

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Заединов Андрей Валерьевич

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В
УСЛОВИЯХ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА**

Научная специальность: 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук,
профессор Пахомова Н.В.

Санкт-Петербург

2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. РОЛЬ И МЕСТО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА.....	20
1.1. Концепции устойчивого развития: от зарождения к современной трактовке.....	21
1.2. Четвертая промышленная революция, особенности и индикаторы эффективной реализации энергетического перехода.....	31
1.3. Институциональные рамки устойчивого развития и энергетического перехода: зарубежный и российский опыт	49
Выводы по главе 1.....	61
ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОССИЙСКОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	65
2.1. Роль российской теплоэнергетики в экономике страны и ключевые показатели ее развития	69
2.2. Энергосбережение и повышение энергоэффективности как основа устойчивого развития российской теплоэнергетики.....	82
2.3. Методы государственного обеспечения модернизации российской теплоэнергетики	92
Выводы по главе 2.....	102
ГЛАВА 3. ПУТИ ПЕРЕХОДА К УСТОЙЧИВОМУ НИЗКОУГЛЕРОДНОМУ РАЗВИТИЮ РОССИЙСКОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ.....	105
3.1. Выявление наиболее целесообразных для России методов и подходов к осуществлению энергетического перехода и их адаптация	106
3.2. Обоснование комплексного подхода к трансформации российской теплоэнергетики в условиях энергоперехода.....	118

3.3. Рекомендации по реализации энергоперехода в России для достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития	142
Выводы по главе 3.....	155
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	158
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Энергетика является одним из ключевых секторов, от которого в значительной мере зависит успешное развитие экономики и общества в целом. Обеспеченность достаточными энергетическими ресурсами и стабильным доступом к ним гарантирует государству энергетическую безопасность и суверенность. В свете противодействия глобальным угрозам развитие и преобразование энергетики приобретает новый значимый аспект ввиду того, что с этим сектором связано около трех четвертей общемировых выбросов парниковых газов (ПГ), которые относятся к числу основных причин глобального изменения климата [Global Historical Emissions]. Соответственно, решение задач по ослаблению глобальной климатической угрозы посредством сокращения выбросов ПГ в настоящее время напрямую связано с энергетическим переходом, под которым в общем плане понимается процесс изменения структуры энергетического баланса в пользу низкоуглеродных и возобновляемых источников энергии и соответствующего сокращения доли ископаемых видов топлива [Бойко, 2021; Кваша, Бондарь, 2021; Кулапин, 2021].

В России с учетом актуальности задач экономического роста и повышения благосостояния населения особое значение при реализации энергоперехода, нацеленного на минимизацию глобальных климатических угроз, имеет теплоэнергетика, включающая деятельность по обеспечению потребителей электрической и тепловой энергией. Так, в 2022 году на долю теплоэнергетики приходилось около 2,1% валового внутреннего продукта (ВВП) [Росстат], наряду с этим 70% населения и более 80% объектов жилого фонда в России были подключены к системам централизованного теплоснабжения [Цуверкалова, 2021]. Вместе с тем, около 45% потребления энергоресурсов и выбросов парниковых газов в нашей стране приходится на генерацию электрической и тепловой энергией и обеспечение потребностей населения, что существенно превышает углеродные выбросы от таких значительных секторов экономики как добывающая и

обрабатывающая промышленность [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2023].

Вопрос преобразования энергетики, включая теплоэнергетику, находится в поле активного внимания целого ряда российских специалистов и исследовательских центров. Задачи значительного повышения энергетической эффективности в России были поставлены еще в 2008 году Указом Президента РФ № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». Вместе с тем реализуемые в России меры в области энергоперехода, изменения структуры энергетического баланса и повышения энергоэффективности на национальном и отраслевом уровне целесообразно оптимизировать. Так, в 2022 году в структуре общей генерации электроэнергии на низкоуглеродные возобновляемые источники энергии приходилось 17,6%, из которых более 16,7% составляла гидроэнергетика [Росстат]. На проблему недостаточных темпов снижения энергоемкости ВВП России в 2015-2021 годах обращено внимание в Комплексной государственной программе РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» (Постановление Правительства РФ № 1473 от 09.09.2023 г.).

Что касается российской теплоэнергетики, то важной особенностью является принадлежность ряда ее сегментов, в частности, передачи и сбыта электроэнергии, а также теплоснабжения, к естественной монополии, с соответствующей структурной и регуляторной спецификой. Речь идет, в частности, о тарифном регулировании и о значительной группе потребителей, обязательных для обслуживания, в силу чего важный для любой компании вопрос об экономической эффективности реализуемых мер вынужденно отодвигается на второй план. Незавершенность реформирования российской теплоэнергетики обуславливает снижение показателей эффективности и инвестиционных возможностей, рост износа основных средств производства и убыточность ряда энергетических компаний [Доклад о состоянии конкуренции..., Пахомова, Заединов, 2022]. Эти обстоятельства, в свою очередь, препятствуют реализации энергетического

перехода и выходу компаний и отрасли в целом на траекторию экономически эффективного низкоуглеродного развития.

Стратегическое значение энергетической отрасли для государства, как и необходимость интенсификации усилий в области повышения энергоэффективности нашли отражение в Комплексной государственной программе РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» (Постановление Правительства РФ № 1483 от 09.09.2023 г.), в которой поставлена цель по снижению энергоемкости ВВП России на 35% к 2035 году, а также подчеркнута роль повышения энергетической эффективности в решении задач Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года (Распоряжение Правительства РФ № 3052-р от 29.10.2021 г.; далее – СНУР РФ 2050). В Стратегии научно-технологического развития РФ (Указ Президента РФ № 145 от 28.02.2024 г.) к числу ведущих направлений научно-технологического развития отнесен «переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников энергии, способов их передачи и хранения».

На международном уровне проблематика энергоперехода в качестве драйвера ослабления климатической напряженности была, в частности, в центре внимания на 28-й конференции ООН по климату (COP-28), прошедшей в конце 2023 года в ОАЭ. В резолюции данной конференции была поставлена задача утроения мощности возобновляемой энергетики и удвоения среднегодовых темпов повышения энергоэффективности к 2030 году на глобальном уровне, а также дальнейшего сокращения использования угля в электрогенерации [В Дубае завершилась климатическая конференция...; Outcome of the first global stocktake...].

Параллельно с реализацией указанной широкой совокупности мер происходит и шлифовка понятийного аппарата. В частности, среди специалистов получило распространение понятие «устойчивое низкоуглеродное развитие», в котором делается акцент на усилиях по исполнению климатических обязательств посредством декарбонизации экономики в качестве важного условия

сбалансированного экономического развития, обеспечивающего благополучие нынешних и будущих поколений. Далее в работе данная формулировка будет использована именно в этом значении применительно к глобальному, макро- и микроуровням при ее операционализации в части применяемых индикаторов.

Тема устойчивого развития в условиях энергоперехода является предметом активных дискуссий в России, отражающих различные позиции и приоритеты климатической политики, которые воплощены в ряде стратегических документов, включая находящийся в разработке Операционный план реализации Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов. В самой СНУР РФ 2050 сделана ставка не на радикальное преобразование энергетической отрасли и снижение осуществляемых этой отраслью выбросов ПГ, а на их поглощение природными экосистемами. Такое поглощение, в том числе за счет реализации лесо- и агроклиматических проектов, предполагается увеличить к 2050 году более чем в два раза – до 1200 млн т CO₂-экв при сокращении осуществляемой эмиссии на базе наилучших доступных технологий (НДТ) и мер по энергосбережению и повышению энергоэффективности только на 289 млн т CO₂-экв, или на 13,6%. Подобная приоритизация мер по достижению Россией углеродной нейтральности является объектом критики со стороны целой группы специалистов (А.А. Романовская, А.В. Птичников, А.Ю. Иванов, Е.А. Шварц и др.). Ими подчеркивается с приведением развернутых обоснований, что достижение Россией углеродной нейтральности к 2060 году преимущественно путем реализации лесо- и агроклиматических проектов не представляется возможным ни по технологическим и организационным, ни по экономическим причинам.

Ввиду этих ограничений и с учетом высокой неопределенности реального потенциала поглощения ПГ природными экосистемами ведущие специалисты (А.А. Широ, Б.Н. Порфирьев, И.А. Башмаков и др.) предлагают рассматривать по меньшей мере в качестве не менее значимых и перспективных альтернативные пути декарбонизации, подчеркивая необходимость более сбалансированного подхода к достижению климатических целей. Этим определяется необходимость и значение выработки дополнительных аргументов в пользу реализации

диверсифицированных стратегий достижения углеродной нейтральности, при акценте на технологическое развитие и преобразование энергетической отрасли, а также на повышение энергоэффективности. Наряду с этим, к числу актуальных задач относится обоснование эффективных и результативных путей осуществления энергетического перехода в российской теплоэнергетике как составной части энергетической отрасли с учетом ее естественно-монопольной специфики и особенностей применяемых регуляторных механизмов.

Степень разработанности темы в литературе. Фундаментальные основы концепции устойчивого развития, базирующейся на понимании ограниченности природных возможностей планеты Земля по удовлетворению постоянно растущих потребностей человечества, заложены в трудах Марша Дж.П., Cannan E., Pigou A., Hotelling H., Malthus Th.R., Meadows D. и др., а эволюция этой концепции в соответствии с актуальными вызовами и ее современное содержание, в том числе в аспекте формирования «зеленой» экономики, представлено в работах Бобылева С.Н., Кадомцевой М.Е., Пахомовой Н.В., Рихтера К.К., Порфирьева Б.Н., Селищевой Т.А., Тамбовцева В.Л., Shi L., Ni'Mah N.M. и др.

С учетом того, что энергетический переход осуществим только при интенсификации инновационной активности в энергетической и смежных отраслях экономики важное значение имеют работы Шумпетера Й. и современных исследователей, включая Бауэра Дж., Ермолаева К.А., Наумову И.Е. и Кристенсена К., а также исследования International Renewable Energy Agency.

Разработке современного представления об энергопереходе как комплексного процесса радикального изменения структуры энергобаланса и преобразования на низкоуглеродных принципах энергетического и смежных с ним секторов посвящены работы Балацкого Е.В., Башмакова И.А., Гильмундинова В.М., Голуба А.А., Глазьева С.Ю., Некрасова В.Л., Порфирьева Б.Н., Рифкина Дж., Шваба К., Шинкевича А.И., Bazilian M.D., Boshell F., Gielen D., Prisecaru P., Xu M., и др. Переосмыслению подходов к реформированию и регулированию энергетического сектора, с учетом современных вызовов, на базе так называемого прагматичного подхода посвящены работы Ветровой М.А., Мельника А.Н.,

Наумовой И.Е., Хитрых Д.П., Чернавского С.Я., Iginì M. Ряд исследователей уделяют специальное внимание реформированию теплоэнергетики, к числу которых относятся Досалин Э.Х., Демина О.В., Заренков С.В., Некрасов С.А., Пеньковский А.В., Семикашев В.В. и Стенников В.А.

Особенности энергоперехода и политики декарбонизации в зарубежных странах при разграничении развитых государств и стран с формирующимися рынками, включая государства ЕАЭС, раскрываются в работах Варнавского В.Г., Голуба Ю.Г., Грицевича И.Г., Селищевой Т.А., Шенина С.Ю., Apostu S.A., Vasile V., Vogelpohl T. и др. К числу приоритетных тем с учетом сырьевой направленности экономик ряда стран относится вопрос воздействия стратегий низкоуглеродного развития, а также зеленого энергоперехода на темпы экономического развития и динамику ВВП (Башмаков И.А., Жигалов В.М., Порфирьев Б.Н.). Прикладным аспектам энергетического перехода, включая переход на возобновляемую энергетику и повышение энергетической эффективности посвящены работы Башмакова И.А., Кулапина А.И., Мастепанова А.М., Марковой В.М., Митровой Т.А., Чурашева В.Н., Широва А.А., Шинкевича А.И. и др.

Исследованию технологий улавливания, захоронения и полезного использования углерода, а также карбонового земледелия и реализации лесоклиматических проектов посвящены работы Гайда И.В., Иванова А.Ю., Клименко А.В., Клименко В.В., Колпакова А.Ю., Осипцова А.А., Птичникова А.В., Скобелева Д.О., Шварца Е.А., Nanda S., и др. Изучение и переосмысление бизнес-процессов и перспективных бизнес-моделей, применимых в условиях формирующейся секвестрационной индустрии и углеродного рынка, а также в низкоуглеродной энергетике будущего проводят Ветрова М.А., Климанов Д.Е., Скворцова М.А., Третьяк А.О., Череповицына А.Е. и др.

Ключевые тенденции и направления современной цифровой трансформации в целом и применительно к энергетическому сектору отражены в работах Бариновой В.А., Бондарь Е.Г., Девятовой А.А., Хитрых Д.П., Veau G., Booth A. и др.

Эффективная реализация энергоперехода, согласно современным представлениям, невозможна без вовлечения потребителей, что усиливает интерес к концепции современной поведенческой экономики и подталкивания, основы которой заложены в трудах Khaneman D., Tversky A. и Thaler R. В прикладном ключе, в том числе применительно к энергетической сфере, поведенческое подталкивание исследуется в работах Allcott H., Buckley P., Meriläinen T., Ruokamo E., Kažukauskas A., и др. Российские авторы (Ермолаева Ю.В., Роженцова Е.В. и др.) также проводят экспериментальные и эмпирические исследования, посвященные выявлению и изучению факторов, влияющих на формирование у людей проэкологических ценностей, норм и принципов поведения.

Вместе с тем, анализ современной научной литературы позволил выявить следующие недостаточно изученные важные аспекты. Так, при исследовании "зеленой" составляющей энергетического перехода большинство авторов фокусируют внимание на электроэнергетике, не придавая должного значения теплоснабжению, что критично для России из-за климатических условий, технологического отставания данного сектора и зависимости от горючего топлива. При росте работ на тему организационно-экономических механизмов устойчивого развития в центре внимания в большинстве из них находится проблематика углеродного регулирования при меньшем внимании к отраслевым регуляторным инструментам и методам, особенно в энергетике, играющей ключевую роль в декарбонизации экономики. Целесообразен более глубокий анализ устойчивого низкоуглеродного развития с учетом выделения одного из ключевых аспектов этого развития, связанного с ослаблением климатической напряженности и поэтапным достижением углеродной нейтральности, конкретизированного посредством системы индикаторов применительно к теплоэнергетической отрасли. Недостаточно изучены на актуальных данных и факторы, влияющие на объем выбросов парниковых газов и углеродоемкость национальной экономики, что является ключевым моментом при разработке эффективной климатической, социально-экономической и энергетической политики. Исследования по реформированию российской энергетики зачастую посвящены анализу

предыдущего опыта и требуют актуализации применительно к условиям энергоперехода и реализации стратегий декарбонизации. На начальной фазе находится выработка и применение методов поведенческой экономики, в том числе для формирования у населения проэкологических ценностей, норм и принципов поведения. Требуется более глубокой проработки вопрос эффективной и коммерчески целесообразной реализации, а также интеграции в существующие бизнес-процессы активно исследуемых в настоящее время технологий поглощения и полезного использования парниковых газов.

Сказанное предопределило цель и задачи исследования.

Цель исследования – разработка и обоснование комплексного варианта поэтапного перехода российской теплоэнергетики на траекторию устойчивого низкоуглеродного развития, обеспечивающего выполнение взятых на себя страной климатических обязательств, путем комбинации наиболее результативных для российских условий и зарекомендовавших себя на практике организационно-экономических механизмов, с учетом согласования интересов всех ключевых стейкхолдеров, включая бизнес.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи**:

1. Углубить анализ устойчивого развития с учетом выделения одного из ключевых аспектов этого развития, связанного с поэтапным достижением углеродной нейтральности, и конкретизировать его для энергетической отрасли через систему индикаторов результативного осуществления энергетического перехода;

2. Изучить современные подходы к углеродному регулированию с целью их адаптации к условиям России для обоснования предложений по модернизации рамочных условий, стимулирующих энергетические компании снижать углеродоемкость технологических процессов, продукции и услуг в качестве ведущего направления реализации ими энергетической и климатической стратегий;

3. На основе изучения текущего состояния российской теплоэнергетики, в том числе в качестве естественно-монопольного сектора экономики со свойственной ему системой регулирования, включая тарифное, выявить барьеры на пути к устойчивому низкоуглеродному развитию с целью выработки рекомендации по их устранению как необходимого условия достижения углеродной нейтральности;

4. С использованием методов сравнительного и эконометрического анализа выявить приоритетные факторы декарбонизации российской экономики, установить характер взаимосвязи между показателями эффективности энергетической отрасли и динамикой удельных выбросов парниковых газов с уточнением на этой базе приоритетов климатической и энергетической политики страны и соответствующих стратегий российского бизнеса;

5. Провести сравнительный анализ и систематизировать применяемые в международной практике базовые подходы, включая поведенческий, к повышению экономической эффективности и снижению углеродоемкости энергетической отрасли с целью их адаптации к российским условиям в ходе комплексного реформирования теплоэнергетики.

Объект исследования – теплоэнергетика Российской Федерации как составная часть энергетической отрасли, звеньями которой являются: взаимодействующие источники генерации электрической и тепловой энергии, тепловые сети и линии электропередачи, промышленные и коммунальные потребители.

Предмет исследования – приоритеты, инструменты, регуляторные механизмы и потенциальные социально-экономические и экологические эффекты осуществления энергетического перехода в теплоэнергетике, связанные с этим изменения в энергетической, климатической и социально-экономической политике государства, а также в стратегиях и моделях бизнеса.

Область исследования. Данная работа соответствует следующим направлениям научной специальности 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика: 2. Экономика промышленности, 2.11 Формирование механизмов устойчивого

развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий. 2.14 Проблемы повышения энергетической эффективности и использования альтернативных источников энергии.

Теоретико-методологическую основу исследования образуют концепции устойчивого развития и Четвертой промышленной революции, системный подход к пониманию феномена энергоперехода, теория благосостояния и общественных благ, новая институциональная экономика, поведенческая экономика, концепции ценностно-ориентированных бизнес-моделей, а также специализированные теории и методы обеспечения энергоэффективности, управления инновациями, углеродного регулирования и цифровой трансформации экономики и энергетики. Для решения отдельных задач в работе использованы методы логического, сравнительного, ретроспективного, статистического, в том числе корреляционно-регрессионного анализа, конкурентного отраслевого анализа, методы поведенческого подталкивания и прогнозирования.

