников конкурса может привести к тому, что оплата ($C_{тендер}$) будет равна предельным издержкам при заданном объеме производства (q) [29].

Тендеры – конкурентная форма отбора предложений на поставку электроэнергии заранее объявленным документации условиям, в оговоренные сроки, на принципах состязательности, справедливости и эффективности. Контракт заключается с победителем тендера, предложившим наилучшие условия. Рассматриваются различные схемы и условия проведения тендеров для получения конкурентных цен на электроэнергию, учитывающие требования, предъявляемые участникам тендера: суммарную мощность объектов по

технологиям и срокам ввода в эксплуатацию, условия финансирования по видам технологиям, количество победителей в тендере [23, с.18].

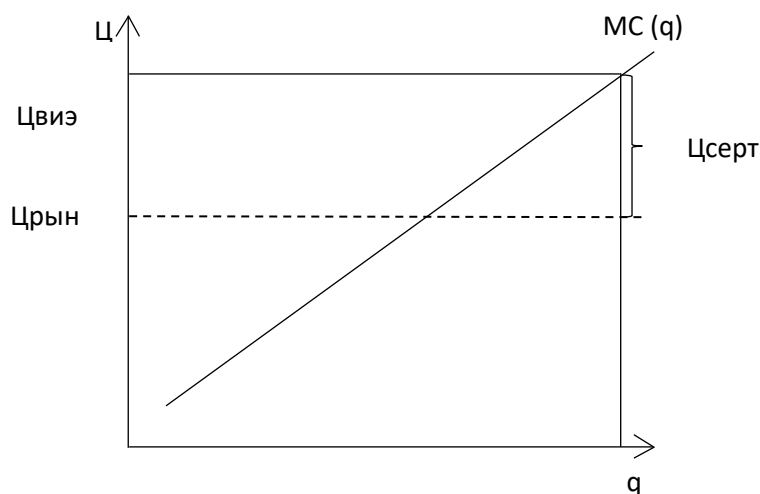


Рисунок 2.6 – Неценовые модели [57]

где:

$C_{рын}$ – рыночная цена э/э;

$MC(q)$ – предельные издержки э/э от ВИЭ;

$C_{серт}$ – цена сертификатов;

C – цена э/э от ВИЭ [57].

Преимуществом использования тендера является формирование конкурентного ценообразования и снижение стоимости электроэнергии для конечных потребителей. Недостатком данной формы поддержки является участие только крупных производителей, и невозможность участия малых компаний в силу меньшей эффективности работы и конкурентоспособности [23, с.19].

Данные ценовые модели и модели, основанные на квотах основаны на разных механизмах, теоретически могут приводят к одинаковому результату.

Несмотря на это, каждая страна свободна в выборе модели поддержки ВИЭ по причине того, что целевые показатели в страновом разрезе ЕС могут отличаться. Достижение одинакового результата при использовании теоретических моделей поддержки ВИЭ может быть доказана расчетом по формуле (1.1):

$$C_{виэ}(q) = (C_{рын} + N_{виэ}) * (q) = (C_{рын} + C_{серт}) * (q) = (C_{тендер}) * (q) = MC(q),$$

где:

$C_{виэ}$ – цена электроэнергии ВИЭ

$C_{рын}$ – рыночная цена электроэнергии

$N_{ВИЭ}$ - надбавки к цене

$C_{серт}$ - цена сертификатов

$C_{тендер}$ - цена для э/э от ВИЭ (на кВт*ч), установленная по итогам тендера.

МС – функция предельных издержек электроэнергии от ВИЭ

(q) – заданный объем э/э от ВИЭ,

(q^*) – объем квоты, при $q=q^*$ Источник: [25, с. 17, 64, 65, 66].

Анализируя данные модели по частоте использования в отраслях экономике, можно отметить, что в результате поддержки производства энергии инструментом «зеленый сертификат», сгенерированная энергия используется предприятиями обрабатывающей промышленности (30%), предприятиями, генерирующие энергию (30%) и домохозяйствами (40%).

Потребление энергии, генерирующей предприятиями-участниками тендеров, осуществляется в области зеленого транспорта. Это происходит по причине того, что развитие зеленого транспорта в стране является крупным и серьезным проектом, а, следовательно, требует надежного поставщика/генератора энергии, который является конкурентоспособным и благонадежным в стране. В развитии проекта, схожего с проектом по развитию зеленого транспорта, – развитие зеленых городов, также используется энергия, сгенерированная предприятием на тендерной основе.

Рассматривая ценовые модели Feed-in-Tariff и Feed-in-Premium, поддержка предприятий-генераторов чистой энергии осуществляется путем надбавки к рыночной цене электроэнергии, определенный процент которой финансируемой за счет потребителей. Данный факт говорит о том, что энергия, произведенная с данным видом поддержки, потребляется домохозяйствами.

Анализируя показатели развития чистой энергетики в результате применения модели зеленых сертификатов, можно отметить, что предложение на рынке согласно Association of Issuing Bodies, увеличилось до 596 млрд кВт/ч с ростом на 14 млрд кВт/ч. В то время спрос увеличился до 520 млрд кВт/ч в 2018 году. Лидирующими видами энергии стали энергия ветра, солнца, биомассы и геотермальная энергия. При этом цена сертификата в различных европейских странах складывалась по-разному в результате спроса компаний, которые не покрыли квоту по производству.

В ценовых моделях надбавка (цена) задается извне, и сумма затрат на поддержку ВИЭ зависит от объема э/э от ВИЭ на рынке, в моделях, основанных на квоте, при введении квот задается объем электроэнергии от ВИЭ и дополнительные затраты на поддержку возникают на рынке сертификатов или в результате торгов. Таким образом при ценовых моделях общие затраты будут зависеть от объема э/э от ВИЭ, а при модели квот – от цены на рынке электроэнергии и рынке сертификатов [58, с. 15].

Использование той или иной модели также сопряжено с рисками. Рассматривая модель зеленых сертификатов, можно отметить основные риски, среди которых:

1. Риск спекуляции сертификатами, между несколькими странами (при условии, что возможна межстрановая продажа сертификатов) в результате разных правил регулирования внутри стран (штатов, республик);
2. Риск компании не покрыть квоты, что приведет к уплате штрафов и как следствие снижение прибыли;
3. Риск изменения схемы государственной поддержки (изменение размеров квот);
4. Риск не подключения к сети (в результате неидеальная сетевая инфраструктура, отсутствие опыта у операторов подключения) [23].

Применение модели тендеров также несет в себе риски для обеих сторон проекта, среди которых:

1. Риск недопуска к участию в тендере (в большинстве случаев – маленьким компаниям);
2. Риск проигрыша в тендере (падение прибыли, репутации);
3. Транзакционные издержки;
4. Инвестиционные риски.

Применение ценовых инструментов также сопряжено с рисками, которые связаны с основным принципом функционирования модели – установление на законодательном уровне цены реализации за единицу энергии. Сокращение субсидирования, увеличение цен на электроэнергию, снижение конкурентоспособности являются основными рисками, которые несут модели.

Рассматривая применение моделей по видам энергии, можно отметить, что использование той или иной модели присуще разным видам возобновляемой энергии. При поддержке производства чистой энергии от всех источников ВИЭ, правительства выбирают модель зеленых сертификатов поддержки генерации солнечной энергии, ветровой энергии, геотермальной энергии, энергии вод и биомассы. Таким образом применение данной модели предоставляет выбор предприятиям вида источника энергии, главной целью которой является производство определенного объема энергии.

Ранжирование энергии по видам источника при использовании модели тендеров осуществляется на страновой основе. Поскольку участие в тендерах преимущественно осуществляется крупными компаниями в отрасли, это говорит о развитости отрасли конкретного вида ВИЭ. Таким образом, данная модель будет применяться не независимо от вида источника, а основанной на крупном, зрелом и рентабельном производстве энергии (в Китае – гидроэнергетика, в Германии – ветроэнергетика).

Принцип применения ценовых моделей для поддержки выработки чистой

энергии схож с моделью тендеров. Данная модель применяется для генерации энергии из того источника ВИЭ, который сможет обеспечить наибольшую уверенность и надежность для инвесторов, что и является основной причиной осуществления государственной поддержки. Таким образом в странах используются разные методы государственной поддержки развития возобновляемой энергетики. Особенностью применения той или иной модели поддержки основано не на виде источника энергии, а на преобладании в стране тех источников, которые обеспечивают наибольшую уверенность и надежность для инвесторов.

Таким образом, данные теоретические модели являются основными концепциями поддержки ВИЭ, применяемые государствами-членами ЕС в практике с целью сокращения издержек ВИЭ и повышения цены продажи и объема сбыта. Возможность осуществления в стране поддержки данной отрасли способствует продвижению технологий возобновляемой энергии, которые все еще достаточно дорогостоящие, но имеют большой средне- или долгосрочный потенциал (например, солнечная фотоэлектрическая энергия).

С целью корректной разработки методики выбора инструментов и модели поддержки ВИЭ в европейских странах, необходимой мерой для повышения конкурентоспособности возобновляемой энергетики является оценка энергетической устойчивости данных стран.

Энергетическая устойчивость — это концепция устойчивого развития стран, которая подразумевает развитие возобновляемой энергетики с целью удовлетворения потребностей в энергии без ущерба окружающей среде.

Таким образом, энергетическая устойчивость — это концепция по развитию, производству и потреблению устойчивой энергии, а именно чистой, возобновляемой энергии.

Анализ энергетической устойчивости стран является комплексной оценкой энергетической отрасли в аспекте устойчивого развития европейских стран. Для исследования устойчивости был выбран метод SEDI (Index of sustainable energy development). Основной задачей использования данного метода является исследование и анализ европейского энергетического рынка и определение основных индикаторов, которые будут являться основой при определении энергетической политики стран.

Для расчета энергетической устойчивости осуществляется отбор показателей, которые характеризуют развитие страны. Выбранные показатели относятся к четырем группам: техническая устойчивость, экономическая устойчивость, социальная устойчивость и экологическая устойчивость.

Основные показатели в разрезе экономического, технологического, социального и экологического аспектов используются для получения индикаторов, на основе которых будет рассчитан индекс SEDI, как среднее

значение из индексов.

Основное преимущество выбора индикаторов по четырем основным отраслям заключается в возможности получения надлежащих результатов в исследовании, по той причине, что устойчивость страны рассмотрена с разных аспектов. Использование индикаторов является основой для концептуального исследования устойчивости страны, которая зависит от множества факторов, взаимодействующих друг с другом.

Таким образом, были выбраны самые важные сектора экономики стран для оценки устойчивости европейских государств.

Таблица 2.2 – Классификация показателей, характеризующих устойчивое энергетическое развитие европейских стран

| Аспекты | Показатели |
|------------------------------|--|
| Экономическая устойчивость | ВВП Потребление энергии на душу населения Доля энергетики в ВВП Индекс легкости ведения бизнеса |
| Технологическая устойчивость | Энергоемкость ВВП Зависимость от импорта энергоресурсов Доступность кредитных ресурсов Энергоэффективность |
| Социальная устойчивость | Уровень занятости (% от активного населения) Уровень образования Доступность электричества населению (% от населения) Коэффициент Джини |
| Экологическая устойчивость | Уровень озеленения стран Выбросы CO ₂ Выбросы CO ₂ на душу населения Инвестиции в защиту окружающей среды |

Примечание: источник [27]

Для оценки экономической устойчивости были использованы ряд показателей, которые характеризуют экономическое развитие страны. Основным показателем был взят ВВП. Также, с целью измерения экономической устойчивости был взят показатель потребления энергии на душу населения, показатель доли энергетики ВВП. Использование данных показателей обусловлено корреляцией показателей к одновременно двум аспектам: экономики и энергетики. Для оценки экономической среды также был выбран четвертый показатель – индекс легкости ведения бизнеса.

Анализ и оценка социальной устойчивости стран Европы будет осуществляться путем анализа социальных показателей, а именно уровень занятости, образования и коэффициент Джини как основные составляющие социальных показателей, дающие качественную и количественную характеристику социального развития страны. Для анализа социального аспекта как составляющей энергетической устойчивости также был выбран показатель доступности электричества населению, который одновременно коррелирует между энергетическим и социальным аспектами.

Для оценки экологической устойчивости были использованы индексы, которые характеризуют экологическую обстановку в каждой из стран: уровень озеленения страны, выбросы CO₂ и объем инвестиций в защиту окружающей среды.

Анализ технологической устойчивости целесообразно осуществлять с помощью показателей энергоэффективности и энергоемкости ВВП для оценки способности системы энергоснабжения обеспечивать потребности общества в энергии. По той причине, что поддержание структуры энергетического баланса коррелирует с импортом энергоресурсов, то оценка энергетической зависимости от импорта и показатель доступности кредитных ресурсов являются важными составляющими критериев при оценке технологической устойчивости.

Таким образом, анализ данных групп показателей позволяет оценить сильные и слабые стороны европейских стран в экономическом, социальном, технологическом и экологическом секторе, что комплексно характеризуют устойчивость стран. Для оценки всех показателей необходимой мерой является нормирование показателей. Для осуществления нормировки была выбрана оптимальная формула по «минимуму», по причине равномерного заполнения интервала показателями без редких выбросов (1.2):

$$X_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

где:

X_i – нормализованное значение

X_{min} – минимальное значение среди исходных

X_{max} – максимальное значение среди исходных [26].

И на основе использования метода SEDI целесообразно провести расчет рейтинга каждой из европейской стран. Расчет рейтинга позволяет определить странам энергетическую политику в соответствии с полученными данными, а также выбрать свою модель развития возобновляемой энергетики.

Таким образом, возникновение диспропорций в развитии мировой энергетики, а также возникающая в следствии неравномерность распределения

традиционных энергоносителей, является основным триггером для стран в поиске новых видов энергии. А ограниченность запасов топливно-энергетических ресурсов и негативное воздействие из использования на окружающую среду обусловило развитие возобновляемой энергетики. Тенденция роста потребления и производства электроэнергии от ВИЭ наблюдается на протяжении последних тридцати лет, что говорит о зрелости рынка.

Устойчивое развитие сектора возобновляемой энергетики обусловило повышенный интерес инвесторов к данной области. А превышение объема инвестиций в возобновляемую энергетику над традиционной энергетикой указывает на устойчивое развитие возобновляемой энергетики.

Но, несмотря на рост потребления и объем инвестиций в ВИЭ, наблюдается низкая конкурентоспособность альтернативной энергетики, что стало основной причиной государственной поддержки. В Европе, лидере в развитии возобновляемой энергетики, применяются четыре основные модели поддержки и развития энергетики, выбор которых зависит от энергетической устойчивости каждой из европейских стран, который рассчитывается на основе метода SEDI.

2.2 Энергетическая устойчивость европейских стран

Для проведения сравнительного исследования выбора модели поддержки ВИЭ с уровнем энергетической устойчивости страны, будет проведен анализ уровня устойчивости. Для оценки показателей осуществляется их нормирование для приведения к единому диапазону и расчет индекса устойчивого энергетического развития страны (SEDI) как среднее значение из показателей четырех аспектов. Полученный индекс по странам дает возможность оценить уровень устойчивого энергетического развития по Европе и присвоить рейтинг каждому из государств. На основе рассчитанного индекса появляется возможность разработки энергетической политики и как следствие выбора модели поддержки альтернативной энергетики.

Для осуществления расчета энергетической устойчивости европейских стран, осуществляется сбор данных (показателей) по четырем аспектам.

1. Экономический аспект:
 - ВВП, млн \$;
 - Потребление энергии на душу населения, кг нефтяного эквивалента;
 - Доля энергетики в ВВП;
 - Индекс легкости ведения бизнеса.

2. Технологический аспект:
 - Энергоемкость ВВП, рассчитанная как отношение энергопотребления к ВВП, %;
 - Зависимость от импорта энергоресурсов, %;
 - Доступность кредитных ресурсов, рассчитанная как разность единицы и процентной ставки по кредитам;
 - Энергоэффективность.
3. Социальный аспект
 - Уровень занятости, рассчитанный как разность единицы и доли безработных в общем количестве трудоспособного населения, %;
 - Уровень образования;
 - Доступность электричества населению (% от населения);
 - Коэффициент Джини.
4. Экологический аспект
 - Уровень озеленения стран, рассчитанный как отношение доли площади зеленых насаждений в общей площади страны;
 - Выбросы CO₂;
 - Выбросы CO₂ на душу населения;
 - Инвестиции в защиту окружающей среды.

Для проведения сравнения устойчивого развития был рассчитан индекс устойчивого энергетического развития за 2018 год для 31 европейской страны: Германия, Великобритания, Франция, Италия, Испания, Нидерланды, Швейцария, Польша, Швеция, Бельгия, Австрия, Норвегия, Ирландия, Дания, Финляндия, Чехия, Португалия, Румыния, Греция, Венгрия, Словакия, Люксембург, Болгария, Хорватия, Словения, Литва, Латвия, Эстония, Исландия, Кипр и Мальта. В приложении А представлены значения показателей для расчета индексов устойчивого энергетического развития европейских стран. Нормированные показатели для расчета индекса SEDI представлены в Приложении Б.