Информационной базой исследования служат отчеты и аналитические доклады международных организаций и исследовательских ассоциаций, таких как: BP, International Energy Agency (IEA), International Renewable Energy Agency (IRENA), World Energy Council (WEC), World Economic Forum (WEF), а также Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля при Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ИГКЭ), Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ XXI), Центр энергетики Московской школы управления Сколково; аналитические доклады российских ведомств, включая: Министерство экономического развития, Министерство энергетики и Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства; онлайн-ресурсы и статистические базы данных, включая: Climate Watch, Our World in Data, СПАРК-Интерфакс, сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат) и Единую межведомственную информационно-статистическую систему (ЕМИСС).

Научная новизна диссертационного исследования состоит в следующем:

1. На основе актуальных моделей энергетического перехода и обобщения успешного опыта разработана система индикаторов, обеспечивающих мониторинг и оценку поступательного движения теплоэнергетики в направлении устойчивого низкоуглеродного развития;

2. Раскрыты барьеры на пути реализации энергоперехода в естественно-монопольных секторах российской теплоэнергетики, связанные с их структурными и регуляторными особенностями, которые затрудняют согласование интересов государства, бизнеса и потребителей и ослабляют действие стимулов, направленных как на повышение качества и доступности услуг энергетических компаний, так и на реализацию ими в качестве регулируемых организаций широкого круга климатических проектов;

3. Выполнена систематизация и сравнительная оценка альтернативных сценариев преобразования российской теплоэнергетики, с целью обоснования варианта, характеризующегося наилучшим сочетанием параметров энергетической безопасности, доступности, снижения углеродоемкости, а также экономической реализуемости;

4. На основе ценностно-ориентированного подхода предложена реорганизация процесса реализации климатических проектов, в рамках которой акцент сделан на ключевой роли их исполнителей, что способствует снижению числа бюрократических посредников, увеличению создаваемой в процессе ценности и ее распределению между коммерческими потребителями и населением;

5. Предложен и обоснован вариант применения методов поведенческого подталкивания к энергосбережению в качестве одного из направлений модернизации российской теплоэнергетики в ходе энергетического перехода, которое обладает существенным и еще не используемым в должной мере потенциалом по сокращению выбросов парниковых газов и повышению благосостояния потребителей.

Основные научные результаты

Наиболее значимые результаты диссертационного исследования, обладающие научной новизной, отражающие теоретический и практический вклад автора в развитие изучаемой проблематики следующие:

1. Актуализировано понятие энергетического перехода с разработкой многофакторной схемы его реализации, которая отражает с помощью системы индикаторов преобразования энергетической отрасли его роль в достижении национальных целей устойчивого развития [Пахомова, Заединов, 2022] (личный вклад составляет не менее 55%);

2. Доказана ключевая роль модернизации энергетической отрасли, включая повышение энергоэффективности и диверсификацию структуры источников энергии в пользу менее углеродоемких, в поэтапной декарбонизации российской экономики, что подтверждено на актуальных данных с помощью статистического и эконометрического анализа [Пахомова, Заединов, 2024] (личный вклад составляет не менее 58%);

3. Выполнена систематизация и разработаны рекомендации по реализации базовых направлений преобразования российской теплоэнергетики, ориентированных на устойчивое низкоуглеродное развитие, включая: энергосбережение и повышение энергоэффективности, диверсификацию энергобаланса в пользу низкоуглеродных источников, формирование и развитие секвестрационной индустрии, цифровую трансформацию энергетической отрасли, а также поведенческое подталкивание к энергосбережению. Реализация указанных направлений одновременно обеспечивает энергетическую безопасность и соблюдение национальных интересов, а также укрепляет конкурентоспособность российского бизнеса и экономики в целом [Заединов, Пахомова, 2024; Заединов, 2023а; Заединов, 2023б; Заединов, Пахомова, 2023а; Заединов, Пахомова, 2023б; Пахомова, Заединов, 2024; Gagulina, Zaedinov, 2021] (личный вклад автора составляет не менее 50% во всех публикациях в соавторстве);

4. Разработана ценностно-ориентированная схема реализации климатических проектов, в которой центральную роль играют исполнители,

обладающие большей автономией и освобожденные от непосредственного подчинения заказчикам, что открывает возможности для активного развития секвестрационной индустрии и повышения ее привлекательности для энергетических компаний как ключевых потребителей [Заединов, 2023b];

5. Разработан относящийся к числу информационных инструмент поведенческого подталкивания, ориентированный на формирование у потребителей теплоэнергетических услуг устойчивых стимулов к энергосбережению посредством изменения оформления и содержания платежных документов, для которого характерны невысокие издержки на внедрение и реализацию [Заединов, Пахомова, 2023а] (личный вклад составляет не менее 55%).

Теоретическая значимость диссертации состоит в развитии концепции устойчивого развития при ее приложении с помощью разработанной системы индикаторов и кросс-функциональной схемы к процессу осуществления энергетического перехода, ориентированного на повышение экономической эффективности, надежности, доступности и экологической устойчивости энергетической отрасли. Обоснована целесообразность использования механизмов углеродного регулирования в качестве институциональных рамок, стимулирующих участие энергетических компаний в климатических проектах. Аргументирована необходимость применения ценностно-ориентированного подхода при моделировании бизнес-процессов в ходе развития секвестрационной индустрии. Обоснована необходимость перераспределения стимулов и обязанностей государства, энергетических компаний и потребителей в естественно-монопольных секторах энергетической отрасли в целях согласования их интересов и обеспечения эффективного функционирования этих секторов.

Практическая значимость работы заключается в разработке комплексного прагматичного подхода к трансформации российской теплоэнергетики в рамках энергетического перехода. Этот подход сочетает наилучшие для российской теплоэнергетики технологические и организационно-экономические решения, включая: энергосбережение и повышение энергетической эффективности, диверсификацию структуры источников энергии в пользу менее углеродоемких,

цифровую трансформацию отрасли, стимулирование энергетических компаний к участию в климатических проектах, а также поведенческое подталкивание потребителей к энергосбережению. Практическое значение имеют разработанная автором система индикаторов для контроля эффективности преобразования отрасли, а также перечень рекомендаций, направленных на устранение существующих в российской энергетической политике барьеров, препятствующих выводу отрасли на траекторию устойчивого низкоуглеродного развития. Разработанный подход может быть адаптирован для достижения аналогичных целей устойчивого развития и декарбонизации на региональном уровне.

Результаты диссертационного исследования соответствуют приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации в части перехода к экологически чистой ресурсосберегающей энергетике (Указ Президента РФ № 145 от 28.02.2024 г.), а также задачам федерального проекта «Низкоуглеродное развитие», направленного на создание условий для мониторинга климатических изменений, снижение выбросов парниковых газов и адаптацию экономики страны к климатическим рискам [«Низкоуглеродное развитие»]. Авторские рекомендации по согласованию энергетической, климатической и социально-экономической политики могут представлять интерес для профильных государственных органов не только в России, но и в других странах, проводящих аналогичные реформы, включая государства ЕАЭС.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в научных периодических изданиях, включая: 1 статью в сборнике, включенном в базу данных Scopus; 1 статью в научном журнале, включенном в ядро-РИНЦ; 4 статьи в научных журналах перечня ВАК (включая 1 статью без соавторов); 2 статьи в сборниках материалов конференций, индексируемых в РИНЦ. Результаты исследования также были апробированы в ходе докладов на 8 научно-практических конференциях разного уровня. Часть представленных в работе результатов получена в ходе проведения исследований при исполнении научно-

исследовательского проекта за счет средств Санкт-Петербургского государственного университета «От карбонового полигона к углеродному регулированию: потенциал и пути развития секвестрационной углеродной индустрии на территории Ленинградской области и Санкт-Петербурга» (шифр проекта 123042000071-8).

Положения, выносимые на защиту

1) Теплоэнергетика является важным структурным звеном экономики, а также относится к числу основных источников выбросов парниковых газов, поэтому ее комплексная модернизация в ходе энергетического перехода, ориентированного на повышение надежности, экономической эффективности и экологической устойчивости отрасли, входит в число приоритетных задач для результативного достижения Россией стратегических целей устойчивого развития, декарбонизации экономики и обеспечения энергетической безопасности;

2) Устойчивому низкоуглеродному развитию российской теплоэнергетики при одновременном соблюдении требований энергетической безопасности может способствовать ее комплексное преобразование по следующим базовым направлениям: энергосбережение и повышение энергоэффективности, диверсификация энергобаланса в пользу менее углеродоемких источников энергии, формирование и развитие секвестрационной индустрии, цифровизация энергетической отрасли и поведенческое подталкивание к энергосбережению. Для мониторинга и оценки процесса преобразования теплоэнергетики согласно принципам низкоуглеродного развития целесообразно использовать систему индикаторов, включающую параметры экономической эффективности, энергетической безопасности, справедливого распределения энергетических ресурсов, а также экологической устойчивости;

3) Совершенствование организационно-экономических механизмов и подходов к реформированию российской теплоэнергетики с учетом ее естественно-монопольной специфики является необходимым условием успешной реализации энергетического перехода. При этом следует принимать во внимание уроки предшествующего опыта реформирования отрасли, а также современные угрозы и

вызовы. Основные усилия целесообразно направить на решение следующих приоритетных задач: преобразование процесса реализации климатических проектов с фокусом на их исполнителях и активным вовлечением энергетических компаний в такие проекты; перенаправление средств от энергосберегающих мероприятий в модернизацию энергетической инфраструктуры и привлечение инвесторов с помощью углеродного регулирования; введение стандартов представления информации об энергопотреблении, в том числе для поведенческого подталкивания населения к энергосбережению; продолжение формирования конкурентного рынка тепловой генерации с предоставлением потребителям возможности участия в принятии управленческих решений; ослабление государственного регулирования цен при мониторинге влияния тарифов на услуги теплоснабжающих организаций, оказываемого на уровень и динамику благосостояния населения; координация за счет системного подхода принципов преобразования теплоэнергетики с задачами климатической политики и приоритетами социально-экономического развития.

Достижению поставленной в диссертации цели и решению конкретизирующих ее задач служит следующая структура работы, включающая в себя введение, три главы, каждая из которых содержит по три параграфа и промежуточные выводы, заключение и список литературы из 243 наименований. Работа содержит 10 таблиц и 15 рисунков. Общий объем работы – 190 страниц.

ГЛАВА 1. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. РОЛЬ И МЕСТО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

За последние 30 лет дата наступления Всемирного дня экологического долга изменилась с 21 октября в 1993 году до 2 августа в 2023 году. Эта дата указывает на момент исчерпания человечеством того объема природных ресурсов, который может быть восстановлен естественной экосистемой планеты в течение года [Earth Overshoot Day]. Так, в текущий период человечество ежегодно эксплуатирует для удовлетворения своих потребностей более 1,7 планет Земля.

Угрозы исчерпания природных запасов, а также негативных последствий, в том числе климатических и природных катастроф, вызванные антропогенным воздействием на окружающую среду, заставили человечество пересмотреть свои взгляды на взаимоотношения с экосистемой нашей планеты. К настоящему моменту это воплотилось в ценностях, приоритетах и руководящих принципах, ориентированных на удовлетворение текущих и будущих поколений без разрушения окружающей среды, объединенных концепцией устойчивого развития. На практике приоритеты данной концепции становятся основой для актуализации международных соглашений, национальных стратегий, принципов регулирования хозяйственной деятельности, практических руководств и стандартов ведения бизнеса. Таким образом, цели и приоритеты в области устойчивого развития в значительной степени формируют основы существования и функционирования, а также направления развития обществ, государств и компаний.

Данная глава посвящена исследованию процесса формирования концепции устойчивого развития, роли энергетического перехода в решении ключевых задач этой концепции, изучению основных организационно-экономических механизмов, направленных на достижение национальных целей долгосрочного устойчивого развития и выполнение климатических обязательств, а также выработке системы индикаторов эффективной реализации энергетического перехода в теплоэнергетике.

1.1. Концепции устойчивого развития: от зарождения к современной трактовке

Становление концепции устойчивого развития

Тема бережного использования природных богатств существует в сознании людей на протяжении тысячелетий. Так, специалисты отмечают, что различные причины деградации окружающей среды, включая фермерство, лесозаготовку и добычу полезных ископаемых, обсуждались уже в Древнем Китае, Египте, Месопотамии и Риме [Du Pisani, 2006; Shi et al., 2019]. Соответственно, предпринимались и первые попытки рационального природопользования. Близкое к современному понятие устойчивости (sustainability) содержится в работе Г.К. фон Карловица по лесоразведению «*Sylvicultura oeconomica, oder Hauswirthschaftliche Nachricht und Naturmässige Anweisung zur wilden Baumzucht*», вышедшей в 1713 году [Hans Carl von Carlowitz and “Sustainability”]. В данном сочинении был заложен один из основных принципов современного лесного хозяйства: объемы вырубки древесины не должны превышать объемы запланированных проектов по лесовосстановлению.

Позднее, в начале XX века В.И. Вернадский в своих учениях о ноосфере и автотрофности человека заложил основы современных подходов к изучению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду и обозначил необходимость перехода к использованию небюсферных источников энергии в производственной деятельности (например, энергии солнца, ветра и гидроэнергии) в целях защиты и сохранения биосферы [Жульков, 2016; Вернадский, 1993; Вернадский, 2012]. Однако данные положения носили скорее философский, нежели экономический характер.

Изучая историю возникновения понятия устойчивости в рамках экономической мысли, некоторые авторы отталкиваются от фундаментального труда А. Смита, вышедшего в 1776 году – «Исследование о природе и причинах богатства народов». Кадомцева (2023) отмечает, что в этой работе заложены основы концепции стационарного состояния экономики, ключевыми драйверами

развития которой являются внутренние факторы: труд, земля и капитал. Однако факторы экологических ограничений экономического роста еще не были взяты в расчет.

Развивая идеи стационарной государственной экономики, Т. Мальтус в своем «Эссе по принципу народонаселения», вышедшем на рубеже XVIII и XIX веков, формулирует важный вопрос о пределах экономического роста [Malthus, 1959]. Автор высказывал предположение о том, что отставание темпов роста производства продуктов питания от роста численности населения в конечном итоге приведет к нищете и голоду. Американский ученый Дж. Марш во второй половине XIX века составил программу охраны окружающей среды на основе анализа разнообразных форм природного равновесия ввиду человеческого воздействия [Кадомцева, 2023; Марш, 1866]. В первой половине XX века появляется все больше работ, в которых природная среда становится объектом анализа с точки зрения формирования оптимальной политики рационального использования природных ресурсов с учетом антропогенного воздействия [Cannan, Pigou, 1921; Hotelling, 1931]. Однако, вплоть до 1970-х годов, природные ограничения экономической деятельности принимались во внимание преимущественно только классическими экономистами.

Представители неоклассической экономики хоть и признавали проблему ограниченности ресурсов, но видели возможность ее решения в техническом прогрессе [Кадомцева, 2023]. В первые послевоенные десятилетия стала популярной концепция «большого толчка», ориентированная на максимизацию эффективности экономической системы. Широко распространенным было мнение, согласно которому основным решением проблем социального и межстранового неравенства может быть интенсивный экономический рост. Таким образом, решение проблемы отсталости развивающихся стран виделось преимущественно как технико-экономическое.

С начала 1970-х годов все заметнее начали проявляться негативные социальные и экологические последствия стремления человечества к интенсивному экономическому росту. Тогда экспертное сообщество стало уделять

исследованию данной проблематики все больше внимания. Так, в знаменательном докладе Римского клуба «Пределы роста» (1972 год) были представлены неутешительные прогнозы развития человеческой цивилизации, составленные на основе машинного моделирования путей развития мира [Meadows et al., 1972]. Пессимистичный прогноз предполагал, что в XXI веке человечество столкнется с проблемой невозможности обеспечения неограниченно растущих потребностей на ограниченном объекте – планете Земля – что, в конечном итоге, приведет к катастрофе.

В тот же год данная тематика была впервые вынесена на обсуждение на международном уровне. Так, в 1972 году прошла Стокгольмская конференция ООН, ставшая первым международным форумом, на котором решение актуальных экологических проблем было впервые включено в программу действий на правительственном уровне [Конференция ООН...]. В результате был принят ряд документов, в том числе Декларация конференции ООН по проблемам окружающей человека среды и план действий по защите окружающей среды. Также была принята Программа ООН по окружающей среде, на которую была возложена миссия по обеспечению лидерства и поощрению партнерства в деле защиты природной экосистемы нашей планеты. Позднее в 1983 г. на Генеральной Ассамблее ООН была создана Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию. В 1987 году данная комиссия опубликовала отчет «Наше общее будущее», в котором понятие *«устойчивое развитие»* было определено как «развитие, которое отвечает потребностям настоящего без ущерба для способности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [Our Common Future]. В докладе также обсуждался ряд основных экономических, экологических и социальных проблем, с которыми сталкивалось человечество, а также было четко сформулировано три тезиса: (1) кризис окружающей среды, энергетики и развития является неделимым целым; (2) ресурсов и энергии на планете недостаточно для удовлетворения человеческих потребностей; (3) существующие модели развития должны быть изменены в интересах нынешнего и будущих поколений.

Рост значимости экологического и временного факторов, а также кризис модели интенсивного экономического роста привели к концу 1990-х годов к развитию альтернативных неоклассике экономических концепций. Все более широкое распространение стал получать институциональный подход к изучению проблем глобальных изменений окружающей среды [Saleth, Dinar, 2004]. Данный подход позволял рассматривать взаимосвязь долгосрочных структурных изменений с устойчивым развитием через систему институтов, регулирующих сохранение и развитие человеческого капитала, извлечение природной и инновационной ренты, а также воспроизводство окружающей среды и природных ресурсов [Тамбовцев, 2019]. Институциональное измерение, по мнению специалистов, играет ключевую роль в интеграции экономических, экологических и социальных направлений устойчивого развития и, в связи с этим, имеет критическую важность для достижения устойчивого развития в целом [Vogelpohl, Aggestam, 2012]. Процесс перехода к устойчивому развитию складывается из действий отдельных субъектов, а институционализация позволяет скоординировать эти действия, усилив их результативность, т.е. достичь синергетического эффекта [Тамбовцев, 2019]. В таком случае, тем более обоснованным является применение институциональной методологии, которая дает возможность системно, на междисциплинарном уровне изучить объект анализа, например, арктическую зону [Каюков, Разманова, Нестерова, 2023] или энергетическую отрасль, и сформировать исчерпывающую, соответствующую актуальным требованиям комплексную модель преобразования и управления данным объектом.

Проблема роста населения, его потребления и отходов, увеличивающих нагрузку на окружающую среду, все активнее развивалась в практической плоскости, и особенно на международном уровне. Так, в 1992 году на «Саммите земли» в Рио-де-Жанейро была принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН), содержащая общие принципы и действия стран по проблеме изменения климата. В 1997 году в Киото было принято еще одно соглашение – Киотский протокол, целью которого была стабилизация концентрации парниковых

газов в атмосфере на уровне, который предотвращал бы опасное антропогенное воздействие на климатическую систему планеты [The Kyoto Protocol]. В 2000 году на Саммите тысячелетия в Нью-Йорке были приняты 8 Целей развития тысячелетия, ставшие международно признанной основой национального развития и сотрудничества. Данные цели были направлены в первую очередь на решение социальных проблем, преимущественно характерных для развивающихся стран. Они включали ликвидацию крайней нищеты и голода, обеспечение всеобщего образования и равенства, улучшение здравоохранения, при этом лишь одна цель подразумевала обеспечение экологической устойчивости.

За точку отсчета Целей развития тысячелетия был принят 1990 год, а первым рубежом для подведения общих итогов стал 2015 год. В сентябре 2015 года на Саммите Устойчивого развития ООН были представлены результаты первого этапа реализации Целей развития тысячелетия и сформированы новые ориентиры – Цели устойчивого развития [Sustainable Development Goals]. Всего в список вошло 17 целей более конкретных и охватывающих больший спектр актуальных проблем целей и 169 задач, которые можно условно разделить на три группы: экономические (цели 8, 9, 10 и 12), социальные (1, 3, 4, 5, 11 и 16) и экологические (2, 6, 7, 13, 14 и 15), а также цель 17, направленная на обеспечение партнерства в интересах устойчивого развития [Shi et al., 2019].

Важно отметить, что достижение промежуточных Целей устойчивого развития ООН и положений Парижского соглашения к 2030 году все чаще ставится под сомнение, что стимулирует обновление подходов и самой концепции Целей устойчивого развития. Одним из них является китайская Инициатива глобального развития (Global Development Initiative), сосредоточенная на восьми ключевых целях вместо 17 [Global Development Initiative]. В рамках данной инициативы вместе с тем сохраняется направленность на повышение благосостояния нынешних и будущих поколений, а также на обеспечение сбалансированного развития в экономической, социальной и экологической сферах.

С точки зрения институционального подхода существует также тесная связь между устойчивым развитием и этикой [Кадомцева, 2023; Amantova-Salmane,

2017]. Идеи этической устойчивости развиваются не только на национальном уровне, но и на уровне фирмы, а также отдельных индивидов. Так, в последние десятилетия в бизнес-среде все более широкое распространение получают так называемые ESG-принципы, в основе которых заложена забота об окружающей среде, создание благоприятных социальных условий и надлежащее корпоративное управление. Наряду с этим, в научной среде и на практике получают поддержку идеи создания «устойчивых городов» и «эко-индустриальных парков» [Ni'mah, Wibisono, Roychansyah, 2021]. Несмотря на текущий геополитический и энергетический кризис продолжает расти популярность и влияние общественных организаций и эко-активистов, что выражается не только в усилении их протестных настроений, но и в увеличении в правительствах демократических стран роли «зеленых» партий, занимающих про-экологичную позицию [Численность «зеленых» растет...]. Иными словами, социальная и про-экологичная повестка в последние годы развилась до институциональной формы вынужденной адаптации бизнеса к растущим требованиям гражданского общества и регуляторов.

Отметим, что в академической среде пока не сформировалось единого детализированного и общепринятого определения устойчивого развития. В научной литературе можно встретить множество дефиниций и интерпретаций этого понятия [Elliott, 2012]. В общем смысле, цели и задачи устойчивого развития ориентированы на удовлетворение потребностей нынешнего и будущих поколений людей, которые систематизированы в трех измерениях: (1) экологическом, (2) социальном и (3) экономическом [Бобылев, 2017; Бобылев, 2019; Порфирьев, 2020; Селищева, 2018; Shi et al., 2019]. Вышесказанное показывает, что к настоящему времени концепция устойчивого развития служит основой для разработки руководящих принципов развития и регулирования хозяйственной деятельности как на наднациональном, так и на национальном уровне, а также в бизнес-среде.

Экологическое измерение устойчивого развития

Экологическому измерению концепции устойчивого развития, отражающему стремление общества сохранить благоприятные условия окружающей среды, в последние десятилетия уделялось особое внимание. Так, в

2015 году на смену и в продолжение Киотского протокола мировые лидеры заключили Парижское соглашение COP-21 в Париже 12 декабря 2015 года [The Paris Agreement]. К тому времени одним из важнейших глобальных рисков, угрожающих человечеству, было признано глобальное изменение климата. При этом, оценочными докладами Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата (МГЭИК) неоднократно подтверждалось, что глобальное потепление в значительной степени обуславливается антропогенными выбросами парниковых газов, которые сопровождают большую часть видов хозяйственной деятельности человека. В результате основной целью Парижского соглашения по климату стало существенное сокращение глобальных выбросов ПГ и ограничение повышения глобальной температуры в этом столетии до 2 градусов Цельсия при одновременном осуществлении странами-подписантами совместной работы по адаптации к последствиям изменения климата, а также укреплению своих обязательств с течением времени.

Ресурсно-климатическая проблематика сохраняет свою острую актуальность и поныне. Согласно ежегодному исследованию Всемирного экономического форума, в 2023 году в десятку наиболее серьезных рисков для человечества на ближайшие 2 года вошло 5 экологических позиций (см. табл. 1).

Таблица 1. Глобальные риски, ранжированные по степени серьезности в краткосрочной и долгосрочной перспективе [Составлено автором на основе The Global Risk Report]

2 года		10 лет	
1	Кризис стоимости жизни	1	Провал в ослаблении климатических рисков
2	Природные катастрофы и экстремальные погодные явления	2	Провал в адаптации к изменениям климата
3	Геоэкономическая конфронтация	3	Природные катастрофы и экстремальные погодные явления
4	Провал в ослаблении климатических рисков	4	Утрата биоразнообразия и разрушение экосистемы
5	Разрушение социальной сплоченности и поляризация общества	5	Крупномасштабная недобровольная миграция
6	Крупномасштабные инциденты, наносящие ущерб ОС	6	Кризис природных ресурсов

7	Провал в адаптации к изменениям климата	7	Разрушение социальной сплоченности и поляризация общества
8	Широко распространенная киберпреступность и кибербезопасность	8	Широко распространенная киберпреступность и кибербезопасность
9	Кризис природных ресурсов	9	Геоэкономическая конфронтация
10	Крупномасштабная недобровольная миграция	10	Крупномасштабные инциденты, наносящие ущерб ОС

На десятилетнем горизонте экологические риски оцениваются еще серьезнее – они занимают первые четыре, а также шестую и десятую позиции в списке наиболее острых глобальных рисков для человечества (см. табл. 1). Подобные результаты однозначно доказывают значимость климатических рисков и осознание этой значимости международным экспертным сообществом.

В последние полтора десятилетия в научном и официальном обороте закрепились такие сравнительно новые понятия как «зеленая» экономика и «низкоуглеродная» или «безуглеродная» экономика. Начало формирования концепции «зеленой» экономики положил Доклад по «зеленой» экономике Программы ООН по окружающей среде, опубликованный в 2009 г. [Глобальный «зеленый» новый курс...]. Данная концепция, построенная на принципах экологической безопасности, ресурсной эффективности и социальной справедливости, родилась в результате переосмысления острейших проблем того времени, включая: угрозу деградации окружающей среды и истощения запасов природных ресурсов, климатические изменения и увеличение частоты погодных аномалий, а также обострение социального неравенства [Пахомова, Рихтер, Малышков, 2013]. «Зеленая» экономика подразумевалась как новый ориентир развития, в том числе инновационного, на путях структурной перестройки в посткризисный период. При этом основу этой модели развития составила «зеленая» энергетика, охватывающая переход на возобновляемые источники энергии, торговлю квотами на эмиссию ПГ, энергоэффективность и энергосбережение [Новикова, 2020]. К ключевым компонентам модели «зеленой» экономики специалисты также относят «зеленое» финансирование и «зеленый» транспорт. Понятие «низкоуглеродной» экономики выкристаллизовалось из концепций устойчивого развития и «зеленой» экономики в результате фокусировки

внимания на задаче сокращения выбросов парниковых газов в целях минимизации глобальных климатических рисков [Грицевич, 2011]. Как было отмечено во введении, в настоящее время декарбонизация национальной экономики становится одним из приоритетных направлений стратегий долгосрочного развития большинства стран мира. Таким образом, концепции «зеленой» и «низкоуглеродной» экономики можно трактовать в качестве актуализированного практического подхода к достижению целей устойчивого развития с учетом растущей значимости глобальных природно-климатических и социальных вызовов.

Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос о том, кто является основными стейкхолдерами и действующими лицами в процессе достижения целей устойчивого развития. Малообеспеченные слои населения планеты прежде всего заинтересованы в решении острых социальных проблем, таких как борьба с нищетой, улучшение здравоохранения или обеспечение надежными и доступными источниками энергии. Население, относящееся к обеспеченным и состоятельным слоям, всерьез озабочено вопросами неравенства (в том числе энергетического) и заботой о биосфере, оказывая в этом направлении давление и на политиков. Политические группы, отвечая на соответствующие вызовы, используют свою власть для создания различных условий, направленных на достижение ЦУР. Для предпринимателей привлекательным является появление новых запросов со стороны потребителей и государства на новые продуктовые и технологические решения. Кроме того, публичные компании, также сильно зависимы от общественных настроений и новостной повестки, поэтому они заинтересованы в разработке и применении в своих производственных и организационных процессах решений, отвечающих актуальным требованиям повестки устойчивого развития.

Таким образом, в достижение ЦУР оказывается вовлечен широкий круг действующих лиц, обладающих своими собственными интересами, которых можно условно сгруппировать в триаду «государство – бизнес – общество» [Череповицын, Ильинова, Евсеева, 2019]. Причем эффективное решение поставленных в контексте

стремления к устойчивому развитию задач возможно только при их тесном, открытом взаимодействии и взаимовыгодном сотрудничестве.

Выше уже упоминалось, что одной из ключевых особенностей целей устойчивого развития является долгосрочный горизонт планирования. Данная особенность выражается как в виде учета при разработке ЦУР интересов будущих поколений, так и в установленных рубежах достижения отдельных целей. Например, достижение углеродной нейтральности как в глобальном масштабе, так и на уровне отдельных стран чаще всего относится к 2050-2060 годам. Долгосрочный характер процесса достижения данной цели обусловлен как темпами научно-технического прогресса, так и экономической целесообразностью имплементации низкоуглеродных технологий, которая в настоящее время не всегда соблюдается [Технологии улавливания...]. Кроме того, формирование сбалансированной институциональной среды, что, как уже было сказано, является важным аспектом концепции устойчивого развития, также возможно только на долгосрочном горизонте планирования [Норт, 2010]. Напомним, что достижение целей устойчивого развития во многом зависит от взаимодействия между фирмами и от их инновационной деятельности, также преследующей долгосрочные стратегические цели по поддержанию конкурентоспособности на рынке в меняющихся условиях. Согласно Кадомцевой (2023), к анализу истории формирования концепции устойчивого развития может быть применен подход временной периодизации, например, больших циклов Кондратьева или технологических укладов Глазьева. Автор приходит к заключению, что данная концепция получала наибольший импульс именно в периоды циклических экономических спадов.

В связи с вышесказанным, представляется целесообразным и обоснованным интеграция подходов многофакторного и институционального анализа, а также временной периодизации для исследования устойчивого развития энергетической отрасли в условиях энергоперехода, с учетом многомерности этого феномена. Изучению особенностей текущего энергетического перехода как одного из главных компонентов Четвертой промышленной революции, или ключевого условия при

смене технологических укладов, и его роли в достижении целей устойчивого развития посредством трансформации энергетической отрасли посвящен следующий параграф данной работы.

1.2. Четвертая промышленная революция, особенности и индикаторы эффективной реализации энергетического перехода

Энергетика является главным источником выбросов парниковых газов. На долю этой отрасли в 2021 году приходилось около 75,5% общемировой эмиссии ПГ, как показано на рисунке 1.

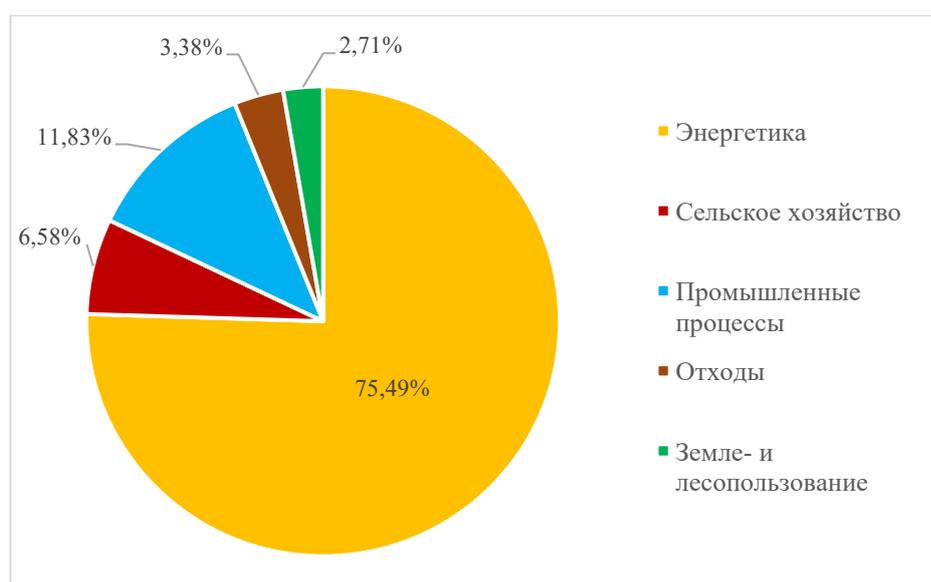


Рисунок 1. Структура общемировых выбросов парниковых газов за 2021 год [Составлено автором на основе данных Global Historical Emissions]

Стоит также отметить, что представленное на рисунке 1 соотношение основных источников выбросов парниковых газов остается практически неизменным, как минимум, в последние 30 лет. В связи с ключевой ролью энергетической отрасли в качестве ведущего эмитента ПГ текущий энергетический переход, с одной стороны, можно трактовать как ключевое направление реализации Парижского соглашения и достижения экологической части целей устойчивого развития [Пахомова, Рихтер, Малышков, 2020]. С другой стороны, назревшая трансформация энергетической, а также многих других отраслей хозяйственной деятельности, является результатом продолжительного и интенсивного научно-технического развития. В связи с этим можно предположить,

что к текущему энергетическому переходу сходятся два актуальных глобальных тренда: (1) противостояние глобальным климатическим рискам и (2) очередная, четвертая, промышленная революция. Данный параграф посвящен изучению места энергоперехода в современной концепции устойчивого развития, а также его роли в этих двух обозначенных эволюционных процессах.

Энергетическая составляющая промышленных революций

Одной из самых распространенных в научной литературе концепций, анализирующих развитие человеческой цивилизации с энергетической точки зрения, является концепция четырех промышленных (или индустриальных) революций [Шваб, 2016; Балацкий, 2019; Xu, David, Kim, 2018; Prisecaru, 2016]. Первой промышленной революцией считается начавшийся на рубеже XVIII-XIX веков в Великобритании, переход от ручного труда к машинному, от мануфактур к фабрикам. Такой переход стал возможен благодаря достижениям научно-технического прогресса, в первую очередь, появлению паровых машин, и стал основой дальнейшего стремительного роста производства и экономического благополучия.

В настоящее время человечество переживает очередной переломный момент в своей истории – Четвертую промышленную (индустриальную) революцию. Отметим, что в каждой из промышленных революций можно выделить основной источник энергии, способы ее преобразования и передачи, а также разнообразное прикладное применение энергии в производственных и других целях (см. табл. 2).

Таблица 2. Основные характеристики промышленных революций [Составлено автором на основе: Шваб, 2016; Xu, David, Kim, 2018; Prisecaru, 2016]

Период		Переходный период	Основной энергоресурс	Основные технические достижения	Основные развивающиеся отрасли	Транспорт
I	1760 - 1900	1860-1900	Уголь	Паровой двигатель	Текстильная и сталелитейная промышленность	Паровоз, Ж/Д сообщение, пароход
II	1900 - 1960	1940-1960	Нефть, Электроэнергия	Двигатель внутреннего сгорания,	Металлургия, машиностроение,	Развитие Ж/Д и поездов, автомобиль

				паровая и газовая турбины, конвейер	автомобилестроение	
II I	1960 - 2000	1980-2000	Атомная энергия, природный газ	Компьютер, роботы	Автомобилестроение, химия	Автомобиль, самолет
I V	2000 -н.в.	2000-2010	Атомная энергия, природный газ, НВИЭ*	Интернет, 3D печать, генная инженерия, беспилотные транспортные средства, искусственный интеллект	Высокотехнологичные отрасли промышленности	Электромобиль, сверхскоростной поезд

**НВИЭ – нетрадиционные возобновляемые источники энергии.*

Как можно заметить, для каждой промышленной революции характерна смена преобладающего энергоресурса (или нескольких) и распространение новых технологий, позволяющих использовать этот новый энергоресурс для наращивания производства, развития новых отраслей, а также более эффективного решения транспортных и логистических задач. Причем промышленные революции определяли развитие энергетики как непосредственно путем формирования новых технологий, так и косвенно – путем изменения объема и структуры спроса на энергию, а также изменения требований к качеству энергоносителей [Филиппов, 2018]. Отечественный ученый С.Ю. Глазьев в своем подходе к периодизации истории технико-экономического развития человеческой цивилизации также отмечает, что каждому технологическому укладу следует сопоставить характерный доминирующий энергетический ресурс или энергетическую технологию [Глазьев, Харитонов, 2009]. Например, угольная энергия и паровая машина характерны для второго технологического уклада, а электрическая энергия и электродвигатель – для третьего. Подобные заключения подтверждаются динамикой изменения баланса потребления человечеством первичных энергетических ресурсов за последние сто двадцать три года (см. рисунок 2).