Таблица 2.3 – Индекс устойчивого энергетического развития европейских стран за 2018 г

| Государство | Экономический индекс | Технологический индекс | Социальный индекс | Экологический индекс | Индекс SEDI |
|----------------|----------------------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------|
| Германия | 0,73 | 0,81 | 0,86 | 0,58 | 0,75 |
| Великобритания | 0,75 | 0,76 | 0,78 | 0,53 | 0,70 |
| Франция | 0,55 | 0,81 | 0,66 | 0,66 | 0,67 |
| Италия | 0,55 | 0,64 | 0,51 | 0,54 | 0,56 |
| Испания | 0,49 | 0,68 | 0,43 | 0,50 | 0,52 |
| Нидерланды | 0,45 | 0,67 | 0,86 | 0,46 | 0,61 |
| Швейцария | 0,40 | 1,00 | 0,80 | 0,48 | 0,67 |
| Польша | 0,37 | 0,41 | 0,81 | 0,47 | 0,52 |

Окончание таблицы 2.3.

| | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|
| Швеция | 0,45 | 0,73 | 0,83 | 0,84 | 0,71 |
| Бельгия | 0,30 | 0,54 | 0,81 | 0,49 | 0,53 |
| Австрия | 0,44 | 0,58 | 0,80 | 0,38 | 0,55 |
| Норвегия | 0,52 | 0,62 | 0,88 | 0,48 | 0,62 |
| Ирландия | 0,42 | 0,63 | 0,79 | 0,26 | 0,53 |
| Дания | 0,52 | 0,75 | 0,86 | 0,51 | 0,66 |
| Финляндия | 0,54 | 0,57 | 0,85 | 0,61 | 0,64 |
| Чехия | 0,28 | 0,49 | 0,96 | 0,61 | 0,58 |
| Португалия | 0,42 | 0,57 | 0,53 | 0,42 | 0,48 |
| Румыния | 0,40 | 0,39 | 0,61 | 0,63 | 0,50 |
| Греция | 0,13 | 0,52 | 0,43 | 0,37 | 0,36 |
| Венгрия | 0,27 | 0,29 | 0,77 | 0,57 | 0,47 |
| Словакия | 0,24 | 0,51 | 0,84 | 0,56 | 0,54 |
| Люксембург | 0,26 | 0,55 | 0,61 | 0,22 | 0,41 |
| Болгария | 0,18 | 0,43 | 0,56 | 0,58 | 0,44 |
| Хорватия | 0,24 | 0,20 | 0,67 | 0,60 | 0,43 |
| Словения | 0,29 | 0,53 | 0,91 | 0,55 | 0,57 |
| Литва | 0,38 | 0,38 | 0,67 | 0,53 | 0,49 |
| Латвия | 0,39 | 0,38 | 0,68 | 0,59 | 0,51 |
| Эстония | 0,44 | 0,53 | 0,80 | 0,50 | 0,57 |
| Исландия | 0,59 | 0,42 | 0,93 | 0,26 | 0,55 |
| Кипр | 0,18 | 0,43 | 0,62 | 0,24 | 0,37 |
| Мальта | 0,00 | 0,55 | 0,76 | 0,38 | 0,42 |

Примечание: источник: собственная разработка автора на основе [27]

Как видно из таблицы 2.3, по индексу устойчивого энергетического развития лидируют Германия, Швеция и Великобритания с индексами более 0,7. На втором месте находятся Франция, Нидерланды, Швейцария, Норвегия, Дания и Финляндия с индексами от 0,6 до 0,69. Лидерство Германии, Швеции и Великобритании по индексу SEDI обусловлено высокими индексами по экономическому и технологическому развитию. Одной из причин высоких показателей является низкий объем импортных энергоресурсов в их энергопотреблении по сравнению с остальными европейскими странами. Энергоемкость ВВП данных стран показывает эффективность использования энергетических ресурсов для устойчивого и инновационного развития стран. При этом наивысшие значения по уровню рентабельности энергетики наблюдаются у Германии, Великобритании и Франции. Данные страны также являются лидерами по доступности кредитных ресурсов.

По социальному и экологическому аспекту, Германия, Швеция и Великобритания показывают наивысшие значения. Германия занимает первое место по уровню образования (1,0). За ней следует Финляндия (0,90), Дания (0,88), Великобритания (0,88), Швейцария (0,86), Швеция (0,84).

Германия, Норвегия и Исландия находятся на первом месте по уровню показателей, характеризующего социальный фактор устойчивого энергетического развития, что обусловлено высоким уровнем образования и занятости и низким уровнем коэффициента Джини. Значение показателя уровня экономического развития показывает равномерное распределение дохода в Нидерландах, Бельгии, Норвегии, и Финляндии. Уровень доступности топлива и энергии для населения является самым высоким (1,0) для всех европейских стран.

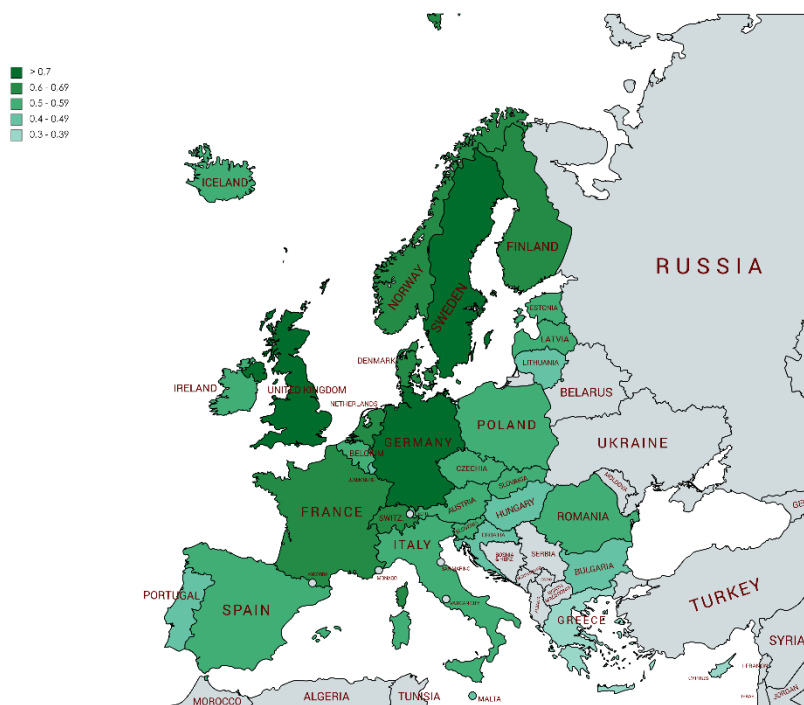


Рисунок 2.7 – Распределение стран по индексу SEDI: собственная разработка автора

Высокое значение Германии, Швеции и Великобритании обусловлено высокими показателями экологического аспекта. Уровень озеленения Германии является одним из высоких в географическом разрезе (114,210 км² или 0,41). При этом лидером по данному показателю является Швеция (280,730 км² или 1,0), Испания и Франция с показателями 0,66 и 0,61 соответственно.

По уровню выбросов CO₂ на душу населения лидирует Швеция с самым низким показателем среди всех анализируемых стран, что обусловлено принятием государством политики по искоренению использования ископаемого топлива и перехода на экологически чистые источники энергии. По уровню инвестиций в окружающую среду лидируют Нидерланды (0,67), Швеция (0,67), Бельгия (0,67), Словения (0,83), Германия (0,5). Страны, по уровню инвестиций в окружающую среду, тесно коррелирует со странами по уровню инвестиций в возобновляемые источники энергии, по объему которых лидирует Великобритания (инвестиции в ветроэнергетику), Германия (инвестиции в биоэнергетику), Франция (инвестиции в геотермальную энергетику) [21].

Объем инвестиций в 2018 году превысил 39%, достигнув 61,2 млрд долларов США, что является рекордом с 2016 года. Основными причинами такого роста являются резкое увеличение финансирования наземных ветроэнергетических проектов в Швеции и Норвегии. Увеличение инвестиций в солнечные фотоэлектрические установки в Испании также являются вторым фактором. А рост объема инвестиций на общую сумму более 1 млрд. долларов США в оффшорную ветроэнергетику в Бельгии, Дании, Нидерландах и Великобритании оказали влияние на общий объем инвестиций в Европе. В Великобритании объем инвестиций в 2018 году увеличились на 23% и составили 8,3 млрд долл. США, большая часть которых пошла на ветроэнергетику и на проекты по преобразованию угля в биомассу. Однако, в Германии объем инвестиций сократились на 45% до 7,5 миллиардов долларов США, отражая резкое сокращение рынка наземной ветроэнергетики. Существенно возросли инвестиции в другие европейские страны, а именно в Испании инвестиции выросли в 10 раз до 7,5 млрд. долларов США, в Швеции на 117% до 4,6 миллиарда долларов США, что является самым высоким показателем на 2018 год.

Таким образом, Германия, Швеция и Великобритания являются странами-лидерами по уровню устойчивого энергетического развития среди остальных исследуемых европейских стран. Согласно рассчитанному индексу, все исследуемые страны можно поделить на пять групп, в соответствии с полученным рейтингом. Для каждой из групп можно проанализировать модели поддержки ВИЭ, используемой в стране и как следствие корреляцию между моделью и уровнем энергетической устойчивости страны.

С целью анализа эффективности применения моделей поддержки ВИЭ и выявления основных триггеров применения той или иной модели, целесообразным является проведение анализа использования моделей в странах. При этом необходимо подчеркнуть, что исследование моделей будет проводиться отдельно по пяти группам. Данный метод основан на желании проанализировать зависимость использования модели поддержки ВИЭ с индексом энергетической устойчивости стран. Результатом анализа станет создание методологии применения модели для любой страны и будет применено для анализа их использования в Республике Беларусь.

В каждой стране используются свои инструменты по развитию возобновляемой энергетики и их применение зависит от различных факторов. Рассмотрим первую группу стран с самым высоким рейтингом энергетического развития, в которую входят Германия, Швеция и Великобритания.

Германия, страна в которой впервые были введены зеленые тарифы (Feed-in tariffs), начала использовать данную модель поддержки ВИЭ в 1990 году после принятия закона о подаче электроэнергии в сети. Использование модели

поддержки было обусловлено решением Еврокомиссии как наиболее действенная схема поддержки ВИЭ. Необходимо отметить, что согласно закону о подаче электроэнергии в сети, по результатам исследования было решено применить зеленый тариф на солнечную, ветровую энергию и энергию биомассы по причине возможности установки энергогенерирующих мощностей. Основной идеей данного принципа является обеспечение рентабельной эксплуатации от использования новых технологий добычи энергии, и возможности использования производства тех возобновляемых источников энергии, которые являются доступной в данной географической местности. Результатом гарантированного зеленого тарифа по поддержке ветроэнергетики, солнечной энергетики и энергетики биомассы стал рост производства электроэнергии с 3,5% в 1990 году до 35% в 2018 году. Таким образом, можно отметить, что выбор модели зеленых тарифов в Германии основывается на преобладании в стране видов возобновляемой энергетики [30, 31].

В Швеции, где 54,6% энергии в 2018 году потребляется из возобновляемых источников, энергетическая политика правительства основывается на использовании возобновляемых источников энергии. Одним из методов поддержки ВИЭ в стране является модель зеленых сертификатов на электроэнергию, а страна делит с Норвегией совместный рынок сертификатов. Использование данной модели основывается на желании правительства развивать возобновляемую энергетику и при этом иметь возможность выбирать эффективные, но дешевые технологии производства энергии.

Для поддержки перехода к более устойчивым источникам энергии в стране также были отменены налоги на использование возобновляемых видов топлива, и введены налоги на использование ископаемого топлива, на выбросы CO₂. Третьим инструментом поддержки ВИЭ в стране стало предоставление государственных субсидий на установку подсоединенных к сети фотоэлектрических систем, которая покрывает 35% стоимости установки. Данный метод был основан на предоставлении финансовой помощи производителям энергии для поощрения производства энергии и ускорения процесса перехода на стопроцентное производство электроэнергии из ВИЭ, что является целевым показателем к 2050 году. Таким образом, Швеция использует несколько инструментов поддержки ВИЭ, которые основываются на политике правительства в отношении чистой энергетики [32, 33].

В Великобритании применяется модель надбавок к рыночной цене (Feed-in-Premium) как метод поддержки ВИЭ в сочетании с другой формой поддержки – субсидирование. Основным фактором использования данной модели стала высокая себестоимость возобновляемой энергии, которая и сдерживает развитие ВИЭ. Таким образом, Великобритания пошла по пути Швеции в поддержке возобновляемой энергетики, которая стала результатом стратегической

политики правительства в отношении чистой энергетики и высокого уровня научно-технического развития.

Второй группой стран для анализа поддержки энергетики стали Франция, Нидерланды, Швейцария, Норвегия, Дания, Финляндия. Правительство Франции следует Европейской директиве 2003 / 30 / СЕ для достижения целевых показателей в области возобновляемой энергетики. Принцип данной стратегии заключается в производстве того вида чистой энергии, ресурса которого достаточно для производства в данной географической местности. Таким видом энергии стало производство биотоплива из рапса, объем производства которого во Франции один из наибольших в Европе. Для поддержки производства биотоплива в стране государство использует стратегию освобождения от налогов производителей продукта и введение налога на загрязняющую деятельность с целью компенсации дополнительных затрат при производстве биотоплива. Вторым инструментом поддержки ВИЭ является предоставление государственных субсидий производителям зеленой энергии. Модель зеленых тарифов является основной моделью поддержки ВИЭ в стране. Данная поддержка предусмотрена для солнечной, ветровой, био- и гидроэнергии. Это обусловлено производством той энергии, которые являются доступными в стране. В Нидерландах и Дании, моделью поддержки ВИЭ является предоставление государственных субсидий для солнечной, ветровой, геотермальной, гидроэнергетической, биоэнергетики. Для ускорения перехода на энергосберегающую систему к 2050 году, правительство Нидерландов и Дании активно предоставляют субсидии в оффшорную ветроэнергетику, которая сегодня производит большую часть возобновляемой энергии в странах. Целью предоставления субсидий заключается в снижение затрат и повышение энергоэффективности. Второй моделью, применяемой в странах, является зеленый тариф, который применяется для ветряной, геотермальной, солнечной фотоэлектрической и гидроэлектрической энергии. Таким образом, страны применяют модели поддержки в зависимости от доступных источников энергии в регионе. Для Дании и Нидерландов, которые имеют выход к морю, развивают ветроэнергетику, для которой приморский регион необходим для эффективной выработки энергии.

В Швейцарии правительство использует модель зеленых тарифов для поддержки ВИЭ. Использование данной модели обусловлено ее преимуществами, а именно улучшение состояния окружающей среды за счет внедрения экологически чистых технологий как одна из выгод от применения тарифов. Второй причиной применения инструмента это создание дополнительных рабочих мест. Примером данного эффекта является создание 150 тысяч рабочих мест в Германии в 2010 году. Третьим положительным эффектом от использования данного инструмента является стимулирование

инновационных разработок и исследований. И заключительным преимуществом по данным отчета правительства Швейцарии является снижение цены на электроэнергию от ВИЭ при государственной поддержке со стороны тарифов. Целью применения данной модели является, согласно Федеральному законодательству Швейцарии, повышение годового объема производства электроэнергии за счет новых возобновляемых источников энергии до не менее чем 5400 ГВт.ч к 2030 году, что представляет собой увеличение на около 500% 2008 года [34].

В Норвегии и Финляндии применяются разные модели поддержки. В Норвегии применяется шведская модель поддержки - модель зеленых сертификатов на электроэнергию, которая делит общий рынок сертификатов со Швецией. Основным фактором использования данной модели является обеспечение развития возобновляемой энергетики, используя самые эффективные технологии производства энергии. Таким образом, Норвегия и Швеция используют одинаковый инструмент поддержки.

В Финляндии, правительство предложило новую схему субсидирования возобновляемых источников энергии в стране. По причине приверженности к возобновляемым источникам энергии, правительство утвердило законопроект 175/2017 о новой схеме субсидирования электроэнергии, производимой из возобновляемых источников. Новая система основывается на проведении тендера, в ходе которого будет выставлено на торги определенный объем производимой энергии и выбран поставщик энергии. Основным фактором, влияющим на выбор данной модели, согласно правительству страны, является быстрое развитие энергетической отрасли и поощрение создания новых технологий производства чистой энергии. Таким образом, мотивы выбора и использования модели странами второй группы схожи с мотивами стран первой группы [35].

Рассмотрим практику применения моделей в третьей группе стран: Италия, Испания, Польша, Бельгия, Австрия, Ирландия, Чехия, Румыния, Словакия, Словения, Латвия, Эстония, Исландия.

Опыт Италии по развитию и продвижению зеленой энергетики основывается на принятии программы CIP6, подразумевающая увеличение мощностей для производства чистой энергии. По действующему законодательству участники оптового рынка обязаны производить или приобретать квотированный объем электроэнергии, выработанной на новых мощностях с использованием ВИЭ. В связи с этим в Италии внедрена система «зеленых сертификатов», дающая возможность поставщикам и покупателям электроэнергии выполнять соответствующие обязательства [36].

В дополнение к данной модели в стране используется также модель зеленых тарифов. Основной причиной совместного использования моделей

является государственная поддержка производства чистой энергии в стране, что позволит в будущем увеличить долю возобновляемых источников энергии для достижения поставленных в Европейском союзе экономических и экологических целей.

В Австрии, основной схемой поддержки ВИЭ стало предоставление субсидий для производителей электроэнергии. Данная модель распространяется на ветро- и солнечную энергетику, а также энергию биомассы. Особый акцент делается на гидроэнергетику, которая вырабатывают около 60% потребности Австрии в электроэнергии. В стране также применяют модель зеленых тарифов, которая подразумевает установление фиксированных квот для новых станций, генерирующих энергию. Применение данного инструмента обусловлено стратегической политикой правительства в области чистой энергетики целью которой является 100% переход на ВИЭ к 2030 году.

В Бельгии используют модель квот с зелеными сертификатами, размер квот которых зависит от региона страны. Целью применения данной модели является обеспечение компенсации больших расходов производителей энергии от ВИЭ в качестве инвестиций для производителей энергии. Данный подход обусловлен обеспечением инвестиций и как следствие увеличения энергоэффективности и объема производства [23].

Опыт поддержки ВИЭ в Польше основывается на применении модели квот с зелеными сертификатами. Система "зеленых" сертификатов привела к быстрому росту использования возобновляемых источников энергии, даже более быстрыми темпами, чем это изначально предполагалось в национальном законодательстве. Данный вид инструмента поддержки использовался в большей мере по отношению к производству энергии на биомассе и наземным ветряным электростанциям. Целью использования данной стратегии является обеспечение компенсации больших расходов производителей энергии и развитие тех видов энергии, которые доступны в данном регионе [37].

В Эстонии электричество из возобновляемых источников поддерживается в большей мере за счет модель надбавок к рыночной цене (Feed-in-Premium). Однако в последние годы в законодательстве, касающемся схем поддержки ВИЭ, были внесены существенные изменения. В июне 2018 года была введена также модель тендера как система поддержки развития ВИЭ, которая постепенно заменяет модель надбавок. Для стимулирования использования возобновляемых источников энергии, была создана новая стратегия поддержки - государственное субсидирование. Данные стратегии обоснованы принятым законом 2017 года «Национальный план развития энергетического сектора до 2030 года», в котором определены различные национальные цели, направленные на поощрение использования ВИЭ в электроэнергетике, теплоснабжении и в транспорте. Таким образом, выбор и применение моделей третьей группой стран существенно

отличается от ранее рассмотренных. В данных странах преобладает модель зеленых сертификатов, тендеров и надбавок к рыночной цене [38].

Рассмотрим четвертую и пятую группу стран и их опыт поддержки ВИЭ: Португалия, Греция, Венгрия, Люксембург, Болгария, Хорватия, Литва, Кипр. В Хорватии поддержка производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии осуществляется за счет модели надбавок к рыночной цене и модели зеленых тарифов (для установок мощностью менее 500 кВт). Страна также имеет опыт предоставления льготных кредитов и предоставление государственных субсидий для производства энергии. Основной целью использования данных моделей стало увеличение производства и потребления возобновляемых источников энергии, что приведет к снижению выбросов CO₂, развитию технологий и сокращению импорта и потребления углеводородов [39].

В Литве электричество, получаемое из возобновляемых источников, в основном стимулируется за счет надбавок к рыночной цене. Станция ВИЭ с установленной мощностью более 10 кВт получает гарантированную тарифную ставку на основе тендеров. Вторым инструментом поддержки ВИЭ является проведение аукционов в сочетании с фиксированной ставкой. Кроме того, правительство Литвы предоставляет субсидии и кредиты от имени Агентства по управлению экологическими проектами в рамках Специальной программы по борьбе с изменением климата. Преимуществом получения кредита производителем является производство солнечной энергии, энергии ветра и биомассы. Операторы станций ВИЭ в стране имеют право приоритетного подключения к электрическим сетям, тем самым отдавая приоритет передаче и распределению электроэнергии из возобновляемых источников энергии. Таким образом, государство поддерживает развитие того вида энергии, которая является доступной в этом регионе [40].

В Греции, в результате проведения пилотного тендера в 2016 году с целью поддержки ВИЭ, с 2017 года электричество, получаемое из возобновляемых источников в стране, стимулируется за счет надбавки к рыночной цене, предоставляемой в результате участия в тендерах. На сегодняшний день, акцент на поддержку ВИЭ сделан на производство солнечной и ветровой энергии, что объясняется географическим положением страны. После принятия в стране Закона о развитии 2016 года, появились государственные субсидии как дополнительное средство поддержки ВИЭ.

В Люксембурге электричество, получаемое из возобновляемых источников, стимулируется за счет надбавки к рыночной цене и зеленого тарифа, а также за счет субсидий. Особую поддержку получают производители солнечной энергии.

В Венгрии электроэнергия из ВИЭ поддерживается моделью зеленых тарифов для установок с установленной мощностью до 500 кВт. Для установок

мощностью 0,5-1 МВт применяется модель надбавок к рыночной цене. В стране существуют программы субсидирования, которые способствуют использованию ВИЭ в секторе электроэнергетики и теплоснабжения. Программы субсидий реализуются в первую очередь в рамках Оперативной программы по окружающей среде и энергоэффективности и Программы экономического развития и инноваций, предлагая безвозмездные гранты и льготные кредиты.

В Болгарии электричество из ВИЭ в основном стимулируется за счет надбавки к рыночной цене. При этом подключение электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии к электрическим сетям, регулируется положениями общего законодательства об энергетике и ВИЭ не предоставляется приоритетный доступ. В стране также существует программа поощрения использования возобновляемой энергии для отопления и охлаждения помещений, посредством предоставления субсидий из Европейского фонда регионального развития, кредитов и освобождения владельцев зданий от налога на недвижимость [41].

Таким образом, рассмотрев опыт поддержки возобновляемой энергетики в европейских странах, можно отметить, что страны применяют совершенно разные модели поддержки ВИЭ и их комбинации. А особенность применения той или иной модели зависит от уровня экономического развития, от существующих видов возобновляемой энергии в регионе, от научно-технического развития, от политик государства, от поставленных правительственных целей в отношении альтернативной энергетики. Следует отметить, что большинство стран используют первую модель поддержки ВИЭ – модель надбавки к рыночной цене. Данная модель является самой используемой в мире. А анализ опыта стран, использующих данную модель, показывает высокий уровень ее эффективности. Найденные примеры позволяют выявить следующую закономерность: почти все страны используют методы поддержки посредством бюджетного финансирования (предоставление субсидий, грантов, снижение налогов). На основании данного исследования прослеживается корреляция между уровнем энергетической устойчивости стран и используемым методом. Так, большинство стран со средним уровнем индекса и ниже в большинстве случаев применяют модель надбавки к рыночной цене. Страны со средним уровнем индекса и выше в большинстве случаев применяют модель зеленых сертификатов с целью ускоренного развития ВИЭ и выбора наиболее эффективных технологий производства энергии. Проанализировав основные причины использования той или иной модели, можно выделить основные: (I) предоставление поддержки того вида энергии, которого в государстве достаточно и есть к нему доступ в данном географическом регионе; (II) использование той модели, которая будет поощрять создания новых технологий добычи энергии; (III) применение модели, при использовании которой будут

достигнуты целевые показатели, поставленные правительством; (IV) использование модели, при которой обеспечивается рентабельность эксплуатации новых технологий добычи энергии.

Таким образом, основываясь на опыте европейских стран по использованию моделей поддержки ВИЭ, можно сказать, что при существующем большом количестве инструментов поддержки, одним из наиболее эффективных на сегодняшний день является модель надбавки к рыночной цене. Пример ее использования в таких странах как Германия, Франция, Дания, Швейцария, Италия констатирует нам ее эффективность, по той причине, что данные страны за небольшой период времени смогли перевыполнить целевые показатели и добиться большого успеха на рынке возобновляемой энергетики. Анализируемое исследование и опыт необходим для его применения в любой из стран, ставящая перед собой цель повышения энергоэффективности в области возобновляемой энергетики. Таким образом, данное исследование будет применяться для анализа рынка возобновляемой энергетики в Республике Беларусь.

Таким образом, ВИЭ на современном этапе является новой инновационной отраслью предоставления энергетических услуг, которая не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду, и способствует инновационному развитию страны и экономическому развитию. Однако несмотря на зрелость рынка электроэнергии от ВИЭ и заинтересованность инвесторов данной привлекательной отраслью, производства энергии является нерентабельным во многих европейских странах. С целью привлечения инвестиций и достижения конкурентоспособности, правительство европейских стран оказывает господдержку ВИЭ.

Инструментами, применяемыми государствами-членами ЕС, с целью сокращения издержек производства энергии стали ценовые и количественные модели. Каждая страна выбирает свою модель развития или их комбинацию. Для определения триггеров выбора той или иной модели, был проведен анализ энергетической устойчивости стран по четырем группам показателей: техническая, экономическая, социальная и экологическая устойчивость. Для проведения анализа взаимосвязи выбора модели, был рассчитан индекс устойчивого энергетического развития и проведен анализ опыта стран применения таких моделей. Основной причиной выбора модели является экономическое развитие, существующие виды возобновляемой энергии в регионе, научно-техническое развитие и поставленные правительственные цели. При этом, самой наиболее используемой моделью является модель надбавки к рыночной цене, как наиболее эффективная модель поддержки возобновляемых источников энергии.

ГЛАВА 3

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ НА МИРОВОМ РЫНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

3.1 Обеспеченность Беларуси энергетическими ресурсами

Энергетическая система Беларуси является сложной постоянно развивающейся системой, которая регулируется в соответствии с стратегией и политикой государства. Энергетическая отрасль Беларуси является одной из самых приоритетных в народном хозяйстве по причине тесной корреляции остальных отраслей экономики с энергетикой. Республика Беларусь относится к той группе стран в мировой экономике, которые не производят того объема энергии, необходимой для полного удовлетворения спроса, а, следовательно, являются энергозависимыми. Обеспеченность страны собственными энергоресурсами, которая характеризуется показателем энергетической самостоятельности, в 2019 году составил 16,5%. Структура потребления энергоресурсов в 2019 году находится на следующем уровне: 62% потребления газа от всего объема энергоресурсов, 28% - потребление нефти, 6% - потребление биотоплива, 4% - потребление угля. Валовое потребление топливно-энергетических ресурсов составило 27 миллионов тонн нефтяного эквивалента [42].

Таким образом, основным сырьем для производства энергии в стране является газ. Согласно данным Белстата, добыча газа в 2019 году в Беларуси составила 262000 тонн нефтяного эквивалента, что на 8% больше, чем в предыдущем году. Валовое потребление энергоресурса в 2019 году в стране составило 16557 тысяч тонн нефтяного эквивалента, практически не изменившись по сравнению с предыдущим годом. При данном уровне объема потребления, Беларусь занимает 35 место в мире по уровню объема.

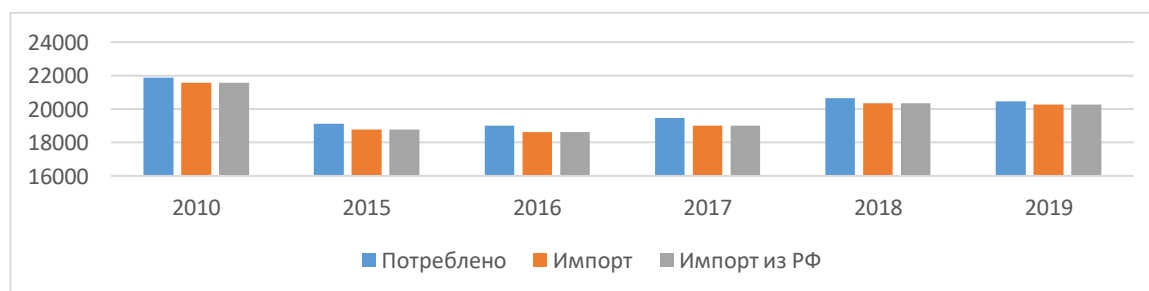


Рисунок 3.1 – Динамика объема потребления, импорта природного газа в Беларуси, млн м³ [42]

Объем импорта газа в 2019 году составил 16310 тысяч тонн нефтяного эквивалента. Основным поставщиком энергоресурса является Россия, у которой импортируется большая часть энергоресурсов. Таким образом, можно сделать вывод, что стопроцентная зависимость страны от одного импортера нефти говорит о существовании риска энергобезопасности страны.

Вторым по объему производства сырьем для производства энергии является нефть, добыча которой в 2019 году составила 1 690 тысяч тонн, что на 1% больше, чем в предыдущем году.

Добыча нефти в Беларуси начата в 1964 году после открытия Речицкого месторождения. Открыто 65 нефтяных месторождений с общими остаточными разведочными запасами 62,9 млн. тонн и одно нефтеконденсатное (Красносельское). Около 59 месторождений находится в промышленной разработке. Накопленная добыча нефти составляет порядка 120 млн. тонн и попутного газа около 12 млрд. м³. Остаточные извлекаемые запасы нефти оцениваются в 55-60 млн. т. [42, с.101].

Валовое потребление энергоресурса в 2019 году в стране составило 17 876 тысяч тонн, продолжив тенденцию снижения пятый год подряд. Объем импорта нефти в 2019 году составил 17 998 тысяч тонн.

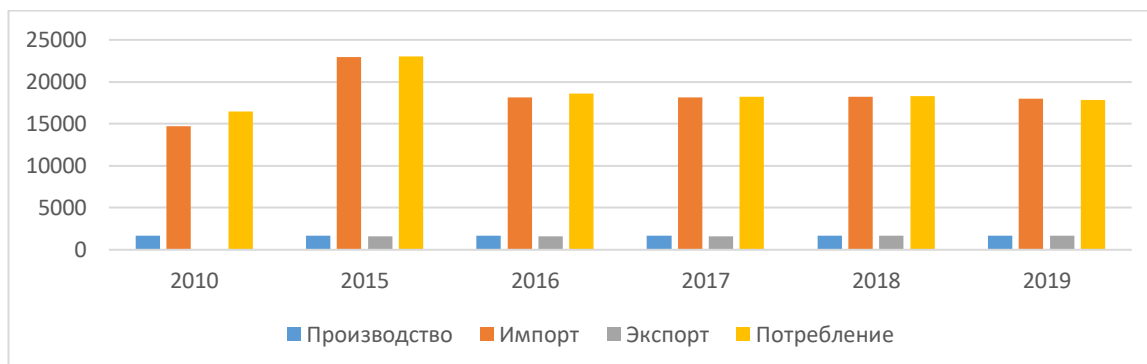


Рисунок 3.2 – Динамика объема потребления, импорта, экспорта, производства нефти в Беларуси, млн тысяч тонн [42]

Начиная с 2010 года, страна начала экспортировать нефть, и с каждым годом увеличивает объемы экспорта. Его рост обеспечивается возрастающим импортом нефти, который с 2000 года вырос с 7,8 млн тонн до 14,7 млн тонн в 2010 году, а за следующие пять лет увеличился до 18 млн тонн. Согласованные с Россией объемы поставок нефти на период 2018–2024 годы составят 24 млн тонн в год. Однако фактические поставки нефти в 2016-2017 года составили только 18 млн. тонн [2, с. 44]. Основными странами, в которые поставляется белорусская нефть, являются страны ЕС (61%) и Украина (32%).

Уголь продолжает играть важную роль в энергетике Республики Беларусь. Несмотря на мировое снижение потребления угля, потребление данного энергоресурса в стране растет небольшими темпами. Объем потребления в 2019

году составил 749 тысяч тонн, показав увеличение на 16%. Объем импорта угля в стране растет более быстрыми темпами, составив на 2019 год 4015 тысяч тонн, показав прирост в 243%. Основными странами импортерами угля в Беларусь являются Россия, Украина и Казахстан, объем импорта которых составил 86,8%, 0,001% и 13% соответственно. Говоря о запасах угля в стране, необходимо отметить, что в стране не производят добычу угля, однако Беларусь владеет месторождениями бурого угля, добыча которого в стране не осуществляется по причине высокого уровня загрязнения при переработке.