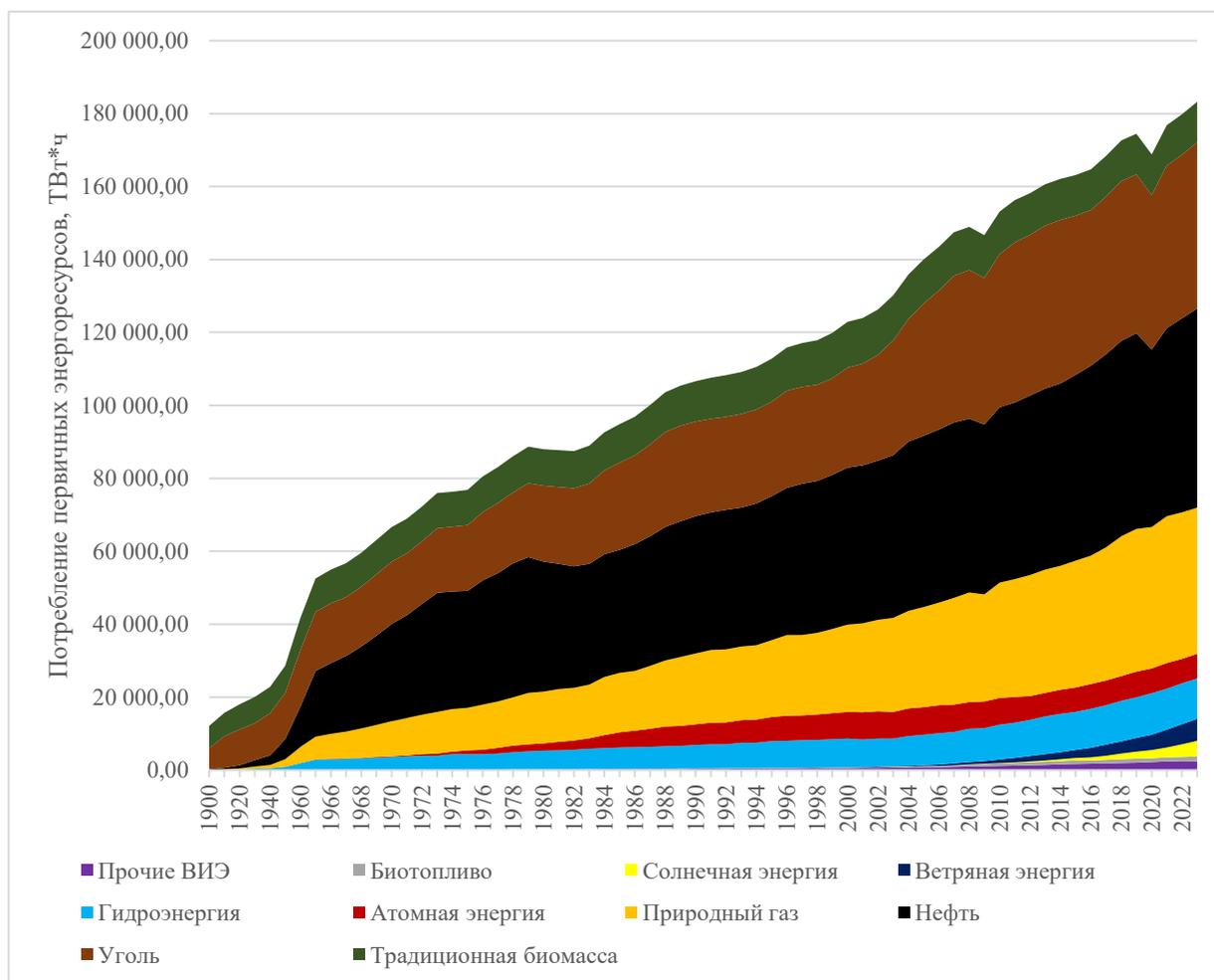


Рисунок 2. Общемировое потребление первичных энергоресурсов [Составлено автором на основе данных Global primary energy consumption...]

Как видно из рис. 2, в ходе второй промышленной революции уголь постепенно терял свою позицию основного энергоресурса. С начала XX века увеличивалось потребление нефти, а с середины столетия – природного газа. В последние годы три этих основных вида ископаемого топлива распределены примерно в равных долях. Однако это равновесие носит временный характер. Следуя глобальной экологической повестке, многие государства уже отказались от использования угля, а пик потребления нефти, согласно данным разных источников, в большинстве развитых стран уже пройден. В ближайшем будущем доминантным переходным источником энергии будет природный газ как наиболее «чистый» вид ископаемого топлива [Прогноз развития энергетики...; Деготькова, Ткачев, 2021]. Параллельно также будет увеличиваться доля возобновляемых

источников энергии, интенсивный рост потребления которых можно наблюдать на рисунке 2 начиная со второй половины 2010-х годов.

Четвертая промышленная революция представляет особый интерес, так как в отличие от предыдущих революционных изменений, когда устаревший источник энергии вытеснялся более эффективным, то есть экономически более выгодным, в данном случае важным фактором становится еще и общественная и научная инициатива, начинает проявлять себя новая форма сознания – ноосферное сознание [Вернадский, 1993; Вернадский, 2012; Рифкин, 2014]. Как было отмечено в предыдущем параграфе, общественные организации, ученые и политические деятели с конца XX века стали поднимать вопрос о негативном влиянии человеческой деятельности на окружающую среду. Одной из ведущих тем международных политических дискуссий в настоящее время является борьба с глобальным потеплением и сокращение выбросов вредных веществ, в том числе парниковых газов, в атмосферу.

Такой переломный эволюционный этап как промышленная революция сопровождается значительными и зачастую радикальными изменениями и нововведениями во всех сферах хозяйственной деятельности. Это применимо и к текущей Четвертой промышленной революции, и к концепции устойчивого развития, в рамках которой как в нормативно-правовой, так и в профессиональной бизнес-среде уже сформировалось обобщенное понятие инноваций устойчивого развития, объединяющее совокупность инноваций, способствующих эффективной митигации природно-климатических рисков [Предпринимательство и инновации...]. Что касается разновидностей инноваций, то (в терминах Руководства Осло [Oslo Manual 2018]) ключевую роль в Четвертой промышленной революции будут играть продуктовые и процессные инновации, составляющие производственно-технологическую основу всех преобразований. В подобных революционных явлениях производственно-технологические инновации, именуемые радикальными, имеют особый характер и призваны не только улучшать качество какого-либо продукта или процесса, но и способствовать радикальным изменениям, предлагать новые способы удовлетворения общественно значимых

потребностей и способствовать формированию новых рынков и секторов экономики [Пахомова и др., 2015].

При изучении процесса внедрения и дальнейшего распространения подобных инноваций обратим внимание на идеи Й. Шумпетера о стимулирующих инновационное развитие перспективах занятия предпринимателем-новатором временного монопольного положения [Шумпетер, 1982; Шумпетер, 1995], которые получили дальнейшее развитие и к настоящему времени воплотились, например, в понятие «подрывных технологий» (Disruptive Technologies) [Bower, Christensen, 1995]. Найдя своего покупателя, готового мириться с некоторыми недостатками принципиально нового продукта ради его новых свойств и преимуществ, подобные инновации совершают «подрыв» рынка, ускоряя его рост и перетягивая все больше потребителей от прежних лидеров.

В таких глобальных процессах как Четвертая промышленная революция и переход к концепции устойчивого развития неизбежно возникает вопрос о масштабировании инновационных процессов от уровня отдельных рынков до национального и международного уровня. Формируя и описывая перечень кардинально новых технологий, являющихся основой Четвертой промышленной революции, К. Шваб использует термин «*подрывные*» инновации, при этом выходя этим понятием далеко за рамки простой рыночной конкуренции [Шваб, 2016]. В таком контексте инновации уже не просто обеспечивают разработавшему и внедряющему их новатору возможность дополнительного заработка за счет временного удержания монопольного положения на рынке, а способствуют радикальному преобразованию всей отрасли, затрагивая порой и отраслевую структуры экономики в целом, как это имеет место с цифровыми инновациями.

К числу радикальных инноваций, способствующих достижению целей устойчивого развития, в том числе в части ослабления климатических рисков специалисты относят следующие: группу инновационных технологий, объединенных цифровой основой (искусственный интеллект, большие данные, облачные технологии и т.д.); технологии улавливания, захоронения и полезного использования углекислого газа (CCUS-технологии), а также энергетические

технологии, включая низко- и безуглеродные источники энергии [Предпринимательство и инновации...]. Однако, в актуальном контексте заслуживают внимания и так называемые инкрементальные инновации, или улучшающие, не предполагающие радикальных трансформаций. Например, в России надежным и обоснованным решением задачи сокращения выбросов парниковых газов может быть традиционное энергосбережение и повышение энергетической эффективности [Пахомова, Заединов, 2024]. Таким образом, можно заключить, что инновационное развитие и преобразование энергетической отрасли, играет значительную роль как в Четвертой промышленной революции, так и в достижении целей устойчивого развития, на что в немалой степени и ориентирована эта революция.

Вышесказанное дает основания далее перейти к исследованию центрального феномена настоящего исследования – энергетического перехода. Следующий раздел посвящен изучению сущности и основных характерных черт текущего энергоперехода как одного из главных компонентов Четвертой промышленной революции и как ключевого процесса в достижении целей устойчивого развития на локальном, национальном и глобальном уровнях.

Понятие, драйверы и направления текущего энергоперехода как одного из ключевых компонентов устойчивого развития

Исходя из общего содержания энергетический переход – это изменение первичной формы потребления энергии в обществе; например, исторический переход от древесины к углю, а затем к нефти и газу в индустриальных странах [Cleveland, Morris, 2015]. Данный процесс характеризуется следующими качественными признаками: увеличением доли высокоэффективных энергоресурсов и преобразованных энергоносителей в энергетическом балансе, расширением энергоемких производств, существенным изменением места и роли энергохозяйства в общественно-экономической системе, растущим влиянием энергетической сферы на производительность труда, культуру быта и повседневную жизнь [Некрасов, 2007]. Энергетический переход с учетом его широкого преобразующего воздействия – это комплексный процесс,

объединяющий все стороны общественно-экономической системы, в том числе: энергетическую основу и систему размещения производства, направление энергетических потоков, а также социальную структуру общества, структуру занятости населения и многое другое.

Анализируя место энергетического перехода в развитии цивилизации, можно отметить, что данный феномен определяется складывающейся объективной реальностью и представляет собой социально-технологическое явление. Глобальные тренды, кардинально меняющиеся в ходе промышленной революции, формируют спрос на радикальные преобразования в энергетической сфере и задают рамки, определяющие характер и направления реализации энергоперехода [Стенников, 2023; Филиппов, 2018]. Так, актуальные требования по сокращению выбросов парниковых газов представляют ограничения для энергоперехода, с учетом которых в настоящее время должно проходить развитие энергетики.

Анализ научной литературы, экспертных материалов, аналитических отчетов, программных и стратегических документов, а также публикаций в СМИ показывает, что среди научного и экспертного сообщества доминирует весьма узкое представление об энергопереходе в качестве, главным образом, процесса сокращения использования ископаемых видов топлива в пользу нетрадиционных и возобновляемых источников энергии [Кваша, Бондарь, 2021; Мастепанов, 2021; Apostu, Panait, Vasile, 2022] с использованием при этом нередко термина зеленого энергоперехода. Так, согласно библиометрическим исследованиям, число публикаций на тему зеленой энергетики выросло с 1998 года по 2020 год в геометрической прогрессии, причем этот рост обеспечен преимущественно за счет исследования вопросов декарбонизации, тогда как исследования других направлений, например, энергоэффективности, были на заднем плане [Tan et al., 2021]. Кулапин А.И. и Порфирьев Б.Н. определяют энергопереход как структурное преобразование энергетического баланса [Кулапин, 2021; Бойко, 2021]. Бахтизина Н.В., Бахтизин А.Р., а также Мастепанов А.М. в качестве главной задачи, то есть самой сути, текущего энергоперехода видят глубокую декарбонизацию мировой экономики [Мастепанов, 2021; Бахтизина, Бахтизин, 2021]. Важную роль перехода

от ископаемого топлива к решениям с низким содержанием углерода отмечают также и Gielen D. с соавторами [Gielen et al., 2019].

В действительности, в публикуемых на данную тему материалах, переход к зеленой энергетике не является единственным направлением энергоперехода. Однако, именно оно доминировало до недавнего времени в международной научной и экспертной дискуссии. Кроме того, зачастую при изучении различных направлений и драйверов энергетического перехода одни направления представлены подробно, а другие – поверхностно, или вовсе опущены. Например, в российском экспертном сообществе популярна концепция «Трех D», согласно которой энергопереход должен осуществляться по трем направлениям: декарбонизация, децентрализация и диджитализация [Building innovation networks...]. В данной концепции не представлены в явном виде такие направления как политическое или социально-экономическое, хотя они играют не последнюю роль в реализации энергетического перехода.

Тесная взаимосвязь энергоперехода с другими процессами, протекающими в различных сферах жизни общества, задает некоторые рамки для этого феномена. Можно предположить, что любой переломный момент в развитии общества целесообразен только тогда, когда в результате его осуществления наблюдается положительный эффект хотя бы в одном направлении и вместе с тем отсутствуют существенные негативные эффекты по другим направлениям. Так, Мастепанов А.М. обращает внимание на то, что, реализация энергетического перехода может привести к риску существенного роста энергетического и экономического неравенства между развитыми и развивающимися странами [Мастепанов, 2021]. Подобные риски необходимо учитывать при разработке и соответствующей корректировке планов по реализации энергоперехода.

Например, последствия пандемии COVID-19 и энергетический кризис, вызванный геополитическими событиями 2022 года, привели к пересмотру вопросов энергетической надежности и безопасности и к соответствующей корректировке принципов глобальной климатической политики и сущности текущего энергоперехода. Так, в 2023 году в ходе подготовки и проведения

Климатической конференции COP-28 было достигнуто компромиссное решение об обеспечении прагматичного, справедливого и хорошо управляемого энергетического перехода при фокусировании не на полном отказе от ископаемого топлива, но на поэтапном отказе от его использования с учетом сохраняющегося спроса, при одновременной реализации жизнеспособных, надежных и доступных топливных альтернатив с нулевыми выбросами ПГ [Ветрова, Пахомова, Рихтер, 2023; Igini, 2023].

Напомним, что концепция устойчивого развития подразумевает достижение поставленных целей и преодоление актуальных вызовов при балансе трех измерений: экономического, экологического и социального (см п. 1.1). Аналогичные подходы применяются также для систематизации целей и приоритетов развития и преобразования энергетической отрасли в ходе энергетического перехода. Среди наиболее распространенных можно отметить концептуальную модель *Энергетической трилеммы*, разработанную Всемирным энергетическим советом (World Energy Council) [World Energy Trilemma 2024]. Эта модель систематизирует руководящие принципы развития и управления энергетической отраслью в три измерения:

- *Энергетическая безопасность* отражает способность страны стабильно удовлетворять текущие и будущие потребности в энергии, противостоять системным потрясениям и быстро восстанавливаться после них с минимальными перебоями в поставках;
- *Справедливое распределение энергетических ресурсов* показывает способность страны обеспечить всеобщий доступ к надежной, недорогой и доступной энергии для бытового и коммерческого использования;
- *Экологическая устойчивость* представляет собой результат перехода энергетической системы страны к смягчению и предотвращению потенциального ущерба окружающей среде и последствий изменения климата.

Следует отметить, что данные измерения тесно коррелируют с Целями устойчивого развития ООН. В частности, развитие и трансформация

энергетической отрасли в соответствии с обозначенными в Энергетической трилемме приоритетами может способствовать достижению на национальном уровне следующих целей [Sustainable Development Goals]:

Цель 7. Обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии;

Цель 9. Создание прочной инфраструктуры, содействие обеспечению всеохватной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций;

Цель 13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

Таким образом, приоритеты и принципы, заложенные в концепции Энергетической трилеммы, не только согласуются с Целями устойчивого развития ООН, но и служат важными ориентирами для национальной энергетической политики. Они направляют усилия на обеспечение доступности и устойчивости энергоресурсов, развитие инфраструктуры и инноваций, а также на активную борьбу с изменением климата. Это подчеркивает неразрывную связь между энергетическим переходом и достижением целей устойчивого развития, что делает энергетику ключевым элементом глобальной и национальной стратегии устойчивого развития.

Модель Энергетической трилеммы также используется для ежегодной оценки энергетических систем большинства стран мира по стобалльной шкале, интегрирующей три обозначенных выше измерения с учетом страновой специфики. На основе этой оценки рассчитывается Индекс энергетической трилеммы – агрегированный показатель, отражающий уровень развития энергетической отрасли страны и результаты ее энергетической политики в контексте текущего энергоперехода. Этот индекс служит полезным инструментом для государственных деятелей, руководителей энергетических компаний и институциональных инвесторов, позволяя выявлять области для совершенствования, отслеживать динамику эффективности национальной энергосистемы и сравнивать ее с лидерами отрасли на глобальном уровне. В частности, Индекс энергетической трилеммы может быть использован для:

- Бенчмаркинга энергетической политики с лидирующими странами;
- Оценки эффективности энергетической политики в управлении сбалансированным энергетическим переходом;
- Приоритизации конкурирующих энергетических потребностей;
- Анализа последствий смещения акцента и принятия новых стратегий в энергетической политике;
- Аргументированной дискуссии по вопросам инновационной политики в энергетической отрасли.

Таким образом, индикаторы Энергетической трилеммы могут стать важной частью национальной стратегии развития и трансформации энергетической отрасли в процессе энергетического перехода, в том числе в России. Их использование позволит выявить и адаптировать лучшие практики на национальном и региональном уровнях, что может способствовать результативному достижению целей устойчивого развития страны.

По итогам 2023 года Россия заняла 39 место из 133 стран в рейтинге Энергетической трилеммы, расположившись между Саудовской Аравией и Катаром. Лидерами рейтинга преимущественно являются страны Скандинавии и Европы, с Данией на первом месте. Дания имеет сопоставимые с наиболее заселенными регионами России природно-климатические условия, а также схожую, в основном централизованную, энергетическую инфраструктуру. Поэтому она выступает подходящим бенчмарком для оценки эффективности и формирования приоритетных направлений преобразования российской теплоэнергетики. На рисунке 3 приведено сравнение России и Дании по индикаторам Энергетической трилеммы за 2023 год.