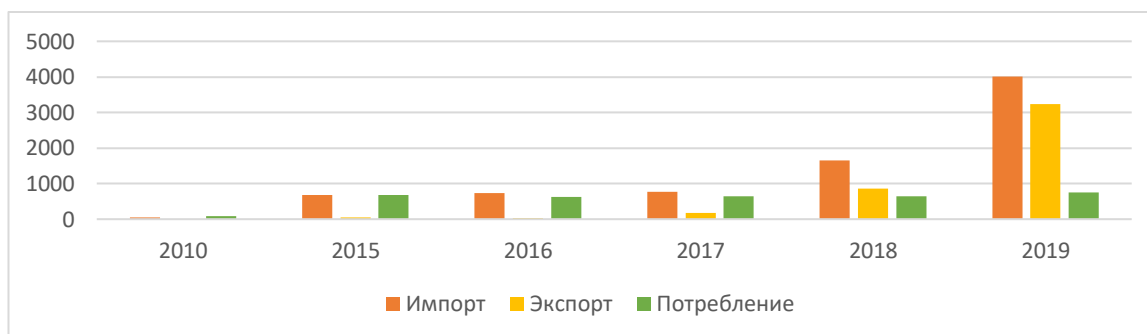


Рисунок 3.3 – Динамика объема потребления, импорта, экспорта угля в Беларуси, тысяч тонн [42]

В целях обеспечения энергетической безопасности, за последние 30 лет правительство Беларуси постепенно создает и принимает государственные программы по модернизации энергетического комплекса для увеличения доли использования собственных топливно-энергетических ресурсов. Согласно данным программам, модернизация энергетического баланса страны целесообразно начать с использованием местных и альтернативных источников энергии, к которым относятся дрова, торф, гидроресурсы и биомасса.

Республика Беларусь обладает большим месторождением торфа, древесины и биомассы, которые являются местными природными ресурсами, возможных к использованию для производства энергии в стране. Площадь лесного фонда Беларуси 9,248 тыс. га (88% территории). Запас древесины на корню 1,56 млрд. м³ [42, с. 102]. Производство древесины как источника энергии в 2019 году составило 12,47 тысяч тонн нефтяного эквивалента. При этом, валовое потребление древесины составило 1247 тысяч тонн нефтяного эквивалента, что снизилось на 4%.

Торфяные месторождения в Беларуси распространились по всей территории страны, общая площадь которых составляет 14,2% от всей территории. Уровень производства торфа в 2019 году составил 2269 тысяч тонн при уровне потребления 2064 тысяч тонн. Таким образом, объем производства торфа позволяет покрыть потребности в энергии, а также осуществлять экспорт. А строительство мини-ТЭЦ, согласно госпрограмме энергобезопасности, вблизи

брикетных заводов позволит увеличить энергоэффективность производства энергии из торфа в стране.

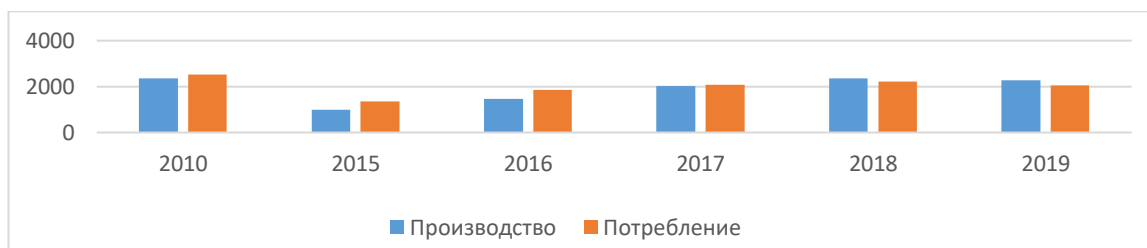


Рисунок 3.4 – Динамика объема потребления, производства торфа в Беларуси, тысяч тонн [42]

По причине отсутствия достаточного объема собственных энергоресурсов для полного обеспечения спроса на энергию, в стране также происходит постепенное развитие возобновляемой энергетики. На сегодняшний день, развитие ВИЭ является актуальным направлением развития энергетики страны с целью сокращения энергозависимости и повышению энергобезопасности. В стране принимаются новые законы и создаются программы, направленных на развитие местных и возобновляемых источников энергии. Основным Законом, регулирующий развитие ВИЭ в Беларуси, является Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии», вступившим в силу в 2010 году, согласно которому помимо традиционных источников энергии в стране будут использоваться энергия воды, солнца и ветра.

В соответствии с концепциями экологической и энергетической безопасности Беларуси к 2035 году производство электроэнергии с использованием ВИЭ должно составлять не менее 2,6 млрд кВт/ч в год. За счет расширения применения ветра, биогаза и отходов потенциал экономии составляет более 2,5 млн тонн условного топлива, т.е. около 12% импортированного природного газа. Как следствие, количество установок генерации электрической и тепловой энергии с использованием ВИЭ в Беларуси постоянно растет [2, с.133].

На сегодняшний день суммарная электрическая мощность установок по использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Республике Беларусь достигает 492 МВт, что составляет 4,8 % от общей установленной мощности белорусской энергосистемы и превышает данный показатель 2014 года в 10 раз – 47 МВт. В стране эксплуатируется свыше 480 объектов генерации на базе возобновляемых источников. За 2019 год установками по использованию ВИЭ суммарно произведено около 1 млрд. кВт/ч электрической энергии. Доля ВИЭ в объеме валового потребления топливно-энергетических ресурсов к 2020 году превысила 7,1 % (при запланированном уровне в 6 %). За счет

использования возобновляемых ресурсов в стране производится 2,47 % электрической и 10,6 % тепловой энергии [43].

Согласно Государственной программе «Энергосбережение», принятой на 2021–2026 гг., доля ВИЭ в валовом потреблении энергетических ресурсов должна составить 8%. На 1 сентября 2020 года суммарная установленная электрическая мощность установок ВИЭ включает:

1. 80 фотоэлектрических станций мощностью 159 МВт;
2. 53 гидроэлектростанции мощностью 96 МВт;
3. 108 ветроэнергетическая установка мощностью 109 МВт;
4. 29 биогазовых комплексов мощностью 38 МВт;
5. 10 мини-ТЭЦ на древесном топливе электрической мощностью порядка 89 МВт [44].

Расширение использования древесного топлива связано с наименьшими объемами капиталовложений и небольшими сроками окупаемости в сравнении с другими видами ВИЭ. К 2025 году планируется нарастить мощности по производству топливной щепы до 2100 тыс. м³ в год. В структуре ВИЭ около 97% занимает использование биомассы, в основном древесного топлива, и более 3% – энергия воды, ветра и солнца [44].

Одной из самых динамично развивающихся направления чистой энергетики является ветроэнергетика. Несмотря на то, что доля ВЭУ в общем объеме производства электрической энергии сохраняется на незначительном уровне (0,41 % в Беларуси против 6 % в среднем в мире), в абсолютном выражении выработка электричества за счет использования энергии ветра в стране только за последние 5 лет выросла более чем в 18 раз (с 9 млн. кВт/ч в 2014 г. до 166 млн. кВт/ч в 2019 г.) [43].

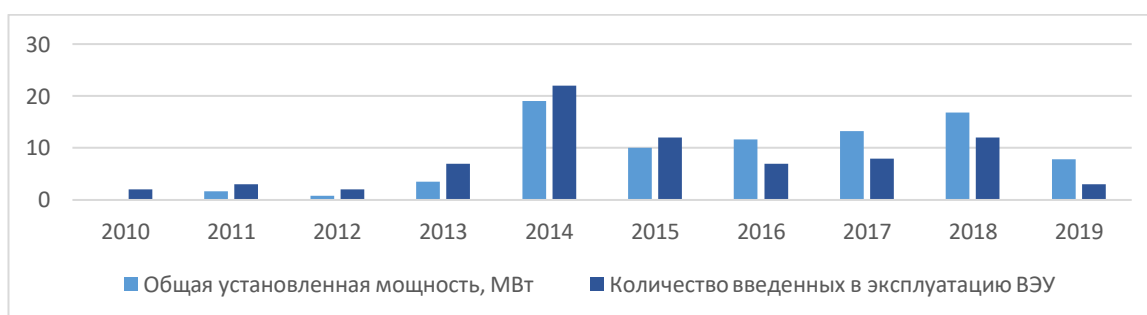


Рисунок 3.5 – Строительство ветроэнергетических установок в Беларуси, 2010 – 2019 гг. [48]

Однако динамика установленных мощностей ветроэнергетических установок показывает снижение в 2019 году по причине роста вводимых установок в последние 6 лет. За последние 5 лет, в Беларуси осуществляется введение новых установок с новым объемом мощности. Так, согласно статистики Минэнерго, в 2011 году была введена в эксплуатацию

ветроэнергетическая установка мощностью 1500 кВт, коэффициент использования мощности которой составляет 25%, что превышает среднее значение европейских стран. В 2019 году было введено три установки, суммарной мощностью около 8 МВт.

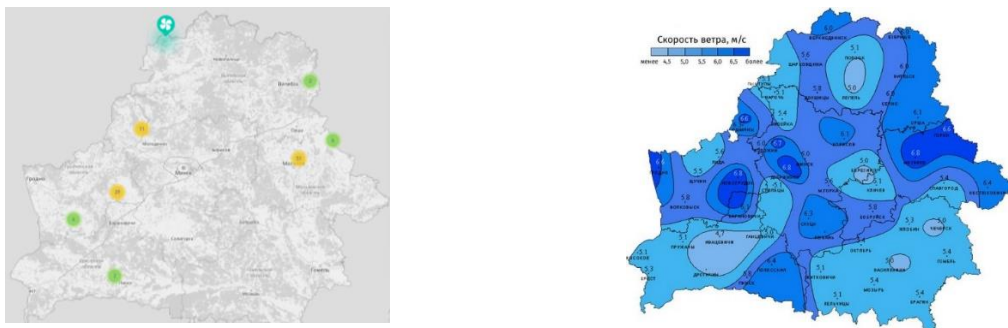


Рисунок 3.6 – Установленные мощности ветроэнергетических установок [48]

Согласно данным Министерства природы Беларуси, мощности по выработке энергии из ветровых потоков были установлены в местах с повышенным уровнем скорости ветра в регионе, что говорит об эффективности применения ветроэнергетики в стране. Таким образом, можно сделать вывод, что страна обладает потенциалом для развития ветроэнергетики благодаря своему местонахождению и благоприятной климатической обстановке в данном регионе.

Вторым привлекательным направлением развития возобновляемых источников энергии является солнечная энергетика. Несмотря на то, что солнечная энергетика широко не применяется в стране, регион также обладает потенциалом. С целью развития солнечной энергетики в Беларуси можно использовать опыт Германии, которая является лидером по установке фотоэлектрических систем. Одинаковая географическая широта стран говорит о целесообразности использования немецкого опыта в нашей стране.

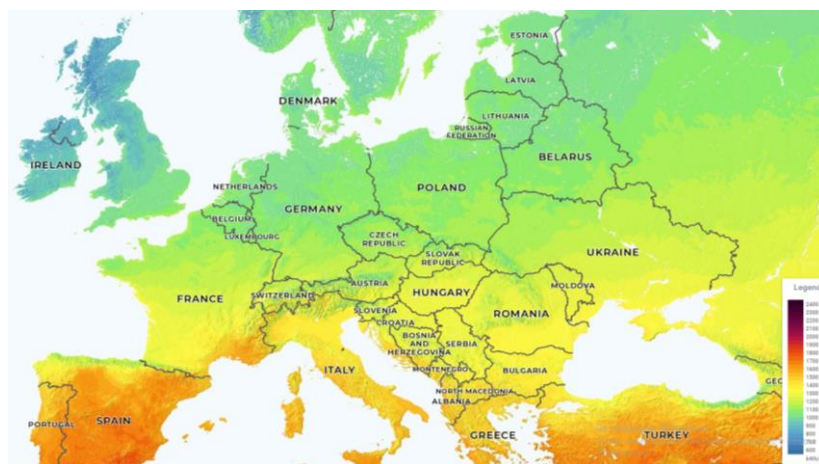


Рисунок 3.7 – Распределение солнечного потенциала по странам [49]

Согласно данным объединенного исследовательского центра Европейской комиссии, интенсивность солнечной иррадиации в Беларуси находится на том же уровне, что и интенсивность в европейских странах, следовательно, в Беларуси есть потенциал для развития солнечной энергетики.

На сегодняшний день в стране наблюдается медленный рост (при сравнении с европейскими странами) развития солнечной энергетики. По итогам 2018, 2019 и 2020 года, установленная мощность добычи солнечной энергии составило 154.3, 154.3 и 160.3 МВт соответственно. При этом прирост в 2020 году составил 3,8% [45]. При этом согласно данным исследования БГЭУ, общий объем потребления солнечной энергии на территории страны составляет 256 млрд т.у.т. [46].

На 1 сентября 2020 г. суммарная электрическая мощность установок ВИЭ включает 80 фотоэлектрических станций мощностью 159 МВт. Самой крупной электростанцией в стране, площадью в 110 Га является Речицкая электростанция, мощность которой составляет 57,8 МВт, инициатором строительства которой стала ГПО «Белоруснефть». Второй крупной электростанцией станет фотоэлектрическая станция в Могилевской области, мощностью 109 МВт и площадью 220 Га. Таким образом, в Беларуси успешно внедряются солнечные электростанции, а солнечный эффект страны наравне с показателями европейских странах, говорит об определенном потенциале развития солнечной энергетики.

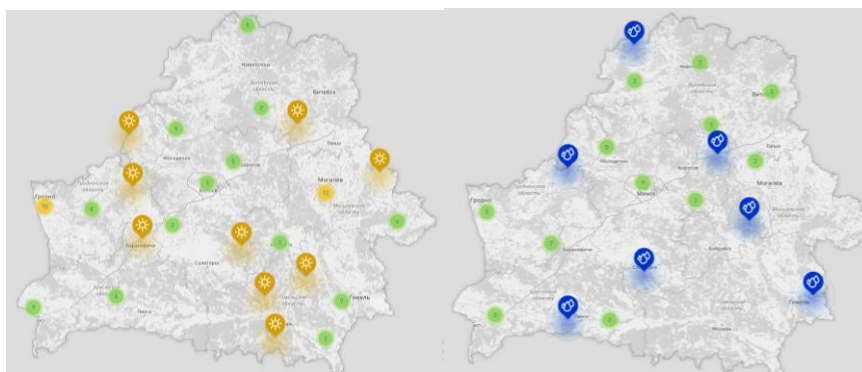


Рисунок 3.7 – Фотоэлектростанции и ГЭС в Беларуси [48]

Третьим потенциально успешным направлением развития ВИЭ является гидроэнергетика. Несмотря на то, что на земной поверхности территории страны преобладают равнины, в стране есть потенциал развития гидроэнергетики. Запасы гидроэнергоресурсов Республики Беларусь составляет теоретический потенциал ее рек - около 7,5 млрд. кВт. часов в средний по водности год, а его технический потенциал составляет от 2,5 - 3,0 млрд. кВтч в год [47]. Однако стоит отметить, что равнинность страны и небольшая скорость течения рек обуславливает строительство небольших ГЭС, мощностью до 250 МВт и установления станций на крупных реках страны.

По итогам 2018, 2019 и 2020 года, установленная мощность выработки энергии из рек составила 7.0, 7.0 и 7.7 МВт в год. При этом прирост в 2020 году составил 10,0%. На сегодняшний день в стране насчитывается 53 гидроэлектростанции мощностью 96 МВт. Установленные станции на всей территории Беларуси поделены на три части: станции на Немане, Западной Двине и Днепре. Таким образом, гидроэнергетика находится в процессе развития последние несколько лет. Несмотря на объемы гидрозапасов для генерации энергии, небольшая скорость рек и отсутствие полноводных горных рек является барьером для дальнейшего развития направления энергетики в Беларуси.

Наиболее перспективным направлением ВИЭ является биоэнергетика по причине высокого потенциала и быстрого внедрения. Беларусь обладает большим потенциалом в развитии биоэнергетики по причине существующей сырьевой базы для производства энергии, а именно отходы растениеводства и животноводства (преимущественно для производства биогаза), дрова и древесные отходы. Потенциал отходов растениеводства оценивают в размере до 300 тысяч т.у.т., в то время как потенциал отходов животноводства в размере до 160 тысяч т.у.т. При этом общий потенциал страны оценивается до 9 млн т.у.т.

В Беларуси активно используется энергия биомассы. По итогам 2018, 2019 и 2020 годов объем установленной мощности по генерации энергии составила 6.0, 6.0 и 80.0 МВт соответственно, с приростом +1233,3% в 2020 году. Согласно данным Белстата, процент обеспеченности собственными энергоресурсами по направлению биотоплива и отходов Беларуси в 2019 году составило 109,0%.

В Беларуси также существует 10 мини-ТЭЦ для производства энергии на древесной щепе электрической мощностью 89 МВт. Следует отметить, что электроэнергетические блоки на биомассе имеют ряд недостатков, а именно: более сложные и дорогие котлы для сжигания твердого топлива, дополнительные затраты на их обслуживание и более низкие параметры пара на выходе из котла, что снижает КПД турбины. При этом для биомассы существует более привлекательная альтернатива — использование дров или древесной щепы в качестве топлива в котельных ЖКХ. Это позволяет снизить затраты на производство тепловой энергии, а небольшая мощность котельных установок позволяет сократить «плечо» доставки и тем самым еще больше повысить привлекательность данного вида топлива для использования его в котельных установках. Таким образом, в данной работе предполагается отсутствие или незначительный рост потребления биомассы на нужды производства электроэнергии, а рост использования древесного топлива будет переориентирован в область производства тепловой энергии в районных котельных [50, с. 84]. Привлекательность использования древесины для производства энергии в Беларуси также обусловлена ее потенциалом: отходы

лесной промышленности, включая дрова и древесные отходы (щепа) по оценке Министерства лесного хозяйства может дать до 4 млн т.у.т.

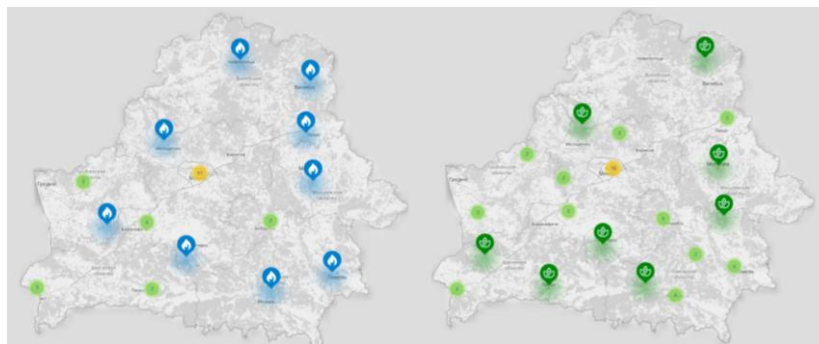


Рисунок 3.8 – Биогазовые установки, установки по генерации энергии из биомассы [48]

Развитие ВИЭ в Беларуси согласно Государственной программе «Стратегия развитие энергетического потенциала» также связано с созданием биогазовых установок по причине быстрого развития животноводства, а также возможности накопления и транспортировки газа от места производства к местам потребления. По итогам 2018, 2019 и 2020 года установленная мощность по генерации энергии составляют 30,3, 34,3, 37,3 МВт соответственно с приростом 8,7% в 2020 году [51]. На начало 2020 года в стране насчитывается 29 биогазовых комплексов мощностью 38 МВт. Доля биогаза на текущий момент незначительна. Динамика развития данного вида энергоисточника также указывает на низкую экономическую целесообразность строительства значительного объема. Кроме того, опыт эксплуатации биогазовых комплексов показывает их высокую требовательность к сырью, а уровень развития сельскохозяйственных технологий в Беларуси не позволяет сегодня в полной мере поддерживать нужный уровень постоянства состава сырья и отсутствия примесей, опасных для анаэробных бактерий, которые перерабатывают сырье в биогаз. Возможно, развитие биогазовых технологий получит новый стимул в области переработки иловых остатков в организациях водоканала (как одно из направлений биоэнергетики с использованием технологии очистки воды с использованием отходов для производства энергии), однако данное направление только начинает развиваться, и экономическая целесообразность работы значительной мощности данного вида установок пока остается неопределенной. Кроме того, следует учитывать, что биогазовые комплексы, как правило, имеют небольшую установленную мощность и выработка электрической энергии в значительной мере потребляется на нужды организации-собственника установки. Это ведет к тому, что объем отпуска электрической энергии в сеть становится еще меньше и влияние данного типа установок на баланс энергосистемы также становится меньше [50, с. 84].

В условиях недостатка собственных топливно-энергетических ресурсов и энергозависимости, одним из актуальных направлений развития энергетической отрасли страны стало внедрение ядерной энергетики как альтернатива дефициту энергоресурсов. Согласно госпрограмме «Энергосбережения», одной из целей развития энергетической сферы государства стало завершение строительства Белорусской атомной электростанции к 2020 году и ее интегрирование в Объединенную энергетическую систему.

По итогам реализации всех мероприятий, прирост потребления электрической энергии в 2026 г. ожидается на уровне 1,6 млрд. кВт/ч в год, что позволит улучшить технико-экономические показатели работы белорусской энергосистемы в условиях ввода в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции [50, с. 63-64].

Согласно данным Министерства энергетики Республики Беларусь, основной целью развития ядерной энергетики в стране является снижение энергозависимости и повышение энергоэффективности, а также обеспечение растущих энергетических потребностей экономики Беларуси. Ввод в эксплуатацию в 2019 году и 2021 году двух блоков АЭС мощностью 2400 МВт предполагает обеспечение диверсификации энергетических источников, а также расширение экономических возможностей региона размещения АЭС [53].

По расчетам Национальной академии наук Беларуси, введение в энергобаланс АЭС суммарной электрической мощностью 2 тыс. МВт позволит удовлетворить около 25 % потребности страны в электроэнергии и приведет к снижению ее себестоимости на 13 % за счет сокращения затрат на покупку нефти, природного газа и угля [54].

Несмотря на повышение энергетической самостоятельности страны (16,5% в 2019 году), цель по снижению энергозависимости подвергается критике. Одним из недостатков, указанных экспертами, является продолжение сохранения сильной зависимости поставок энергоресурсов из России. Строительство и введение в эксплуатацию АЭС не снизит, по оценкам экспертов, энергозависимость страны по причине сохранения и изменения предмета импорта, а именно переход с импорта природного газа на ядерное топливо.

Оценка потенциала страны в развитии ядерной энергетики не однозначна и ее развитие зависит от разных факторов. С точки зрения цели диверсификации ТЭР, развитие атомной энергетики повышает уровень энергетической безопасности страны. Атомная энергетика способствует энергетической устойчивости Беларуси и сглаживанию негативных экономических последствий в случае срывов поставок природного газа как основного вида топлива. Анализируя вторую поставленную цель – снижение энергозависимости, можно предположить, что данная цель не будет достигнута по причине того, что энергоресурс для получения атомной энергии также будет импортирован.

Таким образом, в структуре энергопотребления Республики Беларусь преобладают традиционные источники энергии, большая часть которых приходится на природный газ и нефть. По причине отсутствия собственных энергоресурсов, в стране принимаются программы по снижению энергозависимости, а также повышению энергетической самостоятельности. По причине удорожания и негативного воздействия традиционных энергоносителей, последние несколько лет в Беларуси развивают возобновляемую энергетику, а ее становление рассматривают как возможность понижения зависимости страны от импорта энергоресурсов. Проанализировав показатели альтернативной энергетики, можно отметить, что в стране большой потенциал развития ВИЭ. Лидирующим направлением ВИЭ является ветроэнергетика и биоэнергетика в силу обеспеченности ресурсами для производства энергии. Потенциал солнечной энергетики и гидроэнергетики немного меньше по причине особенности географического местоположения и климатической обстановки в регионе. Отдельно в стране внедряется атомная энергетика, цель развития которой является диверсификация энергоресурсов.

3.2 Опыт европейских стран по развитию возобновляемой энергетики в Республике Беларусь

Повышение энергоэффективности на сегодняшний день является современным вызовом как для европейских стран, так и для стран Восточной Европы. Сокращение использования традиционных источников энергии требует от современного общества более тщательного использования энергоресурсов и разработку новых технологий по использованию альтернативных источников энергии, с целью контроля изменения климата и загрязнения окружающей среды.

Разработка новейших технологий и инновационных подходов имеют жизненно важное значение для всех сфер экономики, поэтому энергетика является одним из приоритетов развития науки и технологий в большинстве стран как внутри ЕС, так и за его пределами, в том числе и в Республике Беларусь.

Одним из основных приоритетов развития энергетики Беларуси является увеличение доли местных источников энергии в энергобалансе страны и снижение зависимости от импорта энергии. В концепции энергетической безопасности, в одном из основных документов энергетической политики

Беларуси, планируется достичь к 2035 году 9% доли возобновляемых источников энергии в энергобалансе страны.

Развитие ВИЭ в стране регулируется Законом о возобновляемых источниках энергии в отношении всех субъектов, участвующих в использовании ВИЭ для производства и потребления электроэнергии. Создание новых объектов, а также модернизация и реконструкция существующих объектов для генерации и использования возобновляемых источников энергии определяются Декретом об использовании возобновляемых источников энергии и Постановлением об установлении и распределении квот на строительство объектов по использованию возобновляемых источников энергии.

Тарифы на электрическую энергию, производимую из ВИЭ индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, не входящими в состав ОАО "Белэнерго", регулируются Постановлением о тарифах на электрическую энергию, производимую из ВИЭ (2018 год).

В развитие ВИЭ, основное внимание в Беларуси уделяется увеличению использования древесной биомассы (т.е. необработанная древесина, пеллеты, щепы и брикеты), по причине меньших капитальных вложений по сравнению с другими видами возобновляемой энергии.

Также в Беларуси имеются большой потенциал для развития ветроэнергетики. Во многих регионах страны наблюдается благоприятная скорость ветра. За последние десятилетия расходы на ветроэнергетику значительно снизились и зачастую представляют собой конкурентоспособную по стоимости альтернативу ископаемым видам топлива. На сегодняшний день ветроэнергетику считают, как одной из перспективных возможностей снизить импорт энергоносителей и одновременно смягчить последствия изменения климата.

На сегодняшний день, доля ВИЭ в общем энергобалансе страны составляет 1%. Развитие данного энергетического направления требует больших инвестиционных вложений, что побуждает государство создавать благоприятные инвестиционный климат, при которых инвестиции в альтернативную энергетику будет экономически целесообразно для инвесторов. Проанализировав опыт развития ВИЭ европейских стран, можно утверждать, что развитие ВИЭ имеет в мировой практике государственную поддержку.

Для осуществления выбора государственной поддержки ВИЭ в стране с целью повышения уровня инвестиций, рассмотрим опыт стран-лидеров в развитии данного направления и проанализируем применение европейского опыта в Беларуси. Анализ опыта европейских стран для развития белорусской ветроэнергетики и энергетики на основе древесной биомассы (как основные направления с большим потенциалом) является целесообразным для создания практических систем поддержки (на основе теоретических моделей) и

формирования экономической и энергетической политики, что поможет в развитии доступной, производимой и чистой энергии в стране.

Как мы видим из опыта европейских стран, анализируемых в главе 2, методы государственной поддержки варьируются от страны к стране. При этом применение одинаковых моделей поддержки в странах показывает различные результаты их использования, что говорит о существующих факторах влияния, к которым можно отнести различный состав и структуру общей системы поддержки.

Несмотря на то, что в мировой практике применяются различные экономические механизмы для стимулирования развития ВИЭ, мнения экспертов и ученых при обсуждении эффективности этих механизмов не совпадают, однозначных выводов о целесообразности выбора того или иного механизма из существующих вариантов в литературе не существует [55, с. 15]. Согласно анализу, проведенному в главе 2, в европейской практике, страны делают выбор модели поддержки в пользу ценовых моделей, однако за последние годы наблюдается диверсификация использования моделей в стороны количественных.

Для выбора правильной совокупности моделей поддержки ВИЭ для Беларуси по опыту европейских стран, будем основываться на исследования эффективности применения моделей. По признаку белорусского потенциала в развитие ВИЭ выберем несколько стран для более тщательного рассмотрения опыта для проведения анализа. Самый большой потенциал, которым обладает Беларусь, является ветроэнергетика и энергия на основе биомассы. Согласно этому, при анализе применения опыта европейских стран, особое внимание следует уделить опыту Германии как лидирующей стране в развитие альтернативной энергетики. Второй страной для анализа была выбрана Швеция как лидер по уровню энергетической устойчивости, рассчитанный по индексу SEDI во главе 2. Для выбора третьей страны был проведен расчёт энергетической устойчивости Беларуси по индексу SEDI для определения ее принадлежности к группе стран. Согласно расчёту, Беларусь принадлежит к группе 3 с интервалом индексов 0,5-0,59, в которую также, согласно расчётам, вошли Польша, Италия, Испания, Австрия, Бельгия, Чехия, Ирландия. Таким образом, третьей страной для анализа ее опыта была выбрана Польша, как граничащая с Беларусью страна с постсоветским укладом.

Таблица 3.1 – Индекс SEDI, рассчитанный для Беларуси

| Государство | Экономический индекс | Технологический индекс | Социальный индекс | Экологический индекс | Индекс SEDI |
|-------------|----------------------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------|
| Беларусь | 0,23 | 0,39 | 0,85 | 0,57 | 0,51 |

Примечание: источник: собственная разработка на основании [27]

Анализ опыта применения моделей поддержки Германии, Швеции и Польши рассматривается с точки зрения эффективности, результативности и действенности, определяемой способностью законов приводить к ожидаемым юридическим последствиям [56, с. 561-562].

Для анализа эффективности моделей в европейских странах будет применяться институциональный подход, который дает относительную оценку системы поддержки ВИЭ. Необходимо отметить, что анализ дает относительную оценку по причине неравномерной структуры инструмента и величины его вмешательства. По причине частого взаимовлияния инструментов, а именно их дополняющего или заменяющего друг друга действия, точная оценка эффективности системы затруднена [57, с. 238-242].

Для анализа совокупности инструментов целесообразно применить оценку в несколько последовательных этапов по следующим критериям:

1. Критерии оценки работоспособности системы поддержки;
2. Критерии оценки прогнозируемой успешности (результативность и эффективность) системы поддержки ВИЭ;
3. Критерии оценки эффективности отобранных на этапах 1-2 вариантов системы поддержки в зависимости от заданных целей [58, с. 22-26].

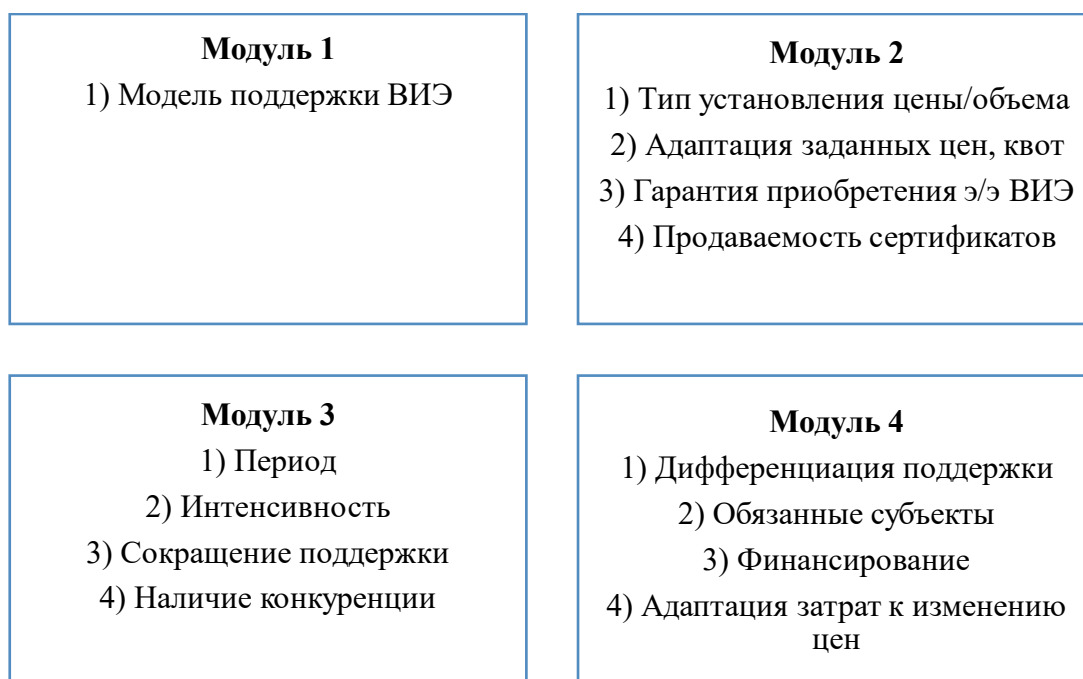


Рисунок 3.9 – Критерии оценки работоспособности системы поддержки [57, с. 363-366]

Первый этап включает описание системы поддержки по четырем модулям (с целью анализа всех элементов, влияющие на эффективность): описание модели, объем использования, динамику осуществления поддержки и затраты, оценка которых осуществляется на основе нормативно-правовых актах.