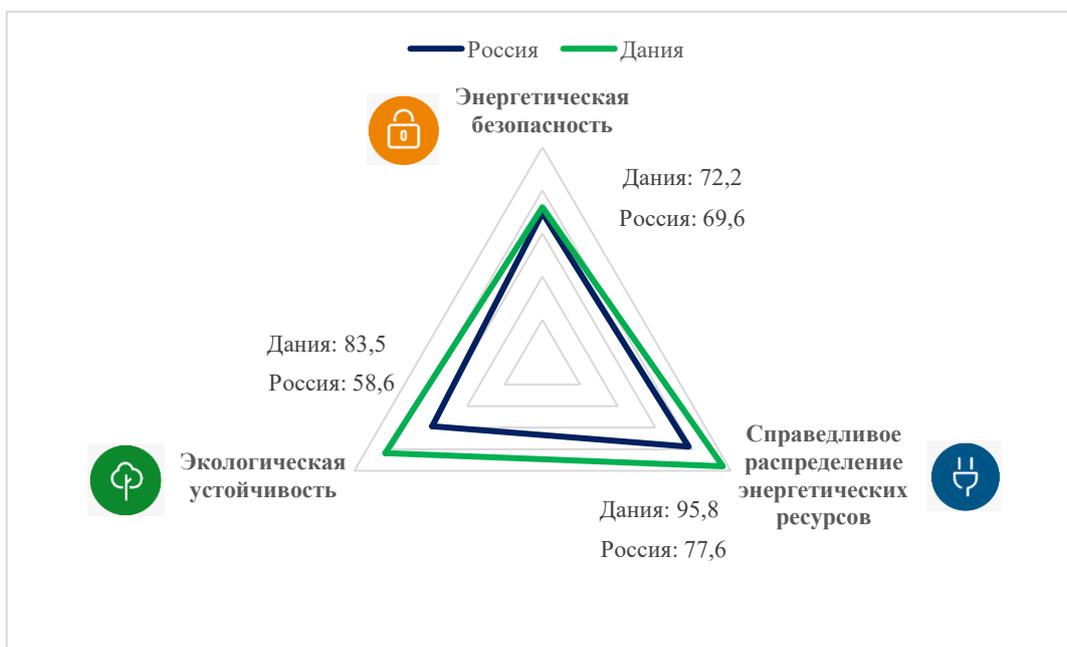


Рисунок 3. Сравнение России и Дании по модели Энергетической трилеммы за 2023 год [Составлено автором на основе World Energy Trilemma 2024]

Как видно на рисунке 3, энергосистемы России и Дании наиболее существенно различаются по показателю экологической устойчивости. Этот индикатор отражает такие аспекты, как энергоёмкость экономики, углеродоемкость электроэнергии и объем выбросов парниковых газов по отношению к ВВП страны. В то же время, по индикатору энергетической безопасности, который измеряет независимость от импорта энергоресурсов, диверсификацию источников генерации электроэнергии и эффективность хранения энергии, Россия демонстрирует сопоставимые результаты с Данией. Наилучший для России показатель — справедливое распределение энергоресурсов — также остается ниже, чем у Дании. В данный индикатор включены показатели обеспечения доступа к электроэнергии, а также цены на нее, бензин и дизельное топливо.

Таким образом, используя модель Энергетической трилеммы, можно определить важные направления развития российской энергосистемы. Прежде всего, целесообразно сосредоточиться на повышении экологической устойчивости, в частности, на снижении выбросов парниковых газов. Вторым приоритетом может стать усиление энергетической безопасности, особенно через дальнейшую

диверсификацию источников энергии и повышение эффективности ее хранения. Ориентация на подобные приоритеты в ходе преобразования российской теплоэнергетики может способствовать эффективному достижению национальных целей в области устойчивого развития и выполнению принятых климатических обязательств.

Актуализированная многофакторная схема энергетического перехода

Проведенный выше анализ и обобщение результатов предыдущих научных исследований на тему энергетического перехода позволяют обновить и расширить концепцию данного феномена путем его интеграции в качестве одного из ведущих направлений достижения целей устойчивого развития. На рисунке 4 изображена авторская многофакторная схема энергетического перехода, описывающая внешние факторы (драйверы) и ключевые направления его реализации. Схема ориентирована на повышение экономической и энергетической эффективности, укрепление энергетической безопасности, обеспечение доступности энергии, а также сокращение углеродоемкости национальной экономики в процессе трансформации энергетической отрасли.

Дадим краткие пояснения. **Драйверы**, они же движущие силы, определяют необходимость и возможность осуществления энергетического перехода, свидетельствуя о готовности человеческой цивилизации к переходу на новый этап развития. Кроме того, некоторые драйверы также могут выполнять и направляющую функцию, ограничивая некоторые направления реализации энергоперехода в целях минимизации рисков. Так, в контексте концепции устойчивого развития ключевыми причинами для радикального преобразования отраслей народного хозяйства являются *социально-гуманитарные вызовы* и *глобальные экологические, в первую очередь климатические, риски*. Решение о необходимости минимизации этих рисков было принято лидерами стран на *международном уровне*, воплотившись в цели устойчивого развития, которые в дальнейшем легли в основу государственных политик на *национальном уровне*. При этом *экономическая обоснованность* и *научно-технические возможности* определяют целесообразность реализации любых радикальных преобразований,

например, внедрения низко- или безуглеродных технологий в энергетической отрасли в целях сокращения выбросов парниковых газов.

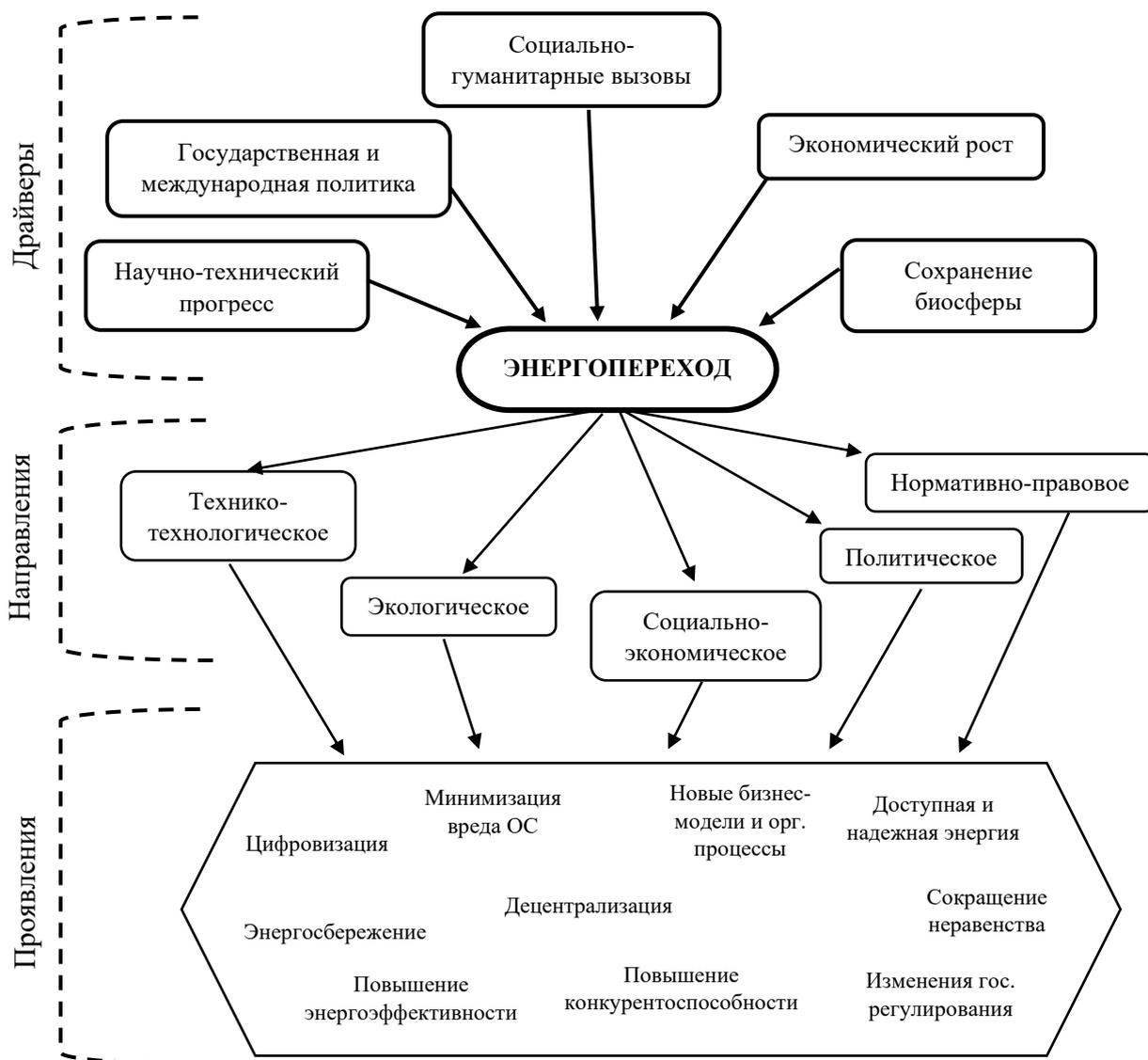


Рисунок 4. Многофакторная структурная схема энергетического перехода
[Составлено автором: Пахомова, Заединов, 2022]

Так как драйверы энергетического перехода отражают запрос человечества на конкретные радикальные изменения и определяют границы этих изменений, то из этих драйверов можно вывести и те **направления**, по которым текущий энергопереход должен быть реализован (см. рис. 4). *Технико-технологическое направление* играет определяющую роль в создании материально-технической базы, разработке и внедрении инновационных технологий, на основе которых будут развиваться и функционировать экономика и энергетика будущего.

Экологическое направление в первую очередь решает задачи минимизации климатических рисков и других негативных последствий антропогенного воздействия на биосферу. Значимость этого направления подчеркивается тем, что энергетика является главным источником антропогенных выбросов ПГ, которые в свою очередь вызывают глобальное изменение климата. *Социально-экономическое направление* ориентировано на сохранение и повышение благосостояния и уровня жизни людей, с тем условием, что в современной концепции развития общества это благосостояние определяется не только экономическими и социальными, но и экологическими факторами. В связи с чем, данное направление обеспечивает сохранение и повышение эффективности энергетической отрасли и обеспечение людей надежными, доступными и безопасными источниками энергии. Учет *политического направления* при реализации энергоперехода продиктован необходимостью ориентации этого процесса на соблюдение национальных интересов в области устойчивого социально-экономического развития при согласовании позиций основных его участников и отражения этого требования в промышленной и энергетической политике государства. *Нормативно-правовое направление* призвано обеспечить соответствующую гибкость и адаптивность нормативно-правовой базы как внутри государства, так и в части международных отношений, так как появление новых технологий и способов организации производства в рамках Четвертой промышленной революции и энергоперехода влекут за собой возникновение новых видов и способов правоотношений между различными агентами (продавцами, покупателями, бизнесом, государством, населением и т.д.).

На предложенной схеме (рис. 4) низший уровень представлен в виде некоторого множества отдельных конкретных **проявлений** энергетического перехода. Большая часть этих проявлений на практике является результатом реализации сразу нескольких направлений, что подчеркивает междисциплинарность и кросс-функциональность такого революционного феномена как энергопереход. Например, повышение энергоэффективности напрямую относится к благосостоянию населения (социально-экономическое

направление), к снижению выбросов парниковых газов за счет уменьшения расхода ископаемого топлива (экологическое направление), а также определяется последними технологическими достижениями (технико-технологическое направление).

На данной схеме намеренно не обозначены в виде проявлений энергоперехода ни нетрадиционные энергетические технологии, ни сокращение выбросов парниковых газов, так как эти конкретные решения при более фундаментальном осмыслении феномена энергоперехода – это лишь часть одного более крупного его компонента, который обозначен названием «минимизация вреда ОС». Более того, эти конкретные решения не являются окончательными и даже в некотором смысле неоднозначны. Например, остро встает вопрос утилизации солнечных панелей и лопастей ветротурбин, отслуживших свой срок, или проблема обращения с отработанным ядерным топливом [Макаренко, 2020]. Поэтому в процессе стратегического планирования реализации энергоперехода необходимо внимательно изучать, классифицировать и критически осмыслять каждое конкретное решение, его потенциальные эффекты и последствия по всем возможным направлениям.

Что касается стейкхолдеров и главных действующих лиц энергетического перехода, то подчеркнутая ранее тесная взаимосвязь этого феномена с концепцией устойчивого развития позволяет и в данном случае свести их многообразие к триединой системе «государство – бизнес – общество» (см. п. 1.1). Так, за счет радикального преобразования энергетической отрасли государство может в значительной степени решить задачу выполнения национальных климатических обязательств. Компании, приобретающие более «чистую» энергию у энергоснабжающих предприятий, получают репутационную выгоду, конкурентное преимущество и сокращают издержки, возникающие в связи с распространением новых проэкологических институциональных рамочных ограничений (например, углеродного налога, см. п. 1.3). Населению же модернизация энергетической отрасли сулит сокращение затрат на коммунальные услуги и повышение их качества. Таким образом, можно сказать, что эффективная реализация

энергоперехода в стране может привести к росту общего благосостояния и решению комплекса задач в части достижения ЦУР. Однако важно внимательно следить за главными бенефициарами энергоперехода, например, энергетическими компаниями, чтобы вовремя обнаруживать и не допускать с их стороны лоббирования своих интересов и извлечения личной выгоды в ущерб общим целям.

Отметим также, что разработка и внедрение каждого инновационного решения в конечном счете ложится на плечи конкретных предприятий, хотя зачастую и объединенных в совместные проекты, реализуемые при поддержке различных структур, в том числе государственных. Принимая во внимание долгосрочный характер достижения ЦУР и реализации энергоперехода, важно учитывать необходимость институционального подхода к созданию условий и стимулов, способствующих осуществлению этих процессов (см п. 1.1). Возведение таких институциональных рамок – прерогатива государства и наднациональных институтов. Поэтому воплощены они преимущественно в виде национальных (в России - федеральных) законов, международных соглашений и обязательств, а также новых отраслевых стандартов.

Как было показано в данной главе, процессы преобразования энергетической отрасли и выхода на траекторию устойчивого развития как на национальном, так и международном уровне тесно взаимосвязаны. Эта взаимосвязь особенно актуальна в условиях противостояния нарастающим глобальным климатическим рискам, поскольку энергетика является не только важной структурной составляющей любой экономической системы, но и крупнейшим источником выбросов парниковых газов. В этом контексте изучение вопросов эффективной трансформации энергетики требует внимания к современным тенденциям в климатической политике, включая углеродное регулирование, которое формирует институциональные рамки и векторы развития для всех секторов экономики, включая энергетику. Далее в параграфе 1.3 представлен аналитический обзор инструментов и механизмов, направленных на обеспечение устойчивого развития и поддержку энергетического перехода.

1.3. Институциональные рамки устойчивого развития и энергетического перехода: зарубежный и российский опыт

Как было показано в п. 1.1, концепция устойчивого развития к настоящему времени активно переходит в практическую плоскость, воплощаясь в виде различных институциональных рамок. Постановка целей устойчивого развития и принятие соответствующих соглашений были инициированы изначально на международном уровне, а к настоящему времени эта практика активно распространяется на национальном уровне и в бизнес-среде. Так, экологическое измерение устойчивого развития воплощено в первую очередь в Парижском соглашении по климату [The Paris Agreement]. Основная цель этого соглашения, напомним, заключается в ограничении повышения глобальной температуры в этом столетии 2 градусами Цельсия, с приоритетом в 1,5 градуса, за счет сокращения выбросов парниковых газов.

На сегодняшний день к Парижскому соглашению присоединились 194 стороны. Следуя взятым на себя обязательствам в рамках данного соглашения в части сокращения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, на конец 2024 года более 70 стран приняли национальные стратегии устойчивого низкоуглеродного развития, в большей части которых поставлена цель по достижению углеродной нейтральности к середине столетия [Long-term strategies portal].

Таким образом, в последние годы активно формируется новая среда наднациональных и национальных институтов, направленных на достижение ЦУР, в том числе экологических и климатических. Напомним также, что энергетический переход можно считать одним из ключевых условий реализации Парижского соглашения по климату и достижения поставленных в нем целей (см п. 1.2). В таком случае, новые, ориентированные на устойчивое развитие институциональные рамки в значительной степени определяют особенности и направления реализации энергоперехода и задают условия преобразования и развития современной энергетической отрасли. В связи с этим, данный параграф посвящен изучению и

сопоставлению наиболее распространенных и эффективных организационно-экономических механизмов достижения ЦУР и реализации энергоперехода в России и мире.

Зарубежный опыт углеродного регулирования и формирования институтов устойчивого развития

Россия и в условиях современных геополитических вызовов предпринимает активные и целенаправленные усилия по противостоянию глобальным климатическим рискам, что подтверждается участием специального представителя Президента Руслана Эдельгериева в 29-й сессии Конференции Сторон РКИК ООН. В ходе встреч с представителями более 20 стран обсуждались климатическое финансирование, совместная реализация климатических проектов и международное сотрудничество по вопросам развития углеродного рынка и низкоуглеродных технологий [Руслан Эдельгериев провел...]. Особая значимость активного формирования международных партнерств в области технологического развития и реализации трансграничных экологических проектов была отмечена Президентом России В.В. Путиным на заседании наблюдательного совета Агентства стратегических инициатив [Заседание наблюдательного совета АСИ]. Данная позиция демонстрирует готовность России к обмену опытом и внедрению лучших зарубежных практик углеродного регулирования для эффективного выполнения национальных климатических обязательств.

Анализ зарубежного опыта в данном контексте является важным условием эффективной работы российского бизнеса на внешних рынках, решающего поставленные Президентом РФ задачи импортозамещения и укрепления экспортного потенциала страны.

В данном контексте представляет интерес прежде всего опыт климатического регулирования Китая, который, будучи ключевым торговым партнером России, в последние годы активно реализует политику декарбонизации экономики и формирует соответствующие институциональные основы устойчивого развития [Цзепин, 2019]. С 2013 года в этой стране запущено несколько региональных систем торговли квотами на выбросы парниковых газов. В 2021 году с учетом

полученного опыта реализации региональных схем, а также по примеру европейской углеродной биржи, в Китае начала работу национальная система торговли выбросами. Китайский углеродный рынок покрывает около 40% энергетических выбросов парниковых газов в стране и является одним из ключевых инструментов достижения национальных климатических целей [Chinese Carbon Market]. В дальнейшем планируется включение в систему торговли углеродными квотами предприятий следующих отраслей: нефтепереработка и нефтехимия, химическая промышленность, производство строительных материалов, черная и цветная металлургия и авиация. В своей политике декарбонизации Китай также расширяет использование природных решений. В стране поставлены стратегические цели по лесовосстановлению и увеличению площади лесов, а также тестируется возможность создания биржи углеродных офсетов на базе лесных проектов [Жуков, Резникова, 2023]. Кроме того, за счет активной государственной поддержки в виде субсидирования и налоговых поощрений Китай входит в число мировых лидеров по производству и использованию электромобилей, а также технологий возобновляемой энергетики.

Еще одним примером подхода к достижению ЦУР и исполнению климатических обязательств, который активно исследуется специалистами, является Европейский союз. Опыт ЕС важен и в свете решения поставленной на COP-29 помощником Президента России задачи формирования международной углеродной биржи [Руслан Эдельгериев провел...]. В этом регионе задачи Парижского соглашения закреплены на законодательном уровне, и даже в условиях энергетического кризиса и ослабления темы зеленого энергоперехода целевые показатели по увеличению доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергобалансе продолжают выполняться [Предпринимательство и инновации...]. Отметим, что в ЕС реализуются два наиболее распространенных механизма углеродного регулирования, ориентированных на сокращение выбросов ПГ: углеродный налог и торговля квотами на выбросы, или углеродными единицами (углеродный рынок) [Варнавский, 2023; Заединов, 2023b; Пахомова, Рихтер, Малышков, 2020]. Запущенная еще в 2005 году Европейская система торговли

выбросами (EU ETS) является самой крупной в мире и охватывает выбросы парниковых газов от примерно 10000 установок в энергетическом секторе, обрабатывающей промышленности, а также от эксплуатации воздушных судов, что составляет около 70% выбросов CO₂ в ЕС [Scope of the EU Emission Trading System]. Причем можно наблюдать ужесточение условий данного механизма, таких как снижение верхней границы разрешенных бесплатных квот на выбросы ПГ [Предпринимательство и инновации...]. Это, в свою очередь, ускоряет рост цен на CO₂ и повышение издержек для бизнеса, осуществляющего его эмиссию. Вторым масштабным инструментом углеродного регулирования в ЕС является трансграничный углеродный налог, предложенный Европейской комиссией в рамках «Европейского зеленого курса» [Варнавский, 2023; A European Green Deal]. С его помощью Европейский союз подталкивает своих торговых партнеров к более активной декарбонизации производственных цепочек и предпринимает попытки уравнивать в строгости экологических стандартов европейские компании и зарубежные, что в конечном счете ложится дополнительным бременем на экспортеров в ЕС.