Таблица 3.2 – Описание моделей поддержки ВИЭ в Швеции и Германии

| Название элемента | Германия | Швеция |
|----------------------------------|---|---|
| Вид модели | Feed-in tariffs | Квоты |
| Тип установления цены/объема | Абсолютный | Устанавливается в процентах к объему покупаемой электроэнергии |
| Адаптация заданных цен, квот | Предварительно предусмотрена (внесение в закон изменений) | Нет |
| Гарантия приобретения э/э ВИЭ | Гарантия в полном объеме | Нет |
| Продаваемость сертификатов | Нет | Да |
| Период | 20 лет | 15 лет |
| Интенсивность | Размер оплаты установлен по каждому виду ВИЭ | Заранее предусмотрен, путем установления размеров квот ежегодно |
| Сокращение поддержки | Заранее предусмотрена | Заранее предусмотрена |
| Наличие конкуренции между ВИЭ | Нет | Да |
| Дифференциация поддержки | Да | Нет |
| Обязанные субъекты | Сетевые компании, потребители | Энергосбытовые компании, потребители |
| Финансирование | Конечные потребители через надбавку к цене электроэнергии | Потребители через надбавку к цене электроэнергии |
| Адаптация затрат к изменению цен | Да, с 2010 года | Да, путем снижения цен на сертификаты |

Примечание: источник [60, 61, 58, с. 22-26]

Таблица 3.3 – Описание моделей поддержки ВИЭ в Польше и Беларуси

| Название элемента | Польша | Беларусь |
|----------------------------------|---|---|
| Вид модели | Feed-in tariffs | Feed-in tariffs |
| Тип установления цены/объема | Абсолютное значение | Устанавливается в процентах |
| Адаптация заданных цен, квот | Предварительно предусмотрена | Нет |
| Гарантия приобретения э/э ВИЭ | - | - |
| Продаваемость сертификатов | Нет | Нет |
| Период | 15 лет | 10 лет |
| Интенсивность | Размер оплаты установлен по каждому виду ВИЭ | Размер оплаты установлен в зависимости от вида ВИЭ |
| Сокращение поддержки | Заранее предусмотрена | Заранее предусмотрена |
| Наличие конкуренции | Да | Нет |
| Дифференциация поддержки | Да | Нет |
| Обязанные субъекты | Компании-производители, потребители | ГПО «Белэнерго», компании-производители |
| Финансирование | Потребители через надбавку к цене электроэнергии. | Потребители через надбавку к цене электроэнергии. |
| Адаптация затрат к изменению цен | Да, путем изменения надбавки к рыночной цене электроэнергии | Да, путем изменения надбавки к рыночной цене электроэнергии |

Примечание: источник [60, 61, 58, с. 22-26]

Вторым этапом анализа является сравнительная оценка моделей поддержки путем балльной системы от 0 (низкий) до 2 (высокий). Критериями оценки стали такие показатели как 1. эффективность использования модели для достижения целевых показателей, 2. совместимость используемой модели с нормативно-правовой базой в стране, 3. способность предотвращения распространения льгот, 4. оценка транзакционных издержек, 5. степень стимулирования инноваций и минимизация издержек при развитии ВИЭ, 6. адаптация модели к изменяющимся рыночным условиям для предотвращения издержек, 7. интеграция ВИЭ в систему энергоснабжения, 8. возврат инвестиций в ВИЭ, 9. потребность в регулировании и контроле со стороны госорганов [58, с. 22-26].

Таблица 3.4 – Сравнительная оценка моделей

| Страна | Критерии (2- высокая, 1 – средняя, 0 – низкая) | | | | | | | | | Итого |
|----------|--|---|---|----|---|---|---|---|----|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Германия | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 14 |
| Швеция | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 13 |
| Польша | 2 | 1 | 2 | -1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 10 |
| Беларусь | 1 | 1 | 2 | -1 | 1 | 2 | 1 | 0 | -1 | 6 |

Примечание: источник [58, с. 22-26]

Таким образом, можно отметить, что в странах, которые являются преуспевающими в развитии ВИЭ используются различные модели поддержки ВИЭ. А оценка моделей по критериям незначительно различается по сумме (максимально – 14). Сумма моделей стран-лидеров в развитии ВИЭ (Германия, Швеция) различается на один пункт, что говорит об эффективной программе поддержки ВИЭ в обеих странах. В Польше суммарной балл немного ниже показателей лидирующих стран, однако 71% эффективности также говорит о перспективности опыта поддержки ВИЭ в стране.

При этом, несмотря на различие в используемых моделях поддержки, высокий уровень развития ВИЭ в этих странах достигается за счет использования различных элементов в системе поддержки. Так, как показывает оценка, высокая эффективность и работоспособность модели в Швеции достигнута за счет заинтересованности правительства в снижении транзакционных издержек. В то время как в Германии и Польше, акцент ставится на надежности инвестиций, что и повышает конкурентоспособность ВИЭ в стране, и как следствие высокую эффективность развития и работы.

Также следует отметить, что успешность применения моделей (не зависимо от вида модели) зависит от нормативно-правовой базы в стране, которая должна включать закрепленные в законе точные цели по развитию зеленой энергетики. Кодификация основных принципов развития и

функционирования альтернативной энергетики характеризует государство как целеориентированную страну на развитие зеленой энергетики, что безусловно повысит инвестиционный климат в государстве.

Проанализировав опыт трех европейских стран, можно сделать несколько выводов:

1. Сходные модели поддержки ВИЭ в странах могут привести к различным результатам, что говорит о необходимости создания комплексной системы поддержки в странах;

2. Страны, лидирующие в развитии ВИЭ, применяют разные виды моделей поддержки, что приводит к эффективности их использования. Данный факт показывает, что каждая модель может быть эффективной при правильном планировании ее использования;

3. Фактором успеха использования моделей является сформированная нормативно-правовая база в стране, а также четкое формулирование целей и целевых показателей;

4. Определение на законодательном уровне ответственных субъектов за реализацию моделей поддержки является важным фактором, оказывающий влияние на успешность программы поддержки.

Рассматривая опыт поддержки развития ВИЭ в Беларуси, важно отметить, что регулирование ВИЭ в стране осуществляет Минэкономики в соответствии с Постановлением от 03.09.2018 №73 «О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии».

Из анализа четырех моделей поддержки европейских стран, Беларусь применяет модель схожую с опытом европейских стран (Германия, Польша). А оценка модели по критериям значительно различается по сумме - 6. Низкий уровень развития ВИЭ в стране обусловлен низким уровнем надежности инвестиций, что понижает конкурентоспособность ВИЭ в стране. Низкий уровень инвестиций обусловлен высоким риском для инвесторов, который связан с изменениями обменного курса валюты. Проведя сравнение опыта Германии и Беларуси, в стране не существует различия между тарифами по видам ВИЭ. Опыт Германии показывает, что дифференциация размеров тарифов по видам ВИЭ положительно сказывается на успешности поддержки альтернативной энергетики. Таким образом, применимо к Беларуси, необходимо ввести более четкую дифференциацию размеров тарифов по каждому виду ВИЭ. Вторым отличием белорусской и немецкой системы поддержки является отсутствие, согласно Постановлению «О тарифах на электрическую энергию, которая вырабатывается из возобновляемых источников», депрессии (механизм постепенного сокращения поддержки посредством снижения тарифов) в Беларуси. Основной рекомендацией для Беларуси по опыту Германии может

стать введение механизма по постепенному сокращению поддержки, что в дальнейшем даст импульс по развитию ВИЭ [62].

Низкий уровень показателя, согласно сравнительной оценке моделей поддержки, также обусловлен высокой потребностью в регулировании и в контроле системы поддержки. По опыту Германии, в Беларуси необходимо профинансировать подготовку кадров для регулирования и контроля альтернативной энергетики.

Одним из важных критериев для успешного функционирования ВИЭ является ее интеграция в систему энергоснабжения, что не в полной мере обеспечивается в Беларуси. Неправильное планирование внедрения ВИЭ в стране и ее рост одновременно с развитием и вводом в эксплуатацию белорусской атомной электростанции имеет негативную сторону и может стать угрозой в работе энергосистемы страны. Как утверждает ГПО «Белэнерго», сбалансированное функционирование зеленой энергетики может привести к остановке конденсационных энергоблоков, в том числе ограничить базовый режим работы БелАЭС, что является опасным и недопустимым [63].

Проблема в социальном аспекте, а именно высокая цена покупки электроэнергии от ВИЭ, что приводит к росту затрат для потребителей – является актуальным вопросом в Беларуси. Пятикратная цена зеленой электроэнергии по сравнению с электроэнергией на традиционных энергоисточниках серьезно сказывается на бюджете домохозяйств, что станет серьезной статьёй затрат для потребителей. С целью решения данного вопроса, можно использовать опыт Польши и Швеции. Для сокращения и покрытия расходов компаний-производителей чистой электроэнергии, государство ввело правительственную субсидию, что в дальнейшем поспособствовало уменьшению цены для потребителей. Посмотрев опыт европейских стран, наблюдается тенденция использования фискальных стимулов, а именно субсидий, льготных кредитов, снижение налогов. Так, опыт Швеции по отмене налогов на использование возобновляемых видов топлива, и введение налогов на использование ископаемого топлива, на выбросы CO₂ показал значительный рост по переходу на ВИЭ, что безусловно является примером для белорусской энергетики. Предоставление финансовой помощи как элемент фискальных стимулов по опыту Швеции, который заключается в предоставлении государственных субсидий на установку подсоединенных к сети фотоэлектрических систем, которая покрывает 35% стоимости установки, также является одним из примеров для развития белорусской зеленой энергетики.

Таким образом, можно отметить, что европейские страны используют не одну модель поддержки ВИЭ, а целый комплекс (систему) инструментов по поддержанию ВИЭ и повышению ее конкурентоспособности. А успешность ее применения зависит от установленных целевых показателей, четкого

планирования и создания нормативно-правовой базы. Анализ показывает, что равнозначные между собой модели поддержки приводят к совершенно разным результатам, которые зависят от всей системы поддержки в целом и ее элементов.

Беларусь вступила на путь развития возобновляемой энергетики в начале 21 столетия и на сегодняшний день актуальной проблемой ее развития стала повышение конкурентоспособности с целью привлечения инвестиций. Повышение конкурентоспособности в Беларуси должна осуществляться, по опыту европейских стран, с помощью государственной поддержки. Однако модель (Feed-in tariffs), применяемая в стране, не характеризуется успешностью и работоспособностью, несмотря на идентичность с моделями европейских стран. Причинами этого является отсутствие четких целей и целевых показателей, нечеткая нормативно-правовая база и кодификация ВИЭ, низкий уровень надежности инвестиций, что понижает инвестиционную привлекательность страны, отсутствие точного определения ответственных субъектов за развитие зеленой энергетики. Таким образом, решения данных проблем может основываться на опыте лидирующих стран, а успешная система поддержки развития ВИЭ в странах поможет определить наиболее эффективные инструменты развития зеленой энергетики.

Таким образом, энергетическая система Беларуси является сложной постоянно развивающейся системой, от которой зависит функционирование всех сфер народного хозяйства. Страна не обладает большими запасами энергоресурсов, поэтому вынуждена импортировать энергоносители для удовлетворения собственных нужд. По причине отсутствия достаточного объема собственных энергоресурсов для полного обеспечения спроса на энергию, в стране происходит постепенное развитие возобновляемой энергетики с целью сокращения энергозависимости и повышения энергобезопасности. Самыми динамично развивающимися и обладающие потенциалом являются ветроэнергетика, биоэнергетика (из древесных отходов). Доля ВИЭ на 2019 год составляет 1% в энергобалансе страны. Развитие зеленой энергетики требует больших инвестиционных вложений, что побуждает государство создавать благоприятные инвестиционный климат, при которых инвестиции в альтернативную энергетику будет экономически целесообразно для инвесторов. Пока конкурентоспособность ВИЭ остается низкой по причине роста цен на традиционные энергоносители, государство осуществляет поддержку развития ВИЭ путем выбора моделей поддержки. Для оценки белорусской модели поддержки ВИЭ, был проанализирован опыт европейских стран. Анализ показал, что лидирующие страны выбирают совершенно разные инструменты. При этом успешность из применения обусловлен не выбором модели, а составом и структурой общей системы поддержки, а также нормативно-правовой базой в

стране для развития зеленой энергетики. Проведя сопоставление белорусской и европейской моделей, были соотнесены основные критерии инструментов и выявлены различия, которые и стали основными причинами неработоспособности модели. На основе выявленных барьеров развития ВИЭ были сформулированы основные рекомендации, на основе опыта европейских стран, по осуществлению развития зеленой энергетики в стране. Таким образом, опыт стран показывает, что четкое планирование, определение цели и целевых показателей, а также создание юридической базы в стране является основным ориентиром к преодолению отставания в развитии возобновляемой энергетики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тенденции в области энергообеспечения показывают постепенный отказ от традиционных источников энергии и деиндустриализацию в целом, а использование возобновляемой энергии вступило в новый этап развития. Переход на чистые и безопасные виды энергии является приоритетным в мировом хозяйстве, поэтому государства оказывают поддержку тем производителям энергии, кто решаются на использование чистых источников энергии.

Поскольку тенденция увеличения потребления и производства электроэнергии от ВИЭ на протяжении последних тридцати лет говорит о том, что рынок является зрелым, а отрасль привлекательной для стратегического инвестирования, доля которого увеличивается с каждым годом, страны разрабатывают механизмы и способы совершенствования энергетической отрасли для достижения ее конкурентоспособности.

Для изучения опыта применения механизмов поддержки были выбраны европейские страны, как лидеры по развитию рынка ВИЭ. Страны Европы практикуют использования механизмов поддержки начиная с 1970-ых годов, что говорит о накопленном опыте, необходимого для анализа. А достижение поставленных целей говорит о том, что модели поддержки, применяемые европейскими странами, являются эффективными и изучение опыта необходимо при формировании энергетической политики в Республике Беларусь.

Для изучения моделей поддержки, применяемые странами, необходимой мерой для проведения корреляции между экономическими инструментами и энергетическим развитием стран, была изучена энергетическая устойчивость стран, основанной на расчете метода SEDI (Index of sustainable energy development). Расчет индекса, в разрезе экономического, технологического, социального и экологического аспектов, и присвоение рейтинга каждой стране позволил выявить пять страновых групп, что дало основу для выявления корреляционной зависимости моделей и энергетической устойчивости стран.

Подводя итог о особенностях европейских стран в применении моделей поддержки ВИЭ, стоит отметить следующее:

1. Применение той или иной модели зависит от уровня экономического развития, от существующих видов возобновляемой энергии в регионе, от научно-технического развития, от политик государства, от поставленных правительственных целей в отношении альтернативной энергетики;

2. Большинство стран используют первую модель поддержки ВИЭ – модель Feed-in tariffs. Данная модель является самой используемой в мире. А

анализ опыта стран, использующих данную модель, показывает высокий уровень ее эффективности;

3. Рассмотренные примеры европейских стран позволяют выявить следующую закономерность: большинство рассмотренных стран используют методы поддержки посредством бюджетного финансирования (предоставление субсидий, грантов, снижение налогов);

4. Большинство стран со средним уровнем индекса и ниже в большинстве случаев применяют модель надбавки к рыночной цене. Страны со средним уровнем индекса и выше в большинстве случаев применяют модель зеленых сертификатов с целью ускоренного развития ВИЭ и выбора наиболее эффективных технологий производства энергии;

5. Применение одинаковых моделей поддержки в странах показывает различные результаты их использования;

6. Несмотря на применение различных экономических инструментов для стимулирования развития ВИЭ, единого мнения экспертов и ученых об эффективности этих механизмов не существует.

Проведенное исследование и изучение опыта каждой европейской страны, позволяет выявить основные причины использования экономических инструментов: (I) предоставление поддержки того вида энергии, которого в государстве достаточно и к которому есть доступность в данном географическом регионе; (II) использование той модели, которая будет поощрять создания новых технологий добычи энергии; (III) применение модели, при использовании которой будут достигнуты целевые показатели, поставленные правительством; (IV) использование модели, при которой обеспечивается рентабельность эксплуатации новых технологий добычи энергии.

Говоря о ситуации в нашей стране, на сегодняшний день Республика Беларусь ставит перед собой цель повышения энергоэффективности в области возобновляемой энергетики и снижение энергетической зависимости. Поэтому развитие возобновляемой энергетики является стратегической возможностью не только для повышения энергетической безопасности страны, но и для привлечения инвестиций в страну.