Кратко рассмотрим примеры отдельных европейских стран, начав с Германии, обладающей крупнейшей экономикой в ЕС. В данной стране еще с начала 2000-х годов реализуется масштабная национальная программа «Энергетический поворот» (Energiewende), направленная на отказ от ядерной и сокращение углеводородной энергетики, а также повышение доли ВИЭ в энергобалансе. Германия предполагает достичь углеродной нейтральности к 2050 году, для чего создаются и развиваются различные институты устойчивого финансирования, включая: Green and Sustainable Finance Cluster, Forum Nachhaltige Geldanlage, Hub for Sustainable Finance и другие [Селищева, Дятлов, Селищев, 2022]. Осенью 2020 года Германия разместила на рынке 10-летние «зеленые» гособлигации на сумму 6,5 млрд евро [Деламейд, 2020]. Правительство страны также выделяет сотни миллионов евро на проекты в области «зеленой» энергетики, например, H2Giga (конкурентоспособное производство электролизеров), H2Mare

(морская ветроэнергетика и производство водорода), TransHyDE (транспортировка водорода) [Кутузова, 2021].

Среди других примеров можно отметить Норвегию, не входящую, но тесно связанную с ЕС. В этой стране большое внимание уделяется ресурсосбережению и циркулярной экономике; наблюдается переориентация институциональных инвесторов (включая крупнейшего – Государственный пенсионный фонд) с компаний, занимающихся добычей углеводородов, в сторону возобновляемой энергетики; кроме того планируется трехкратное повышение углеродного налога (с 200 до 600 евро), сокращение выбросов ПГ на 55% к 2030 году и достижение углеродной нейтральности к 2025 [Ханов, 2019; Buli, Adomaitis, 2021].

В Дании правительство направляет на экологические инициативы антикризисные средства, предназначенные для восстановления экономики после пандемии. В этой стране также действует система налогов на загрязняющие ОС компании, средства от которых перенаправляются на поддержку внедрения ресурсосберегающих технологий [Селищева, Дятлов, Селищев, 2022].

Во Франции можно отметить все те же экологические налоги, выпуск зеленых облигаций, а также экологические кредиты, предоставляемые под низкие процентные ставки [Раков, 2018]. Кроме того, в данной стране особое внимание уделяется качественному обновлению рынка труда в соответствии с актуальными тенденциями и увеличению рабочих мест в области экологии и окружающей среды [Селищева, Дятлов, Селищев, 2022].

Обратимся далее к опыту США. Отметим, что в настоящее время новое руководство страны запустило процедуру выхода из Парижского соглашения по климату [США сообщили ООН...]. Вместе с тем в начале 2020-х годов в стране была запланирована и пока продолжает реализовываться программа инвестиционной поддержки «зеленых» направлений развития, включая возобновляемую энергетику, общим объемом около 2 трлн. долл. [Голуб, Шенин, 2022]. В декабре 2022 года в США был принят закон о снижении инфляции (Inflation Reduction Act, IRA), содержащий новые принципы и основы климатической политики и реализации энергоперехода [Inflation Reduction Act]. В

частности, этим законом вводились налоговые льготы и масштабные программы финансирования проектов в области чистой энергетики, повышения энергоэффективности и противостояния глобальным климатическим рискам. Среди конкретных новых инструментов, стимулирующих компании к переходу на возобновляемые источники энергии, можно отметить инвестиционные и производственные налоговые кредиты, позволяющие налогоплательщикам вычитать процент от стоимости возобновляемой энергии из своих федеральных налогов при соблюдении определенных условий. Необлагаемые налогом организации могут воспользоваться опцией непосредственной монетизации этих кредитов.

Для всех рассмотренных выше институтов и механизмов углеродного регулирования, ориентированных на достижение целей в области устойчивого развития и реализации энергоперехода, можно выделить следующие общие характеристики. Во-первых, институциональные условия для реализации этих инструментов инициируются на национальном или наднациональном уровне. Во-вторых, даже при наличии проэкологичной инициативы со стороны бизнеса, многие проекты нуждаются в государственной поддержке, так как «зеленые» решения, например, в области энергетики все еще уступают в конкурентоспособности традиционной углеводородной генерации.

Далее перейдем к исследованию российского опыта углеродного регулирования.

Формирование институтов устойчивого развития и основ углеродного регулирования в России

Россия, наравне со многими зарубежными странами, предпринимает целенаправленные усилия по формированию институциональной среды, ориентированной на достижение целей устойчивого развития, включая противостояние и адаптацию к глобальным изменениям климата. Результаты проделанной в этом направлении работы активно изучаются в литературе, в том числе в контексте исследования лучших практик [Башмаков, 2020; Мельник, Наумова, Ермолаев, 2023; Некрасов, 2021; Порфирьев, Широков, Колпаков, 2020;

Стенников, Пеньковский, 2019а]. Формирование нормативно-правовой основы реализации целей устойчивого развития и минимизации последствий глобального изменения климата заметно активизировалось в постковидный период и сопровождалось принятием в стране Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года и Федерального закона «Об ограничении выбросов парниковых газов» (№ 296-ФЗ от 02.07.2021 г.). В феврале 2022 года также утверждена Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития РФ и климатических изменений на 2021–2030 годы (Постановление Правительства РФ № 133 от 08.02.2022 г.), ориентированная на развитие наукоемких устойчивых технологий, способствующих противодействию изменениям климата, а также защиту российских производителей от зарубежных климатических ограничений.

СНУР РФ 2050 содержит два сценария развития с различной динамикой показателей выбросов и поглощения ПГ: инерционный и целевой. При этом именно целевой сценарий, основные показатели которого представлены в таблице 3, является ориентиром при достижении поставленных перед Россией целей устойчивого низкоуглеродного развития. Этот же сценарий учитывает роль глобального энергоперехода как одного из факторов обеспечения конкурентоспособности российской экономики в глобальном масштабе.

Таблица 3. Показатели целевого сценария СНУР РФ 2050 [Составлено автором на основе СНУР РФ 2050]

Показатель	Факт – 2019 год	Прогноз – 2030 год	Прогноз – 2050 год
Выбросы парниковых газов, млн т CO ₂ -экв в т.ч. изменение относительно предыдущего года, %	2119 –	2212 + 4,4%	1830 - 17,3%
Поглощения, млн т CO ₂ -экв	- 535 –	-539 + 0,75%	-1200 + 122,6%
Нетто-выбросы, млн т CO ₂ -экв	1584 –	1673 + 5,6%	630 - 62,3%

На основе целевых показателей, представленных в таблице 3, можно прийти к заключению, что при достижении заявленных целей делается ставка на более чем

двукратное увеличение поглощения в секторе ЗИЗЛХ (землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство). Роль энергетического перехода хотя и подчеркивается в тексте Стратегии, но не отражена в виде прогнозируемого существенного сокращения осуществляемых выбросов ПГ в стране. В СНУР РФ 2050 также допускается, но не является обязательной целью, достижение углеродной нейтральности к 2060 году при реализации целевого сценария. При этом подчеркивается, что достижение углеродной нейтральности не должно идти вразрез с целью обеспечения темпов экономического роста в стране выше среднемировых, то есть не менее 3% в год.

Этапы, конкретные мероприятия и целевые показатели, в том числе в отраслевом разрезе, по реализации СНУР РФ 2050 отражены в соответствующем Операционном плане, который должен был быть утвержден в конце февраля 2022 года после согласования с представителями бизнеса, но до сих пор остается на стадии проекта [Степанова, 2022]. В данном проекте Операционного плана содержатся разделы, посвященные стимулирующим и регуляторным мерам, реструктуризации промышленности и энергетики, внедрению НДТ и технологических инноваций, включая водородные проекты, увеличению поглощающей способности ЗИЗЛХ и климатическим проектам, а также международному сотрудничеству. Однако, к настоящему моменту данный план нуждается в пересмотре с целью его актуализации.

Для обеспечения достижения поставленных в стране стратегических целей в области устойчивого развития с 1 января 2025 года запущен Национальный проект «Эффективная и конкурентная экономика». В числе прочих данный проект подразумевает реализацию федерального проекта «Низкоуглеродное развитие», ориентированного на создание условий для ограничения выбросов парниковых газов и на адаптацию экономики к климатическим рискам [«Низкоуглеродное развитие»]. К 2030 году в рамках данного проекта планируется реализация 10 отраслевых и 89 региональных программ адаптации к изменениям климата, снижение нетто-выбросов до 1673 млн тонн в год и выпуск не менее 120 млн тонн углеродных единиц для стимулирования инвестиций в климатические проекты.

Согласно ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов», эмитенты, осуществляющие эмиссию ПГ в размере 150 тыс. т CO₂-экв и более в год должны, во-первых, отчитываться о выбросах ПГ и, во-вторых, реализовывать климатические проекты, обеспечивающие предотвращение (сокращение) выбросов ПГ или увеличение поглощения ПГ. Данный закон также поощряет добровольное участие компаний и физических лиц в климатических проектах по поглощению или сокращению выбросов ПГ, в результате чего им могут быть начислены углеродные единицы (УЕ) из расчета 1 УЕ на 1 тонну углекислого газа. Полученные углеродные единицы могут быть зачтены для соблюдения требований по уменьшению углеродного следа, установленных этим же ФЗ, или переданы другим лицам, в том числе посредством продажи на бирже.

Для отработки национальной версии механизма обращения с УЕ и дальнейшей детализации правил установления квот на выбросы ПГ был принят и Федеральный закон «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации (№ 34-ФЗ от 06.03.2022 г.). Согласно данному закону, подобный эксперимент должен проводиться на территории Сахалинской области с 1 сентября 2022 года по 31 декабря 2028 года и в дальнейшем должен быть распространен на территории иных субъектов РФ. Основная цель эксперимента – достижение углеродной нейтральности на территории Сахалинской области до 31 декабря 2025 года, а среди главных задач – стимулирование технологий сокращения выбросов и поглощения ПГ, а также формирование систем верификации и обращения УЕ.

В рамках исполнения принятых СНУР РФ 2050 и Федеральных законов разрабатываются и соответствующие подзаконные акты, создающие нормативно-правовую базу для формирования полноценной системы верификации, учета и обращения углеродных единиц, полученных при реализации климатических проектов. Среди таких актов можно отметить, например, Постановления Правительства РФ № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития...» от 21.09.2021 г., № 455 «Об утверждении Правил верификации результатов реализации климатических проектов» от 23.03.2022 г., №

355 «О критериях отнесения юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к регулируемым организациям» от 14.03.2022 г., а также № 707 «Об утверждении Правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов...» от 20.04.2022 г. и другие.

В октябре 2023 года, в преддверии очередной климатической конференции COP-28 в Дубае, была обновлена и Климатическая доктрина РФ (Указ Президента РФ № 812 от 26.10.2023 г.), в которой впервые была поставлена цель достижения углеродной нейтральности к 2060 году. В то же время ряд экспертов обращают внимание на целесообразность сосредоточения больших усилий в рамках климатической повестки на адаптации к изменениям климата, а не на достижении углеродной нейтральности [Порфирьев, 2024]. Эта позиция отражена и в обновленной Стратегии научно-технологического развития РФ (Указ Президента РФ № 145 от 28.02.2024 г.). Некоторые взгляды, формулируемые в ходе обсуждения приоритетов климатической повестки в России, можно отнести к числу дискуссионных [Чугунов, 2023]. Так, вызывает возражение утверждение ряда авторов о том, что ключевая задача достижения технологического суверенитета может противоречить эффективному противостоянию глобальным климатическим рискам и экономическому росту. Контраргументами для такой позиции могут служить значительные успехи, достигнутые в стране по локализации производства, а тем самым по обеспечению технологического суверенитета, основного оборудования и материалов, необходимых для развития солнечной генерации [Возобновляемая энергетика России]. При этом особым потенциалом возобновляемая энергетика обладает в отдаленных регионах страны, где уже сегодня она становится конкурентоспособной и экономически целесообразной.

С 2022 года также запущен Российский реестр углеродных единиц как стандартизированная электронная база данных, обеспечивающая точный учет операций с углеродными единицами. По состоянию на начало 2025 года в данном реестре числился 51 климатический проект, большинство из которых реализуется в энергетической отрасли, а также 20 тыс. выпущенных и зачтенных в качестве

снижения выбросов ПГ и почти 90 млн подлежащих выпуску углеродных единиц [Реестр углеродных единиц]. В сентябре 2022 года на Национальной торговой бирже прошли тестовые торги УЕ в рамках российской инфраструктуры. ООО «ДальЭнергоИнвест», реализовавшее проект электрогенерации на основе ВИЭ на Сахалине, продало 20 УЕ в ходе двух сделок по средневзвешенной цене в 1000 руб. Для этого компания должна была верифицировать свои результаты по выработке углеродных единиц в соответствующей аккредитованной организации и зарегистрироваться в реестре рынка УЕ, оператором которого выступает АО «Контур» [Кузнецов, 2022]. В ноябре 2023 года состоялся первый крупный аукцион по продаже УЕ на Национальной товарной бирже. В ходе данного аукциона АО «Газпромбанк» и ООО «Карбон Зиро» приобрели 2735 углеродных единиц, полученных в результате реализации климатического проекта на предприятии «СИБУР-Химпром», по средней цене в 700 руб. за 1 углеродную единицу [Первый крупный аукцион...]. Данные торги позволяют представить общую схему функционирования российского углеродного рынка и состав ключевых участников, однако не отражают реальных перспектив и стремления компаний участвовать в подобных торгах. Более того, среди не устраненных препятствий на пути развития российского углеродного рынка эксперты выделяют: отсутствие реального интереса со стороны бизнеса (отсутствие спроса), сложности международного взаимозачета УЕ, что является ключевым пунктом для экспортеров, длительный срок реализации и окупаемость только при значительном размере проекта, а также нормативно-правовую неопределенность в части владения УЕ при реализации лесоклиматических проектов [Парфененкова, 2022].

На данный момент можно констатировать, что основа инфраструктуры российского углеродного регулирования и рынка УЕ сформирована, но развитие этого рынка осложняет нормативно-правовая неопределенность в части прав собственности на углеродные единицы и их международного взаимозачета, а также недостаточное число его участников. Кроме того, российскому углеродному рынку свойственен обязательный, а не добровольный характер, с жестко регламентированным порядком функционирования [Скворцова, Тяглов, 2022], что

препятствует запуску рыночного механизма и созданию соответствующих стимулов, включая рыночный порядок ценообразования.

Важно также отметить, что нынешняя цена в 700 руб. за 1 УЕ является недостаточной для активного развития и широкого распространения климатических проектов, направленных на сокращение выбросов или повышение поглощения парниковых газов. По оценкам специалистов, для коммерческой целесообразности реализации подобных проектов в значимом масштабе, цена 1 УЕ должна быть не ниже 10 [Битва за климат...], а лучше 30 долл., то есть 870-2600 руб. [Птичников и др., 2023]. Иными словами, при текущей цене деятельность, направленная на генерацию и последующую реализацию УЕ на рынке, представляется нерентабельной и малопривлекательной для инвесторов и предпринимателей.

Что касается модернизации энергетики и реализации энергоперехода в целях достижения устойчивого низкоуглеродного развития, то в основных стратегических документах, таких как СНУР РФ 2050 и Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года, признается ключевая роль этой отрасли в сокращении выбросов парниковых газов и выполнении климатических обязательств.

Однако специалистами отмечается противоречивость и недостаточная взаимосвязанность между текущей климатической и энергетической политикой в нашей стране [Ветрова, Пахомова, Рихтер, 2023; Мельник, Наумова, Ермолаев, 2023]. Так, можно видеть, что СНУР РФ 2050 предполагает горизонт планирования до середины XXI, Климатическая доктрина РФ – до 2060 года, а действующая Энергетическая стратегия ограничивается 2035 годом. Кроме того, в Энергетической стратегии отсутствуют какие-либо конкретные целевые показатели по сокращению выбросов ПГ и изменению структуры источников энергии в пользу менее углеродоемких.

Напротив, в проекте Операционного плана реализации СНУР РФ 2050 реструктуризации энергетики отведен отдельный раздел [Степанова, 2022]. В частности, к 2050 году планировалось постепенное сокращение доли газовых электростанций в структуре генерации электроэнергии с 50% в 2020 году до 34%,

угольных – с 16% до 5%, а также увеличение доли ВИЭ с 1% до 26%. Однако Программа развития электроэнергетических систем России на 2023-2028 годы (Приказ Минэнерго России от 28.02.2023 г. № 108) не подразумевает существенных изменений в структуре генерации. Кроме того, в октябре 2022 года министр энергетики прогнозировал, что на уголь к 2050 году будет приходиться 7% выработки электроэнергии, а в июле 2023 года комиссия по энергетике Госсовета РФ обсуждала возможность увеличения доли угля до 15% к 2050 году [Милькин, Волобуев, 2023]. Таким образом, приоритеты изменения структуры генерации электроэнергии в России к 2050 году находятся в настоящее время на стадии согласования с учетом актуальных задач и вызовов.

Выводы по главе 1

В данной главе были реализованы следующие задачи настоящего исследования:

Выполненный в п. 1.1 обзор эволюции концепции устойчивого развития подтверждает, что в настоящее время руководящие принципы стратегий долгосрочного развития на наднациональном и национальном уровнях, а также в бизнес-среде, в значительной степени опираются на ценности, цели и приоритеты этой концепции. Данные приоритеты ориентированы на удовлетворение потребностей текущих и будущих поколений с учетом экологических, социальных и экономических вызовов. Причем, в условиях нарастающих глобальных климатических рисков, которые ставят под угрозу не только развитие, но и само существование человечества, особое внимание уделяется экологическим аспектам.

Важнейшим компонентом устойчивого развития является энергетический переход, который также связан с процессами Четвертой промышленной революции. Эффективность трансформации энергетической отрасли, являющейся основным источником выбросов парниковых газов, которые значимо влияют на глобальные изменения климата, во многом определяет способность государств адаптироваться к климатическим вызовам и противостоять им. Для обеспечения успешного перехода целесообразно использовать зарекомендовавшие себя модели, такие как модель Энергетической трилеммы. Эта модель, с помощью системы индикаторов (энергетическая безопасность, доступность и справедливое распределение энергоресурсов, экологическая устойчивость), позволяет отслеживать динамику развития национальных энергосистем и адаптировать лучшие мировые практики, совершенствуя национальную энергетическую политику.

Представленная на рис. 4 авторская комплексная схема энергетического перехода разработана в соответствии с целями и приоритетами концепций устойчивого развития и Энергетической трилеммы. Она описывает все ключевые драйверы и направления реализации энергетического перехода, что позволяет

учитывать взаимосвязь энергетического, социально-экономического, климатического и других направлений государственной политики. Это, в свою очередь, может способствовать повышению эффективности стратегий и дорожных карт за счет синергетического эффекта и способствовать удовлетворению интересов всех стейкхолдеров: государства, бизнеса и общества, что является основой успешного перехода к устойчивому развитию.

Согласно обзору, выполненному в п. 1.3, на сегодняшний день концепция устойчивого развития реализуется через формирование соответствующих институтов, направленных на сохранение природной экосистемы и адаптацию к глобальным изменениям климата. Современные механизмы углеродного регулирования и государственной поддержки устойчивых направлений хозяйственной деятельности, включая налоги на выбросы парниковых газов и системы торговли углеродными единицами, создают новую институциональную среду, которая смещает акценты среди факторов конкурентоспособности. Значительным конкурентным преимуществом для компаний становятся результаты их усилий по сокращению выбросов парниковых газов, что позволяет сократить издержки, вызванные новым углеродным регулированием, или реализовать полученные углеродные единицы на рынке.

В этом контексте представляется целесообразным сохранение курса на учет лучших практик формирования институтов устойчивого развития, включая опыт партнеров по БРИКС, и интеграцию соответствующих международным требованиям инструментов углеродного регулирования. Это особенно важно в отношении энергетической политики и подходов к модернизации энергетической отрасли, которые в настоящее время находятся в стадии согласования с обновленными климатическими задачами и приоритетами социально-экономического развития.

Учитывая ключевую роль энергетической отрасли в экономике и ее влияние на выбросы парниковых газов, особое внимание в контексте устойчивого развития следует уделить теплоэнергетике. Именно этот сектор, несмотря на свою масштабность и важность для России, сохраняет значительный потенциал для

декарбонизации и повышения эффективности. Текущее состояние и перспективы преобразований в теплоэнергетике требуют детального анализа, поскольку его результаты могут стать основой для обоснования направлений достижения целей низкоуглеродного развития и эффективной реализации энергоперехода. Исследованию этих вопросов и посвящена следующая глава данной диссертации.

ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОССИЙСКОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Данная глава посвящена углубленному анализу объекта исследования – российской теплоэнергетической отрасли – с учетом обозначенного в главе 1 актуального контекста, определяемого общепринятой в настоящее время концепцией устойчивого развития и протекающим в рамках Четвертой промышленной революции энергопереходом.

Большинство аналитических материалов и научных публикаций на тему устойчивого низкоуглеродного развития рассматривают энергетику в укрупненном виде, включая: добычу, переработку и использование ископаемого топлива, генерацию и распределение тепловой и электрической энергии, а также транспорт. В русскоязычной литературе аналогичным охватом обладает термин «топливно-энергетический комплекс» (ТЭК). Среди отдельных секторов энергетической отрасли специалисты исследуют преимущественно электроэнергетику, так как она играет ключевую структурную роль в экономике любой страны. Теплоснабжение зачастую остается без внимания, хотя, как будет показано далее, в отдельных странах, включая Россию, этот сектор играет не менее важную роль как с экономической, так и с экологической и социальной точек зрения. Данный сектор в нашей стране сохраняет естественно монопольную рыночную структуру и этим отличается как от российского электроснабжения, так и от теплоснабжения большинства стран. Таким образом, сочетание этих двух факторов – важного места в экономике страны и естественно монопольного характера рынка – определяет уникальность исследования особенностей и перспектив устойчивого низкоуглеродного развития российской теплоэнергетики.

В отечественной литературе данное направление разрабатывает несколько авторов, включая Башмакова И.А., Пеньковского А.В. и Стенникова В.А. Настоящая работа акцентирует внимание на обозначенных особенностях российской теплоэнергетики в актуальном контексте, внося определенный вклад в исследование этого малоизученного направления.

Энергетикой принято называть область хозяйственно-экономической деятельности, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, которые служат для преобразования, распределения и использования всех видов энергоресурсов [Роголёв и др., 2005]. Под теплоэнергетикой, в свою очередь, понимается подотрасль энергетики, в производственных процессах которой теплота сгорания топлива преобразуется в тепловую и электрическую энергию, которая затем распределяется среди потребителей. Основными объектами генерации в данном случае являются электростанции и котельные, а передача тепловой и электрической энергии осуществляется соответственно через системы тепловых сетей и линий электропередачи.

Отметим, что в российской теплоэнергетике существует значительный сегмент, в котором принципиально отличные по природе своей продукции и особенностям функционирования рынки тепло- и электроэнергетики имеют тесную технологическую, экономическую и организационную взаимосвязь – это когенерация (или теплофикация), то есть совместное производство тепловой и электрической энергии на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ). Принципиальная схема интегрированных рынков тепловой и электрической энергии представлена на рисунке 5.

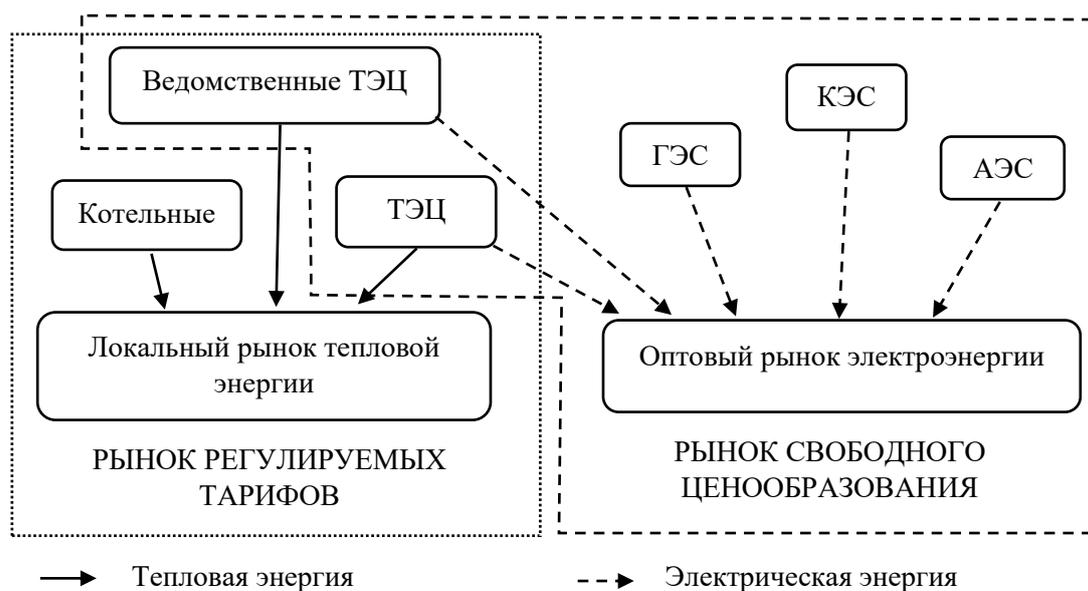


Рисунок 5. Интеграция рынков тепловой и электрической энергии [Источник: Стенников, Пеньковский, 2019а]

ТЭЦ производят тепловую и электрическую энергию и потому являются точкой объединения двух соответствующих рынков. Причем работа в таком теплофикационном цикле как за счет технологических особенностей, так и за счет эффекта масштаба, позволяет экономить около 40% топлива по сравнению с отдельной генерацией тепловой и электрической энергии на разных источниках [Стенников, Пеньковский, 2019а]. Отметим также, что объем производства электроэнергии на ТЭЦ в значительной степени зависит от производства тепла и, соответственно, выручка ТЭЦ складывается из выручки от продажи обоих этих видов энергии. Высокой эффективностью и экономичностью объясняется и высокая доля когенерации на обоих рынках: около 43,7% производства тепловой и 33,8% электрической энергии по данным на 2021 год [Отчет о состоянии теплоэнергетики...]. Более того, согласно Энергетической стратегии РФ, планируется постепенное увеличение доли теплофикации в электроэнергетике до 40% к 2035 году.

Вышесказанное позволяет определить объект исследования – российскую теплоэнергетику – как сложную подсистему энергетической отрасли, включающую в себя источники тепловой (и электрической в случае с ТЭЦ) энергии, тепловых сетей, промышленных и коммунальных потребителей и происходящие в ней изменения под воздействием энергоперехода. Добавим также, что ввиду технологических особенностей теплоснабжающие предприятия продают еще один вид товара – воду для систем горячего водоснабжения. Поэтому данный сегмент жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) также можно отнести к объекту исследования в рамках решения поставленных в работе целей и задач.

Так как обеспечение потребителей тепловой и электрической энергией имеет большое социально-экономическое значение в любой стране, то отрасль теплоэнергетики является постоянным объектом внимания со стороны государства. Напомним, что в главе 1 также отмечалась ключевая роль государства как одного из главных действующих лиц в процессе реализации энергоперехода и достижения целей устойчивого развития. Государство же традиционно задает рамочные условия, определяющие правила поведения, конкуренции и

взаимодействия хозяйствующих субъектов в каждой отрасли. В связи с чем в рамках данного исследования целесообразным является проведение отраслевого конкурентного анализа российской теплоэнергетики, а также изучение принципов и механизмов государственного регулирования данной отрасли.

Среди ключевых отличий рынков электро- и теплоснабжения, на стыке которых находятся ТЭЦ, можно отметить то, что в российской электроэнергетике путем реформ удалось создать конкурентный сегмент – выработка и сбыт на оптовом рынке электроэнергии и мощности. Передача энергии и системное управление являются секторами естественной монополии и регулируются государством [Ассоциация «НП Совет рынка»; Долматов, Сасим, 2022]. Сектор теплоснабжения исторически ввиду своих технологических особенностей является сектором локальных естественных монополий [Стенников, Пеньковский, 2019b]. Причем реформы 2017 года, скорее, способствуют закреплению за теплоснабжением статуса отрасли естественной монополии, чем переходу к конкурентной модели рынка. Более подробный анализ реформирования и актуальных инструментов государственного регулирования российской теплоэнергетики представлен в п. 2.3.

Определив границы и обозначив взаимосвязь между рынками тепло- и электроснабжения в России, отметим, что в рамках данного исследования особое внимание будет уделено именно сектору теплоснабжения как наиболее проблемному и вместе с тем социально-значимому элементу теплоэнергетики. Это обусловлено рядом причин.

Во-первых, для теплоснабжения характерен более существенный по сравнению с электроснабжением износ материально-технической базы и, соответственно, более существенное снижение экономической эффективности и надежности инфраструктуры [Пахомова, Заединов, 2022]. Более подробно технико-экономические проблемы данного сектора раскрыты в п. 2.1 и 2.2 данной главы. Отставание теплоснабжения от электроснабжения наблюдается также в развитии государственного регулирования и реформирования этих секторов (см п. 2.3).

Во-вторых, как отмечают специалисты, сектор теплоснабжения в России по уровню теплопотребления превышает электроснабжение более чем в два раза, а установленная мощность теплоисточников в 3 раза превосходит мощность электрогенерации [Стенников, 2023]. При этом именно теплоисточники оказывают наибольшее воздействие на атмосферный воздух, так как характеризуются большей изношенностью и низкой эффективностью.

В-третьих, как уже упоминалось во введении к данной работе, вопросы недостаточной эффективности и необходимости преобразования теплоснабжения в значительно меньшей степени представлены в научной литературе и экспертных материалах, по сравнению с электроэнергетикой, хотя социально-экономическое значение этого сектора в стране с такими климатическими условиями как в России достаточно велико.

В-четвертых, напомним, что производство тепловой энергии определяет эффективность и электрогенерации на ТЭЦ в сегменте теплофикации, имеющем большое значение в российской энергетике и экономике.

Обозначив объект исследования в данной работе и расставив акценты диссертационного исследования на конкретных элементах российской теплоэнергетики, перейдем далее к определению роли этой отрасли в развитии страны с точки зрения экологического, социального и экономического измерений устойчивого развития.

2.1. Роль российской теплоэнергетики в экономике страны и ключевые показатели ее развития

В нашей стране теплоэнергетика – это один из ключевых инфраструктурных элементов и значительный по объему сектор экономики. Она занимает значимые позиции и в мировом производстве. Так, согласно данным ВР, в 2021 году доля Российской Федерации в мировом производстве электроэнергии составляла 4,1% [Statistical Review of World Energy]. На долю российского централизованного теплоснабжения стабильно приходится более 40% совокупного мирового производства тепловой энергии и более 60% всей энергии, производимой в России

[Цуверкалова, 2021]. Внутри страны около 30,5% электроэнергии производится по теплофикационному циклу, а к системам централизованного теплоснабжения подключено примерно 70% населения и 82% объектов жилого фонда. При этом, как уже отмечалось в п 1.2, энергетика совместно с транспортом в последние годы обеспечивала около 75% общемировых выбросов ПГ [Global Historical Emissions]. Вышесказанное подчеркивает значимость данной отрасли как в экономике страны, так и в части противостояния глобальному изменению климата в национальном и мировом масштабе.

Далее проанализируем, используя методологию отраслевого конкурентного анализа, место теплоэнергетики в экономике России, а также ключевые показатели и перспективы развития отрасли и конкуренции в ней с учетом актуальных внешних условий, включая изменения в госрегулировании, направленные на достижение целей устойчивого низкоуглеродного развития, и особенности текущего энергетического перехода.

Согласно классификации по видам экономической деятельности (ОКВЭД), российская теплоэнергетика включена в раздел D «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха». При этом электроснабжение имеет код 35.1, а теплоснабжение – 35.3. По данным Федеральной службы государственной статистики, в 2022 году произведенный валовый внутренний продукт по данной отрасли составил 3218,7 млрд руб. или почти 2,1% от общего объема ВВП [Росстат]. В структуре потребления российской экономикой энергоресурсов в 2022 году на производство электрической и тепловой энергии приходилось около 283,73 млн т.у.т. или 27,6%, а на население – 175,78 млн т.у.т. или 17,1%, что в общей сложности составляло 44,7% (см. рис. 6). Соответственно, пропорционально объему потребленных энергоресурсов можно с определенной точностью установить и объем выбросов ПГ, осуществленный этими потребителями – около 1194,75 млн т CO₂-экв.

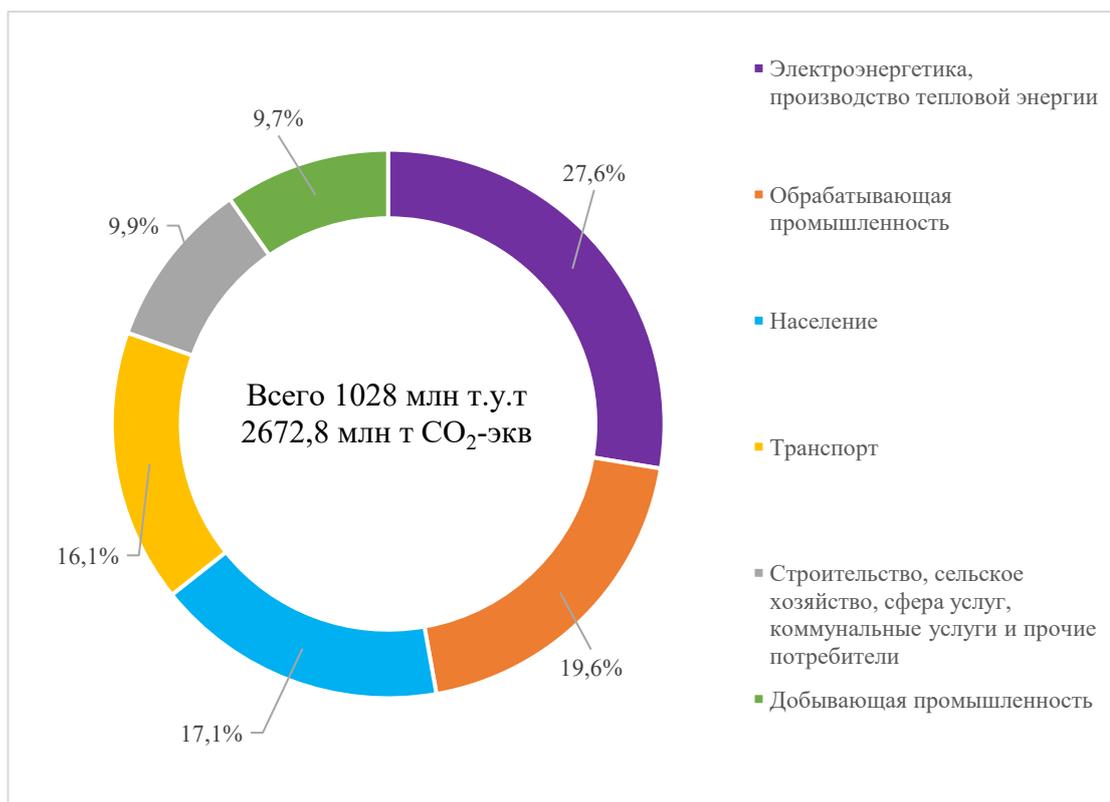


Рисунок 6. Структура потребления первичных энергоресурсов в России за 2022 год [Составлено автором на основе данных Государственного доклада о состоянии энергосбережения..., 2023]

Таким образом, как следует из рис. 6, на теплоэнергетику, которая включает в себя производство электрической и тепловой энергии, а также потребление энергоресурсов населением, приходится почти половина потребления первичных энергоресурсов и выбросов ПГ в стране. Данная отрасль по этим показателям заметно превосходит такие энергоемкие сектора, как обрабатывающая (19,6%), добывающая промышленность (9,7%) и транспорт (16,1%). Рассмотрим далее более детально, какими экономическими агентами представлен каждый из секторов российской теплоэнергетики, а также особенности конкурентной ситуации, что в свою очередь позволит проанализировать эффективность взаимодействия игроков и перспективы развития данных рынков, в том числе в ходе реализации энергоперехода.