Рассмотрев применение опыта европейских стран, можно отметить следующие выводы, которые могут использоваться как ориентир в развитии ВИЭ в стране:

1. Предоставление государственной поддержки ветроэнергетики и энергии на основе биомассы как основным видам источников энергии с самым большим потенциалом в стране;

2. По опыту Германии, введение четкой дифференциации размеров тарифов по видам ВИЭ может положительно сказаться на успешности поддержки альтернативной энергетики;

3. Поскольку европейские страны используют комбинации моделей поддержки ВИЭ, начальным этапом поддержки ВИЭ в Беларуси можно применить модель Feed-in-tariff, применяя опыт Германии и Польши, а в дальнейшем проводить корректировку;

4. Правильное планирование использования модели является основным критерием эффективности модели;

5. Формирование нормативно-правовой базы в стране, четкое формулирование целей и целевых показателей, определение на законодательном уровне ответственных субъектов за реализацию моделей поддержки является основными мерами для успешного функционирования программы поддержки;

6. Проведение комплексной интеграции ВИЭ в систему энергоснабжения;

7. Применить методы поддержки посредством бюджетного финансирования по опыту Польши и Швеции для сокращения и покрытия расходов компаний - производителей чистой электроэнергии и снижения цены для потребителей;

8. Применить фискальные стимулы по опыту Швеции для производителей энергии.

Таким образом, анализ показал, что европейские страны выбирают различные инструменты поддержки. При этом успешность их применения обусловлен не выбором модели, а правильным планированием ее использования, составом и структурой общей системы поддержки, нормативно-правовой базой в стране для развития зеленой энергетики. Проведя сопоставление белорусской и европейской моделей, были соотнесены основные критерии инструментов и выявлены различия, которые и стали основными причинами неработоспособности модели. На основе выявленных барьеров развития ВИЭ были сформулированы основные рекомендации, основанные на опыте европейских стран по осуществлению развития зеленой энергетики в стране.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Томашевич, А. В. География мирового хозяйства: Курс лекций.: Макроэкономический анализ отраслей мирового хозяйства / А. В. Томашевич. – Мн.: БГУ, 2002. – 133 с.
2. Ковалев, М. М. Будущее белорусской энергетики на фоне глобальных трендов : моногр. / М. М. Ковалев, А. С. Кузнецов. – Минск : Изд. центр БГУ, 2018. – 223 с.
3. World Energy Statistics Yearbook [Electronic resource]. – Mode of access: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>. – Date of access: 21.12.2020.
4. Экономика энергетики : курс лекций по одноим. дисциплине для студентов энергет. специальностей днев. и заоч. форм обучения / О. В. Полозова, Г. А. Прокопчик. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. – 112 с.
5. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика. Основное оборудование : учебник для СПО / Г. Ф. Быстрицкий, Г. Г. Гасангаджиев, В. С. Кожиченков. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 416 с.
6. Василенко, А. Б. Современная энергетика и энергетика будущего / А. Б. Василенко, В. В. Тетельмин. – Москва : Ленанд, 2018. – 238 с.
7. Oil production [Electronic resource]. – Mode of access: <https://yearbook.enerdata.net/crude-oil/world-production-statistics.html>. – Date of access: 21.12.2020.
8. World Energy Statistics 2020 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>. – Date of access: 21.12.2020.
9. Global gas consumption [Electronic resource]. – Mode of access: <https://yearbook.enerdata.net/natural-gas/gas-consumption-data.html>. – Date of access: 21.12.2020.
10. World coal production [Electronic resource]. – Mode of access: <https://yearbook.enerdata.net/coal-lignite/coal-production-data.html>. – Date of access: 21.12.2020.
11. Ганжа, В. Л. Основы эффективного использования энергоресурсов : теория и практика энергоснабжения / В. Л. Ганжа. – Минск : Белорус. наука, 2007. – 451 с.
12. Лукутин, Б. В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б. В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 184 с.
13. World Energy Statistics 2019 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy->

economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf. – Date of access: 25.12.2020.

14. Русецкая, Г. Д. Проблемы мирового рынка нефти, газа и нефтепродуктов : учеб. пособие / Г. Д. Русецкая. — Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2015. — 67 с.

15. Nuclear power statistics [Electronic resource]. – Mode of access: <https://ourworldindata.org/nuclear-energy>. – Date of access: 25.12.2020.

16. Nuclear Energy Statistics [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.statista.com/statistics/267158/number-of-nuclear-reactors-in-operation-by-country/>. – Date of access: 25.12.2020.

17. Клинов, В. Г. Экономическая конъюнктура: факторы и механизмы формирования : учеб. пособие / В. Г. Клинов. – М. : Экономика, 2005. – 278 с.

18. Клинов, В. Г. Мировые товарные рынки и цены : учебник / В. Г. Клинов, Л. С. Ревенко, Т. И. Ружинская; Моск. гос. ин-т междунар. отношений (ун-т) МИД России, каф. междунар. экон. отношений и внешнеэкономич. связей; под ред. Л.С. Ревенко. — М. : МГИМО-Университет, 2012. — 500 с.

19. World energy statistics from the International Energy Agency [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-oil-supply-and-demand-1971-2019>. – Date of access: 25.12.2020.

20. Дегтярева, О. И. Биржевая торговля в сфере топливно-энергетического комплекса : учеб. пособие / О.И. Дегтярева. Моск. гос. ин-т междунар. отношений (ун-т) МИД России, каф. Управления внешнеэкономич. деятельностью. — М. : МГИМО-Университет, 2011. — 262 с.

21. Global status report [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.ren21.net/gsr-2020/>. – Date of access: 17.01.2021.

22. Bloomberg statistics [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bloomberg.com/europe>. – Date of access: 16.01.2021.

23. Ермоленко, Г. В. и другие. Справочник по возобновляемой энергетике Европейского союза: аналитический обзор. М.: Институт энергетике НИУ ВШЭ, 2016. – 96 с.

24. EU Directive No 2009/28/EG of 23.04.2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources [Electronic resource]. – Mode of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=DE> Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments. – Date of access: 28.01.2021.

25. Diekmann, J. Analysis and evaluation of the effects of the Renewable Energy Sources Act (EEG) from a macroeconomic perspective / Diekmann J. – Berlin, 2008.

26. Iddrisu, I. and S.C. Bhattacharyya, Sustainable Energy Development Index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. – С. 513-530.

27. Сравнительный анализ устойчивого энергетического развития России, Беларуси, Украины, Латвии, Польши [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meps.econ.vsu.ru/meps/article/view/1340/1300>. – Дата доступа: 22.02.2021.
28. Baumol, W. J., Oates W. E. The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment // Swedish Journal of Economics – 1971. - Vol. 73. – С. 42-54.
29. Schwarz, H.-G., Dees P., Lang C., Meier S. Quota models to require of electricity generation from renewables: theory and implications. – 2008.
30. Support models for European countries [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.pv-magazine.com/features/archive/solar-incentives-and-fits/feed-in-tariffs-in-europe/>. – Date of access: 25.02.2021.
31. Taxes and incentives for renewable energy by KPMG [Electronic resource]. – Mode of access: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2015/09/taxes-and-incentives-2015-web-v2.pdf>. – Date of access: 25.02.2021.
32. Renewable energy in Sweden [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sweden.se/nature/energy-use-in-sweden/> – Date of access: 26.02.2021.
33. Statistics from the Swedish Energy Agency [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.energimyndigheten.se/en/>. – Date of access: 26.02.2021.
34. Analysis of the Swiss Policy and its Implications on the Development of Photovoltaics in Switzerland [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.files.ethz.ch/cepe/Top10/Weibel.pdf>. – Date of access: 26.02.2021.
35. Renewable Energy Subsidy Scheme in Finland [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.castren.fi/blogandnews/news-2018/new-subsidy-scheme-for-renewable-energy-in-finland/>. – Date of access: 26.02.2021.
36. Italian regulatory mechanisms to promote green energy [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.energsovet.ru/stat728.html>. – Date of access: 26.02.2021.
37. Renewable energy in Poland [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/sites/trade/files/market_studies/2019-Poland-Renewable_Energy.pdf. – Date of access: 26.02.2021.
38. Legal sources on renewable energy: Estonia [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/estonia/>. – Date of access: 28.02.2021.
39. Legal sources on renewable energy: Croatia [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/croatia/>. – Date of access: 28.02.2021.
40. Legal sources on renewable energy: Lithuania [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/lithuania/>. – Date of access: 28.02.2021.

41. Legal sources on renewable energy: Bulgaria [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/bulgaria/>. – Date of access: 28.02.2021.

42. Статистический ежегодник Республики Беларусь 2016 г. / Энергетический баланс Республики Беларусь / национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И.В. Медведева и др. – Минск: НСК РБ, 2018. – 152 с.

43. Проект международной технической помощи «Устранение барьеров для развития ветроэнергетики в Республике Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.windpower.by/info/objekty-vetroenergetiki-belarusi/> – Дата доступа: 28.02.2021.

44. Государственная программа ”Энергосбережение“ на 2016 – 2020 годы Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 декабря 2016 г. № 1128 // Собр. постановлений Правительства Республики Беларусь. – 2016. – № 1.

45. Государственное производственное объединение электроэнергетики «Белэнерго» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energo.by/content/investoram/vozobnovlyaemaya-energetika/>. – Дата доступа: 28.02.2021.

46. Базылев, Н. И. Планетарный энергетический потенциал: понятие, структура, возможности республики Беларусь в его использовании / Н. И. Базылев // Вызовы XXI века и стратегия устойчивого развития : сб. ст. / Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск, 2014. – С. 15-21.

47. Гидроэнергия в Беларуси [Электронный ресурс]: Электронное издание СВО ВЕКЦА. - Электронные данные. - Режим доступа: http://www.eessa-water.net/file/kalinin_alferovich.pdf. – Дата доступа: 28.02.2021.

48. Кадастр возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://195.50.7.239/Cadastre/Map>. – Дата доступа: 03.03.2021.

49. Global Solar Atlas [Electronic resource]. – Mode of access: <https://globalsolaratlas.info/map?c=49.453843,16.655273,5&s=40.747257,14.985352&m=site>. – Date of access: 03.03.2021.

50. Разработка энергетического баланса энергосистемы Беларуси с учетом развития возобновляемой энергетики, в том числе ветроэнергетики : научно-технический отчет / А. Ф. Молочко [и др.]. – Минск : ООО «Альфа-книга», 2019. – 238 с. – С.83-85.

51. Возобновляемая энергетика в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energo.by/content/investoram/vozobnovlyaemaya-energetika/>. – Дата доступа: 05.03.2021.

52. Тимакова, Т. А. Роль энергетических ресурсов в современной мировой

экономике / Т. А. Тимакова. // Экономика и право. – 2014. – №11.

53. Отчет министерства энергетики Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://belaes.by/dadvfiles/000042_523008_ovos.pdf. – Дата доступа: 08.03.2021.

54. Жук, Я. Ю. Атомная энергетика в Республике Беларусь / Я. Ю. Жук, А. Ю. Ляхович; науч. рук. Е. В. Перминов // Современный механизм функционирования торгового бизнеса и туристической индустрии: реальность и перспективы : материалы II Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, г. Минск, 1-2 марта 2018 г.; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. экон. ун-т. - Минск : БГЭУ, 2018. – С. 302-303.

55. Марченко, О. В. Системные исследования эффективности возобновляемых источников энергии. /Марченко О.В., Соломин С.В. // Теплоэнергетика – 2010 - № 11 – С. 12-17.

56. Олейник, А. 2005 – Институциональная экономика: Учебник / под общ. Ред. А. Олейника. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 704 с.

57. Report from the German Ministry of Economic Affairs and Energy [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.iwr.de/re/iwr/klimagesamtstudie.pdf>. – Date of access: 08.03.2021. – С. 238-242.

58. Шклярчук, М. С. – Возобновляемая энергетика: экономические инструменты поддержки и оценка их нормативно-правового закрепления. Санкт-Петербург, 2015. – 704 с. – С. 22-26.

59. Овчинников, В. М., Шенец, Л. В., Макеев, В. В. Основные виды и характеристика энергетических ресурсов Учебно-методическое пособие по дисциплинам «Энергетическая стратегия государства», и «Местные виды топлива и их использование на практике». — Гомель: БелГУТ, 2015. — 154 с.

60. Renewable energy world [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.renewableenergyworld.com/baseload/poland-moving-to-feed-in-tariffs/>. – Date of access: 08.03.2021.

61. The platform for Renewable Energies of sun and wind energy [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.sunwindenergy.com/photovoltaics/finally-feed-tariffs-poland>. – Date of access: 10.03.2021.

62. Кучинский, О. А., Позняк, С. С., Шенк, Ю. Модели стимулирования развития возобновляемых источников энергии / О.А. Кучинский, С.С. Позняк, Ю. Шенк // Энергоэффективность – 2012. – С. 14-15.

63. Зеленая энергетика в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belrynok.by/2019/04/11/zelenuyu-energetiku-v-belarusi-zhdut-potryaseniya/>. – Дата доступа: 10.03.2021.

64. Report to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions [Electronic resource]. – Mode of

access:https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/progress_on_energy_subsidies_in_particular_for_fossil_fuels.pdf. – Date of access: 10.03.2021.

65. Renewable Energy Prospects for the European Union [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap_EU_2018.pdf. – Date of access: 10.03.2021.

66. Родионова, И. А., Бунакова, Т. М. Экономическая география: Учебно-справочное пособие. – 7-е изд. – М.: Московский Лицей, 2004. – 496 с.

67. Социально-экономическая география зарубежного мира / под ред. В. В. Вольского. – 3-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2005. – 557 с.

68. Силюк, Т. С. Мировая экономика и международные экономические отношения : учебно-методический комплекс / Л.П. Булыгина [и др.] ; под общ. ред. Т.С. Силюк ; Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2012. – 171 с.

69. Зеркалов, Д. В. Глобальные проблемы : хрестоматия / Д. В. Зеркалов. : Основа, 2009. – 179 с. – (Энергетическая безопасность : в 5 кн. ; кн. 2).

70. Зеркалов, Д. В. Мировая энергетика : хрестоматия / Д. В. Зеркалов. : Основа, 2009. – 174 с. – (Энергетическая безопасность : в 5 кн. ; кн. 1).

Показатели для расчета индекса устойчивого энергетического развития

Таблица А.1 – Экономические и социальные показатели стран

| | ВВП, млн | Потребление энергии на д/н, кг н.э. | Доля энергетики в ВВП | Индекс легкости ведения бизнеса | Уровень занятости (% от населения активного) | Уровень образования | Коэффициент Джини |
|----------------|-------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--|---------------------|-------------------|
| Беларусь | 63080,46 | 476,0 | n/a | 49 | 95,3 | 0,807 | 25,3 |
| Германия | 3963 767,53 | 674 | 0,073 | 20 | 96,6 | 0,915 | 31,9 |
| Великобритания | 2860 667,73 | 576 | 0,061 | 7 | 96 | 0,88 | 34,8 |
| Франция | 2787 863,96 | 598 | 0,086 | 31 | 91 | 0,768 | 31,6 |
| Италия | 2091 544,96 | 531 | 0,065 | 46 | 89,4 | 0,708 | 35,9 |
| Испания | 1422 153,84 | 321 | 0,071 | 28 | 84,7 | 0,671 | 34,7 |
| Нидерланды | 914 043,44 | 560 | 0,079 | 32 | 96,2 | 0,858 | 28,5 |
| Швейцария | 705 140,62 | n/a | n/a | 33 | 95,3 | 0,876 | 32,7 |
| Польша | 587 411,75 | 512 | 0,092 | 27 | 96,1 | 0,825 | 29,7 |
| Швеция | 555 455,37 | 736 | 0,096 | 10 | 93,6 | 0,87 | 28,8 |
| Бельгия | 543 734,37 | 710 | 0,098 | 52 | 94 | 0,815 | 27,4 |
| Австрия | 455 094,86 | 740 | n/a | 22 | 95,1 | 0,83 | 29,7 |
| Норвегия | 434 166,62 | 863 | 0,086 | 8 | 96,2 | 0,859 | 27 |
| Ирландия | 382 674,36 | 621 | n/a | 17 | 94,2 | 0,891 | 32,8 |
| Дания | 356 879,50 | 767 | n/a | 3 | 94,9 | 0,88 | 28,7 |
| Финляндия | 275 946,55 | 1032 | n/a | 13 | 92,6 | 0,887 | 27,4 |
| Чехия | 248 908,73 | 663 | 0,111 | 30 | 97,8 | 0,879 | 24,9 |
| Португалия | 242 313,12 | 280 | 0,067 | 29 | 92,9 | 0,635 | 33,8 |
| Румыния | 241 457,40 | 399 | 0,067 | 45 | 95,8 | 0,714 | 36 |
| Греция | 218 138,37 | 365 | n/a | 67 | 80,7 | 0,728 | 34,4 |
| Венгрия | 160 418,84 | 595 | n/a | 48 | 96,3 | 0,789 | 30,6 |
| Словакия | 105 701,93 | 378 | n/a | 39 | 93,5 | 0,819 | 25,2 |
| Люксембург | 70 919,96 | 822 | n/a | 63 | 94,4 | 0,718 | 34,9 |
| Болгария | 66 230,16 | 317 | n/a | 50 | 94,8 | 0,753 | 40,4 |
| Хорватия | 61 375,22 | 562 | n/a | 51 | 91,5 | 0,752 | 30,4 |
| Словения | 54 161,64 | 523 | n/a | 37 | 94,9 | 0,866 | 24,2 |
| Литва | 53 722,88 | 540 | n/a | 16 | 93,8 | 0,84 | 37,3 |
| Латвия | 34 416,01 | 639 | n/a | 19 | 92,6 | 0,834 | 35,6 |
| Эстония | 30 631,14 | 712 | n/a | 12 | 94,6 | 0,849 | 30,4 |
| Исландия | 25 737,59 | 1433 | n/a | 23 | 97,3 | 0,889 | 27 |
| Кипр | 25 309,82 | 388 | n/a | 53 | 91,6 | 0,714 | 31,4 |
| Мальта | 14 750,79 | 192 | n/a | 84 | 96,3 | 0,762 | 29,2 |
| Лихтенштейн | 6 876,98 | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a |

Примечание: собственная разработка автора

Таблица А.2 – Технологические показатели стран

| | Процент населения по доступу к энергии | Энергоемкость ВВП | Зависимость от импорта энергоресурсов, % | Доступность кредитных ресурсов | Энергоэффективность |
|----------------|--|-------------------|--|--------------------------------|---------------------|
| Беларусь | 100 | 0,03 | 84,8 | 99,5 | n/a |
| Германия | 100 | 0,01 | 63,4 | 100 | 292,15 |
| Великобритания | 100 | 0,01 | 35,5 | 99,25 | 177,22 |
| Франция | 100 | 0,01 | 46,8 | 100 | 238,94 |
| Италия | 100 | 0,02 | 76,3 | 100 | 147,24 |
| Испания | 100 | 0,01 | 73,4 | 100 | 124,59 |
| Нидерланды | 100 | 0,01 | 59,5 | 100 | 64,23 |
| Швейцария | 100 | n/a | n/a | 100,7 | n/a |
| Польша | 100 | 0,03 | 44,7 | 98,6 | 101 |
| Швеция | 100 | 0,01 | 29,05 | 100,4 | 47,25 |
| Бельгия | 100 | 0,01 | 82,3 | 100 | 46,93 |
| Австрия | 100 | 0,01 | 64,2 | 100 | 31,8 |
| Норвегия | 100 | 0,01 | 57 | 99,5 | 27,54 |
| Ирландия | 100 | 0,01 | 67,6 | 100 | 14,67 |
| Дания | 100 | 0,01 | 22,8 | 100,65 | 17,4 |
| Финляндия | 100 | 0,02 | 44,8 | 100 | 32,74 |
| Чехия | 100 | 0,03 | 36,7 | 99,5 | 40,39 |
| Португалия | 100 | 0,01 | 75,6 | 100 | 22,65 |
| Румыния | 100 | 0,03 | 24,2 | 97,9 | 32,57 |
| Греция | 100 | 0,02 | 70,6 | 100 | 22,59 |
| Венгрия | 100 | 0,04 | 58,1 | 99 | 24,48 |
| Словакия | 100 | 0,02 | 63,7 | 100 | 15,79 |
| Люксембург | 100 | 0,01 | 95,1 | 100 | 4,46 |
| Болгария | 100 | 0,03 | 36,3 | 100 | 18,37 |
| Хорватия | 100 | 0,04 | 52,6 | 97,5 | 8,18 |
| Словения | 100 | 0,02 | 51,2 | 100 | 6,65 |
| Литва | 100 | 0,03 | 73,8 | 100 | 6,37 |
| Латвия | 100 | 0,04 | 44,3 | 100 | 4,69 |
| Эстония | 100 | 0,03 | 11,01 | 100 | 6,06 |
| Исландия | 100 | 0,02 | 19,1 | 96 | 6,4 |
| Кипр | 100 | 0,02 | 92,4 | 100 | 2,55 |
| Мальта | 100 | 0,01 | 97,5 | 100 | 0,82 |
| Лихтенштейн | 100 | n/a | n/a | n/a | n/a |

Примечание: собственная разработка автора

Таблица А.3 – Экологические показатели стран

| | Выбросы CO ₂ | Выбросы CO ₂ на душу населения | Уровень озеленения страны, км ₂ | Инвестиции в защиту окружающей среды |
|----------------|-------------------------|---|--|--------------------------------------|
| Беларусь | 58 | 6,2 | 87386 | 0,2 |
| Германия | 70,4 | 10,7 | 114210,0 | 0,4 |
| Великобритания | 61,6 | 7,5 | 31610,0 | 0,3 |
| Франция | 83,1 | 6,9 | 171020,0 | 0,4 |
| Италия | 84,4 | 7,3 | 93508,0 | 0,3 |
| Испания | 119,7 | 7,5 | 184520,0 | 0,2 |
| Нидерланды | 88,6 | 11,6 | 3766,0 | 0,5 |
| Швейцария | 91 | 6,1 | 12578,0 | 0,3 |
| Польша | 87,4 | 11 | 94562,0 | 0,3 |
| Швеция | 75,3 | 5,4 | 280730,0 | 0,5 |
| Бельгия | 82,7 | 10,8 | 6838,4 | 0,5 |
| Австрия | 102,7 | 9,2 | 38708,0 | 0,2 |
| Норвегия | 103,2 | 10,1 | 121140,0 | 0,3 |
| Ирландия | 113,6 | 13,2 | 7597,0 | 0,2 |
| Дания | 70,7 | 8,9 | 6172,2 | n/a |
| Финляндия | 81,4 | 10,7 | 222180,0 | 0,3 |
| Чехия | 64,8 | 12,2 | 26690,0 | 0,7 |
| Португалия | 118,9 | 7 | 31706,0 | 0,3 |
| Румыния | 46,8 | 6 | 69302,0 | 0,3 |
| Греция | 90,8 | 9 | 40842,0 | 0,1 |
| Венгрия | 67,8 | 6,6 | 20736,0 | 0,4 |
| Словакия | 59,2 | 8 | 19402,0 | 0,4 |
| Люксембург | 94,2 | 20,3 | 867,0 | 0,3 |
| Болгария | 57,2 | 8,3 | 38402,0 | 0,4 |
| Хорватия | 75,2 | 6 | 19224,0 | 0,5 |
| Словения | 94,4 | 8,5 | 12482,0 | 0,6 |
| Литва | 42,6 | 7,4 | 21820,0 | 0,2 |
| Латвия | 46 | 6,3 | 33564,0 | 0,3 |
| Эстония | 50 | 15,3 | 22316,0 | 0,5 |
| Исландия | 155,8 | 7,5 | 505,0 | 0,2 |
| Кипр | 153,8 | 11,3 | 1726,7 | 0,3 |
| Мальта | 96,1 | 5,5 | 3,5 | 0,1 |
| Лихтенштейн | 79,6 | 4,8 | 69,0 | n/a |

Примечание: собственная разработка автора

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Нормированные показатели для расчета индекса SEDI

Таблица Б.1 – Экономические и социальные показатели для расчета индекса

| | ВВП, млн | Потребление энергии на д/н, кг н.э. | Доля энергетики в ВВП | Индекс легкости ведения бизнеса | Уровень занятости (% от населения активного) | Уровень образования | Коэффициент Джини |
|----------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--|---------------------|-------------------|
| Беларусь | 0,01 | 0,23 | n/a | 0,432099 | 0,85 | 0,61 | 0,93 |
| Германия | 1,00 | 0,39 | 0,76 | 0,790123 | 0,93 | 1,00 | 0,52 |
| Великобритания | 0,72 | 0,31 | 1 | 0,950617 | 0,89 | 0,88 | 0,35 |
| Франция | 0,70 | 0,33 | 0,5 | 0,654321 | 0,60 | 0,48 | 0,54 |
| Италия | 0,53 | 0,27 | 0,92 | 0,469136 | 0,51 | 0,26 | 0,28 |
| Испания | 0,36 | 0,10 | 0,8 | 0,691358 | 0,23 | 0,13 | 0,35 |
| Нидерланды | 0,23 | 0,30 | 0,64 | 0,641975 | 0,91 | 0,80 | 0,73 |
| Швейцария | 0,18 | n/a | n/a | 0,62963 | 0,85 | 0,86 | 0,48 |
| Польша | 0,15 | 0,26 | 0,38 | 0,703704 | 0,90 | 0,68 | 0,66 |
| Швеция | 0,14 | 0,44 | 0,3 | 0,91358 | 0,75 | 0,84 | 0,72 |
| Бельгия | 0,14 | 0,42 | 0,26 | 0,395062 | 0,78 | 0,64 | 0,80 |
| Австрия | 0,11 | 0,44 | n/a | 0,765432 | 0,84 | 0,70 | 0,66 |
| Норвегия | 0,11 | 0,54 | 0,5 | 0,938272 | 0,91 | 0,80 | 0,83 |
| Ирландия | 0,09 | 0,35 | n/a | 0,82716 | 0,79 | 0,91 | 0,47 |
| Дания | 0,09 | 0,46 | n/a | 1 | 0,83 | 0,88 | 0,72 |
| Финляндия | 0,07 | 0,68 | n/a | 0,876543 | 0,70 | 0,90 | 0,80 |
| Чехия | 0,06 | 0,38 | 0 | 0,666667 | 1,00 | 0,87 | 0,96 |
| Португалия | 0,06 | 0,07 | 0,88 | 0,679012 | 0,71 | 0,00 | 0,41 |
| Румыния | 0,06 | 0,17 | 0,88 | 0,481481 | 0,88 | 0,28 | 0,27 |
| Греция | 0,05 | 0,14 | n/a | 0,209877 | 0,00 | 0,33 | 0,37 |
| Венгрия | 0,04 | 0,32 | n/a | 0,444444 | 0,91 | 0,55 | 0,60 |
| Словакия | 0,02 | 0,15 | n/a | 0,555556 | 0,75 | 0,66 | 0,94 |
| Люксембург | 0,02 | 0,51 | n/a | 0,259259 | 0,80 | 0,30 | 0,34 |
| Болгария | 0,01 | 0,10 | n/a | 0,419753 | 0,82 | 0,42 | 0,00 |
| Хорватия | 0,01 | 0,30 | n/a | 0,407407 | 0,63 | 0,42 | 0,62 |
| Словения | 0,01 | 0,27 | n/a | 0,580247 | 0,83 | 0,83 | 1,00 |
| Литва | 0,01 | 0,28 | n/a | 0,839506 | 0,77 | 0,73 | 0,19 |
| Латвия | 0,01 | 0,36 | n/a | 0,802469 | 0,70 | 0,71 | 0,30 |
| Эстония | 0,01 | 0,42 | n/a | 0,888889 | 0,81 | 0,76 | 0,62 |
| Исландия | 0,00 | 1,00 | n/a | 0,753086 | 0,97 | 0,91 | 0,83 |
| Кипр | 0,00 | 0,16 | n/a | 0,382716 | 0,64 | 0,28 | 0,56 |
| Мальта | 0,00 | - | n/a | 0 | 0,91 | 0,45 | 0,69 |
| Лихтенштейн | - | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a | n/a |

Примечание: собственная разработка автора

Таблица Б.2 – Технологические показатели для расчета индекса

| | Процент населения по доступу к энергии | Энергоемкость ВВП | Зависимость от импорта энергоресурсов, % | Доступность кредитных ресурсов | Энергоэффективность |
|----------------|--|-------------------|--|--------------------------------|---------------------|
| Беларусь | 1 | 0,28 | 0,15 | 0,74 | n/a |
| Германия | 1 | 1,00 | 0,39 | 0,85 | 1,00 |
| Великобритания | 1 | 1,03 | 0,72 | 0,69 | 0,61 |
| Франция | 1 | 0,99 | 0,59 | 0,85 | 0,82 |
| Италия | 1 | 0,94 | 0,25 | 0,85 | 0,50 |
| Испания | 1 | 1,16 | 0,28 | 0,85 | 0,42 |
| Нидерланды | 1 | 1,16 | 0,44 | 0,85 | 0,22 |
| Швейцария | 1 | n/a | n/a | 1,00 | n/a |
| Польша | 1 | 0,14 | 0,61 | 0,55 | 0,34 |
| Швеция | 1 | 1,03 | 0,79 | 0,94 | 0,16 |
| Бельгия | 1 | 0,96 | 0,18 | 0,85 | 0,16 |
| Австрия | 1 | 0,99 | 0,39 | 0,85 | 0,11 |
| Норвегия | 1 | 1,16 | 0,47 | 0,74 | 0,09 |
| Ирландия | 1 | 1,28 | 0,35 | 0,85 | 0,05 |
| Дания | 1 | 1,07 | 0,86 | 0,99 | 0,06 |
| Финляндия | 1 | 0,71 | 0,61 | 0,85 | 0,11 |
| Чехия | 1 | 0,36 | 0,70 | 0,74 | 0,14 |
| Португалия | 1 | 1,10 | 0,25 | 0,85 | 0,07 |
| Румыния | 1 | 0,18 | 0,85 | 0,40 | 0,11 |
| Греция | 1 | 0,83 | 0,31 | 0,85 | 0,07 |
| Венгрия | 1 | 0,00 | 0,46 | 0,64 | 0,08 |
| Словакия | 1 | 0,76 | 0,39 | 0,85 | 0,05 |
| Люксембург | 1 | 1,32 | 0,03 | 0,85 | 0,01 |
| Болгария | 1 | 0,12 | 0,71 | 0,85 | 0,06 |
| Хорватия | 1 | -0,05 | 0,52 | 0,32 | 0,03 |
| Словения | 1 | 0,73 | 0,54 | 0,85 | 0,02 |
| Литва | 1 | 0,37 | 0,27 | 0,85 | 0,02 |
| Латвия | 1 | 0,02 | 0,62 | 0,85 | 0,01 |
| Эстония | 1 | 0,25 | 1,00 | 0,85 | 0,02 |
| Исландия | 1 | 0,75 | 0,91 | 0,00 | 0,02 |
| Кипр | 1 | 0,81 | 0,06 | 0,85 | 0,01 |
| Мальта | 1 | 1,35 | 0,00 | 0,85 | 0,00 |
| Лихтенштейн | 1 | n/a | n/a | n/a | n/a |

Примечание: собственная разработка автора

Таблица Б.3 – Экологические показатели для расчета индекса

| | Выбросы CO ₂ | Выбросы CO ₂ на душу населения | Уровень озеленения страны, км ₂ | Инвестиции в защиту окружающей среды |
|----------------|-------------------------|---|--|--------------------------------------|
| Беларусь | 0,86 | 0,95 | 0,31 | 0,166667 |
| Германия | 0,75 | 0,64 | 0,41 | 0,5 |
| Великобритания | 0,83 | 0,86 | 0,11 | 0,33 |
| Франция | 0,64 | 0,90 | 0,61 | 0,5 |
| Италия | 0,63 | 0,87 | 0,33 | 0,33 |
| Испания | 0,32 | 0,86 | 0,66 | 0,17 |
| Нидерланды | 0,59 | 0,58 | 0,01 | 0,67 |
| Швейцария | 0,57 | 0,95 | 0,04 | 0,33 |
| Польша | 0,60 | 0,62 | 0,34 | 0,33 |
| Швеция | 0,71 | 1,00 | 1,00 | 0,67 |
| Бельгия | 0,65 | 0,64 | 0,02 | 0,67 |
| Австрия | 0,47 | 0,74 | 0,14 | 0,17 |
| Норвегия | 0,46 | 0,68 | 0,43 | 0,33 |
| Ирландия | 0,37 | 0,48 | 0,03 | 0,17 |
| Дания | 0,75 | 0,77 | 0,02 | n/a |
| Финляндия | 0,66 | 0,64 | 0,79 | 0,33 |
| Чехия | 0,80 | 0,54 | 0,10 | 1,0 |
| Португалия | 0,33 | 0,89 | 0,11 | 0,33 |
| Румыния | 0,96 | 0,96 | 0,25 | 0,33 |
| Греция | 0,57 | 0,76 | 0,15 | 0 |
| Венгрия | 0,78 | 0,92 | 0,07 | 0,5 |
| Словакия | 0,85 | 0,83 | 0,07 | 0,5 |
| Люксембург | 0,54 | 0,00 | 0,003 | 0,33 |
| Болгария | 0,87 | 0,81 | 0,14 | 0,5 |
| Хорватия | 0,71 | 0,96 | 0,07 | 0,67 |
| Словения | 0,54 | 0,79 | 0,04 | 0,83 |
| Литва | 1,00 | 0,87 | 0,08 | 0,17 |
| Латвия | 0,97 | 0,94 | 0,12 | 0,33 |
| Эстония | 0,93 | 0,34 | 0,08 | 0,67 |
| Исландия | 0,00 | 0,86 | 0,002 | 0,17 |
| Кипр | 0,02 | 0,60 | 0,01 | 0,33 |
| Мальта | 0,53 | 0,99 | 0,0000 | 0 |
| Лихтенштейн | 0,67 | 1,04 | 0,0002 | n/a |

Примечание: собственная разработка автора