Как уже отмечалось ранее, рынки электро- и теплоснабжения в России значительно отличаются, хотя и пересекаются в сегменте теплофикации. В первую очередь это отличие заключается в подходах к государственному регулированию и

обеспечению конкуренции на этих рынках. В связи с этим дальнейший отраслевой конкурентный анализ целесообразно проводить отдельно для рынков электро- и теплоснабжения. При этом сосредоточиться при проведении анализа целесообразно на сегменте генерации энергии (тепловой и электрической), так как именно этап генерации является основным во всей производственной цепочке. На этом этапе сосредоточена большая часть основных фондов, на него приходится основная доля переменных издержек, и здесь же наблюдается основной негативный экологический эффект – выбросы парниковых газов.

Напомним, что отличительной чертой российской электроэнергетики является наличие конкурентного сегмента – оптового рынка, приходящегося именно на этап генерации энергии. Этот сегмент представлен тысячами энергетических компаний, однако большинство из них относятся к числу небольших местных, зачастую муниципальных, предприятий. В тройке крупнейших по выручке компаний по результатам 2022 года находились: (1) АО «Концерн Росэнергоатом» с выручкой в 541 млрд руб., (2) АО «Мосэнергосбыт» - 448 млрд руб., и (3) ПАО «Т ПЛЮС» - 267 млрд руб. [СПАРК-Интерфакс].

Производственный сегмент рынка теплоснабжения признан естественной монополией, что в последние годы только укрепляется переходом к модели Единой теплоснабжающей организации (ЕТО) [Стенников, Пеньковский, 2019а, б]. Здесь крупнейшими компаниями в 2022 году являлись: ПАО «МОЭК» с выручкой более 182 млрд руб., АО «Квадра» - почти 63 млрд руб., и ПАО «ТГК-2» с выручкой около 43 млрд руб. [СПАРК-Интерфакс]. При этом рынки производства и передачи тепловой энергии не разделены в обязательном порядке, в отличие от электроэнергетики. В результате, теплоснабжающая компания может владеть как источниками энергии, так и тепловыми сетями по ее передаче, что критикуется специалистами, так как ведет к усилению ее монопольной власти [Стенников, Пеньковский, 2019б]. Данная ситуация осложняется техническими ограничениями для потребителей по выбору поставщика и для новых поставщиков по входу на рынок, а также слиянием интересов регулятора и монополиста в случае, когда теплоснабжающая компания является государственной.

Продолжим анализ структуры секторов российской теплоэнергетики со стороны производителей и поставщиков услуг. Данные для анализа были получены из информационной системы СПАРК-Интерфакс [СПАРК-Интерфакс]. В качестве выборки для анализа были приняты данные крупнейших по выручке 2500 из 8996 компаний, осуществлявших в 2022 году свою деятельность в секторе теплоснабжения (производство, передача и распределение тепловой энергии), и 2500 из 6429 компаний, занимавшихся производством, передачей и торговлей электрической энергии, то есть электроснабжением. Объем выборки в 2500 компаний для обеих групп обусловлен ограничением, установленным системой СПАРК-Интерфакс, однако он является достаточно репрезентативным для последующего анализа. Структура секторов тепло- и электроснабжения по формам собственности представлена на рис. 7.

Как видно на данном рисунке, объем рынка электроснабжения более чем в 6 раз превышает объем рынка теплоснабжения. В структуре обоих секторов преобладает частная собственность, причем это преобладание более значительное в секторе электроснабжения. Анализ сходств и различий структуры этих сегментов энергоснабжения позволит выявить часть проблем, обусловленных несогласованностью интересов игроков на рынках, что препятствует устойчивому развитию данных секторов.

В структуре теплоснабжения по данным за 2022 год по выручке значительное место занимали предприятия и организации, относящиеся к муниципальной собственности – 21%, на долю смешанной российской собственности приходилось 17%, на собственность субъектов РФ – 9% и на собственность госкорпораций – 6%, а доля частной собственности составила 43% (см. рис. 7). При этом в количественном выражении 97% компаний находились в частной и муниципальной собственности: 62% и 35% соответственно. Это дает основание предполагать, что в муниципальной, а особенно смешанной российской собственности и собственности госкорпораций находится в среднем более крупные компании, чем в частной собственности, но их число невелико.



Рисунок 7. Структура секторов тепло- и электроснабжения по формам собственности на 2022 г. [Составлено автором на основе данных СПАРК-Интерфакс]

В структуре электроснабжения также имеется различие между соотношением долей разных видов собственности по выручке и по количеству компаний, однако эта разница несколько меньше. Так, на частную собственность в 2022 году приходилось 62% выручки и 86% компаний (см. рис. 7). Второе место по выручке с долей в 16% занимала смешанная российская собственность, на которую

приходилось только 3% компаний. Муниципальная собственность была представлена 6% компаний, но ее доля в выручке не являлась статистически значимой. Собственность госкорпораций, напротив, занимала 7% выручки, но составляла менее 1% по количеству компаний. Таким образом, в современных условиях, как и в теплоснабжении, в электроснабжении смешанная российская собственность и собственность госкорпораций представлена небольшим числом крупных компаний, располагающих значительной долей на рынке.

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы о структуре российских секторов тепло- и электроснабжения по формам собственности. Во-первых, в обоих сегментах теплоэнергетической отрасли преобладает частная собственность, однако, в теплоснабжении это преобладание является не столь существенным. Во-вторых, в тепло- и электроснабжении большое значение имеют зачастую немногочисленные, но крупные компании с той или иной формой государственного участия. Это особенно заметно в теплоснабжении, где на муниципальные предприятия приходится 21% выручки. В электроснабжении, напротив, можно отметить присутствие иностранной собственности.

Рыночная структура, с одной стороны, в значительной степени устанавливается и контролируется государственным регулированием, особенно в отраслях естественных монополий, к которым относится теплоэнергетика. С другой стороны, структура рынков определяет возможные варианты поведения присутствующих на этих рынках игроков. Что, в свою очередь, требует пристального контроля со стороны государства ввиду особой социальной значимости секторов тепло- и электроснабжения. Это особенно заметно проявляется в части ценообразования на рынке, которое, с одной стороны, определяет возможность поставщиков извлекать прибыль и направлять ее на необходимые преобразования, а с другой стороны, влияет на население, определяя их издержки и уровень благосостояния. Более подробный анализ государственного регулирования российской теплоэнергетики, в том числе в части ценообразования, представлен в п. 2.3.

Следуя логике отраслевого конкурентного анализа, обратим внимание на структуру поставщиков топлива для энергоснабжающих компаний, поскольку в теплоснабжении, например, более 66% затрат составляют материальные затраты, из которых около половины – расходы на топливо [Терентьева, 2020]. Кроме того, именно углеродоемкость топлива, сжигаемого в процессе генерации энергии, определяет объем соответствующих выбросов парниковых газов, сокращение которых является первостепенной экологической задачей в контексте достижения целей устойчивого развития.

В структуре топливного потребления объектов генерации преобладает природный газ – 76% потребляемого топлива на ТЭС и 82% на котельных по данным за 2020 год. Второе место занимает уголь – около 23% на ТЭС и 14% на котельных [Доклад о состоянии теплоэнергетики...]. Такая структура источников топлива является скорее положительным моментом с точки зрения устойчивого низкоуглеродного развития, так как природный газ признан наиболее «чистым» и подходящим для переходного периода энергоресурсом.

Однако сокращение потребления более «грязного» топлива, в первую очередь угля, все еще актуально. Обратим, в связи с этим внимание на решения COP-28, по результатам которой в число 8 главных климатических действий необходимых для сокращения выбросов было включено существенное сокращение доли угля в электрогенерации [В Дубае завершилась климатическая конференция...; Outcome of the first global stocktake...]. Кроме того, важно иметь в виду нестабильность цен на энергоносители на мировых рынках, которая может приводить и к изменениям цен на топливо на внутреннем рынке. Это, в свою очередь, способно оказывать дополнительное давление на энергоснабжающие компании, ограниченные тарифным регулированием. Заметная монополизация внутренних рынков ископаемого топлива также может ставить энергоснабжающие компании в зависимое от поставщиков положение, что требует пристального внимания регуляторов на обоих рынках.

Продолжим анализ экономической составляющей устойчивого развития российской энергетики. В научной периодике и иных профильных материалах

отмечается, что с начала 2000-х годов и по настоящее время для российской энергетики, и особенно для теплоснабжения, характерны недостаточная эффективность и периодически возникающая убыточность [Пахомова, Заединов, 2022; Терентьева, 2020]. Так, в 2021 году выручка в теплоснабжении составила 2032 млрд руб., а убыток – 183 млрд руб., и его покрытие происходило за счет бюджетных источников. В том же году на субсидирование разницы между экономически обоснованным и установленным тарифом из бюджетов разного уровня составило 136 млрд руб. [Отчет о состоянии теплоэнергетики...]. При этом среди энергоснабжающих компаний можно выделить как прибыльные, так и убыточные сегменты. Проанализируем соотношение прибыльных и убыточных компаний в тепло- и электроснабжении по формам собственности в 2022 году на базе использованной ранее выборки из системы СПАРК-Интерфакс (см. табл. 4).

Таблица 4. Анализ убыточности секторов электро- и теплоснабжения в 2022 г.

[Составлено автором на основе данных СПАРК-Интерфакс]

Электроснабжение			
	Количество прибыльных компаний	Количество убыточных компаний	Доля убыточных компаний
Частная собственность	1865	279	13,0%
Муниципальная собственность	110	47	29,9%
Совместная частная и иностранная собственность	40	5	11,1%
Смешанная российская собственность	62	7	10,1%
Собственность субъектов Российской Федерации	23	16	41,0%
Собственность иностранных юридических лиц	26	7	21,2%
Иные формы собственности	12	1	7,7%
Всего 2500 компаний	2138	362	
Соотношение	85,5%	14,5%	
Теплоснабжение			
	Количество прибыльных компаний	Количество убыточных компаний	Доля убыточных компаний
Частная собственность	1085	438	28,8%

Муниципальная собственность	323	543	62,7%
Смешанная российская собственность	46	18	28,1%
Собственность субъектов Российской Федерации	13	20	60,6%
Иные формы собственности	12	2	14,3%
Всего 2500 компаний	1479	1021	
Соотношение	59,2%	40,8%	

Прежде всего, как следует из таблицы 4, убыточность является более острой проблемой в секторе теплоснабжения, где 40,8% компаний относятся к убыточным, против 14,5% в электроснабжении. Влияет на уровень убыточности и форма собственности. Так, среди компаний, находящихся в муниципальной собственности или собственности субъектов РФ, доля убыточных превышает 60%, а в компаниях с частной или смешанной российской собственностью – менее 30%. В электроэнергетике, как и в теплоснабжении, среди компаний, находящихся в муниципальной собственности и собственности субъектов РФ, доля убыточных заметно превышает среднее значение и составляет около 30 и 41% соответственно. Данный анализ позволяет выявить наиболее уязвимые сегменты на рынках тепло- и электроснабжения – это муниципальные и региональные государственные компании. При этом полученный результат имеет еще большее значение с учетом того, что, как было показано ранее, доля этих компаний на рынках тепло- и электроснабжения по выручке еще больше, чем по их числу.

Среди основных причин недостаточной эффективности российской теплоэнергетики, наблюдавшейся с начала 2000-х годов и все еще сохраняющейся, специалисты отмечают: отсутствие надежных статистических данных, в том числе занижение реальных потерь; избыточную установленную мощность источников; низкую эффективность и высокий уровень потерь при производстве и передаче энергии, вызванные, в первую очередь, изношенностью основных фондов; снижающуюся способность населения оплачивать жилищно-коммунальные услуги, в том числе тепловую и электрическую энергию; дефицит

квалифицированных кадров [Доклад о состоянии теплоэнергетики...; Некрасов и др., 2011; Семикашев, Терентьева, 2024; Стенников, Пеньковский, 2019а; Терентьева, 2020].

Согласно данным Росстата, дебиторская задолженность ресурсоснабжающих организаций, более половины которой приходится на население, к 2022 году составила около 1,3 трлн руб., что на 19,6% выше, чем в 2019 году [Росстат]. Недостаточная платежеспособность определенных слоев населения при параллельном росте тарифов на энергоснабжение и другие жилищно-коммунальные услуги (ЖКУ) является важной проблемой при анализе социального измерения концепции устойчивого развития и может быть отнесена к числу причин недостаточной экономической эффективности или даже убыточности энергоснабжающих организаций [Доклад о состоянии теплоэнергетики...; Стенников, Пеньковский, 2019а; Терентьева, 2020].

Значительный износ материально-технической базы является проблемой для всего российского топливно-энергетического комплекса: от нефтеперерабатывающих заводов до тепловых и электрических сетей [Хитрых, 2021; Рахимов, 2022]. Что касается теплоснабжения, то в России, например, около половины эксплуатируемых тепловых сетей имеют срок службы свыше 30 лет, при нормативном сроке эксплуатации в 25 лет. С 2016 по 2021 год доля нуждающихся в замене тепловых сетей выросла с 28% до 30,2% [Доклад о состоянии теплоэнергетики...; Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2023]. Ростом данного показателя можно объяснить увеличившуюся аварийность тепловых сетей и тепловые потери при передаче энергии, которые с 2016 по 2021 год выросли с 11,8% до 12,5%. Основной причиной сложившейся ситуации, согласно официальному докладу Минэнерго России, является недостаточный объем перекладки тепловых сетей, который составляет около 6-7% от требующих замены труб ежегодно [Доклад о состоянии теплоэнергетики...].

Отметим, что выше были проанализированы средние по стране показатели. В то же время, специалисты отмечают, что региональный срез показывает значительный разрыв между показателями тепловых потерь и темпами обновления

основных средств производства [Gagulina, Zaedinov, 2021]. Так, если в Москве, Республике Калмыкия, Карачаево-Черкессии и Тыве износ тепловых сетей заметно ниже среднероссийского уровня, то в Томской, Сахалинской и Магаданской областях он значительно выше [Терентьева, 2020].

Нарастающий износ основных фондов приводит к увеличению издержек производства и снижению экономической эффективности в теплоснабжении, что неблагоприятно сказывается на инвестиционной привлекательности сектора. Как следствие, в структуре источников инвестиций в основной капитал, общий объем которых в 2021 году составил 167,3 млрд руб., преобладали собственные средства, на которые приходилось 82% инвестиций, еще 12% приходилось на бюджетные средства (в основном из местного бюджета и бюджета субъектов РФ), 2% – на заемные средства других организаций и 3% составили банковские кредиты [Отчет о состоянии теплоэнергетики...]. Вышесказанное подтверждает нарастающую значимость проблемы поиска источников финансирования для обновления с целью поддержания эффективного функционирования теплоснабжения и тем более – его преобразования в целях реализации энергоперехода и достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития. Необходимость решительных мер по преодолению убыточности российского ЖКХ была подчеркнута в послании Президента России В.В. Путина к Федеральному Собранию в марте 2024 года. Суммарно поручения Президента рассчитаны на сумму в 17 триллионов рублей на период до 2030 года, из которых 4,5 триллиона должны быть направлены на модернизацию коммунальной инфраструктуры [Стало известно, сколько денег потребуется...].

Большое значение в исследовании энергетической отрасли и при разработке инструментов ее модернизации, в том числе в целях достижения устойчивого низкоуглеродного развития имеет и региональный аспект, в том числе в аспекте структуры энергобаланса. Так, в Сибири и на Дальнем Востоке доля угля в энергетическом балансе в разы превышает среднероссийский уровень [Стенников, 2023], ввиду чего достижение целей по сокращению выбросов ПГ в этих регионах, установленных международными и национальными требованиями, является

затруднительным. В таком случае, наиболее целесообразным как с экономической, так и с экологической точек зрения является полномасштабная и комплексная газификация востока страны с формированием полноценной газотранспортной системы, в том числе сообщающейся со странами Северо-Восточной Азии.

Настоящее исследование посвящено комплексному изучению путей реализации энергоперехода на уровне страны в целом, а также направлений преобразования энергетических компаний в целях сохранения конкурентоспособности в актуальных условиях. В связи с этим рассмотрение всего спектра экономических, социальных, географических, структурных и прочих особенностей каждого конкретного региона выходит за рамки данной работы. Подчеркнем вместе с тем, что учет всех этих аспектов при разработке конкретных региональных и отраслевых программ преобразования энергетики является необходимым. Однако обоснование таких программ при их непротиворечивости возможно и целесообразно только в рамках единой комплексной государственной стратегии реализации энергоперехода и достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития. Формулированию основ такой стратегии и посвящена данная работа.

Проведенный в данном параграфе анализ показал, что накопленный износ основных фондов в российской энергетике привел к существенному снижению экономической эффективности. Убыточность энергоснабжающих компаний препятствует проведению модернизации объектов энергетики, которая, в свою очередь, может быть основой достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития отрасли и страны во всех измерениях, включая: сокращение энергетических издержек практически во всех сферах экономической деятельности, повышение качества жизни и благосостояния населения и сокращение выбросов парниковых газов.

В связи с вышесказанным целесообразно далее перейти к исследованию магистрального направления преобразования российской энергетики в контексте достижения поставленных целей устойчивого низкоуглеродного развития. Согласно мнению многих специалистов, таким направлением является

энергосбережение и повышение энергоэффективности, что и будет обосновано в следующем параграфе.

2.2. Энергосбережение и повышение энергоэффективности как основа устойчивого развития российской теплоэнергетики

Как было подчеркнуто в главе 1, одним из ключевых направлений энергетического перехода и концепции устойчивого развития, во многом определяющих развитие современной энергетической отрасли, является противостояние глобальным климатическим рискам. При этом главным способом решения поставленной Парижским соглашением задачи недопущения роста глобальной температуры в текущем столетии 2 градусами Цельсия является декарбонизация – сокращение выбросов парниковых газов. Достижение целей устойчивого низкоуглеродного развития в настоящее время является основой стратегического планирования и управления большинства стран мира, этой же траекторией следуют и представители бизнеса [Пахомова, Рихтер, Ветрова, 2022]. В таком контексте энергетика – крупнейший эмитент ПГ – согласно позиции ряда ведущих экспертов, подтвержденной на базе актуализированных данных в публикациях автора, должна быть центральным объектом климатического регулирования [Башмаков, 2020; Мельник, Наумова, Ермолаев, 2023; Пахомова, Заединов, 2024]. Эффективное преобразование и развитие этой отрасли на национальном уровне во многом будет определять конкурентоспособность государства и компаний, ведущих свою деятельность в этой стране, на ближайшие десятилетия.

Согласно результатам, представленным в докладе Программы ООН по окружающей среде, выполнение климатических обязательств, принятых всеми странами на данный момент, позволит сократить выбросы ПГ только на 10%, что вызовет к концу XXI века глобальное потепление существенно выше установленного порогового значения – на 2,8°C [Emission gap report 2022]. Кроме того, такие направления низкоуглеродного развития как переход на возобновляемые источники энергии, отказ от угольной энергетики,

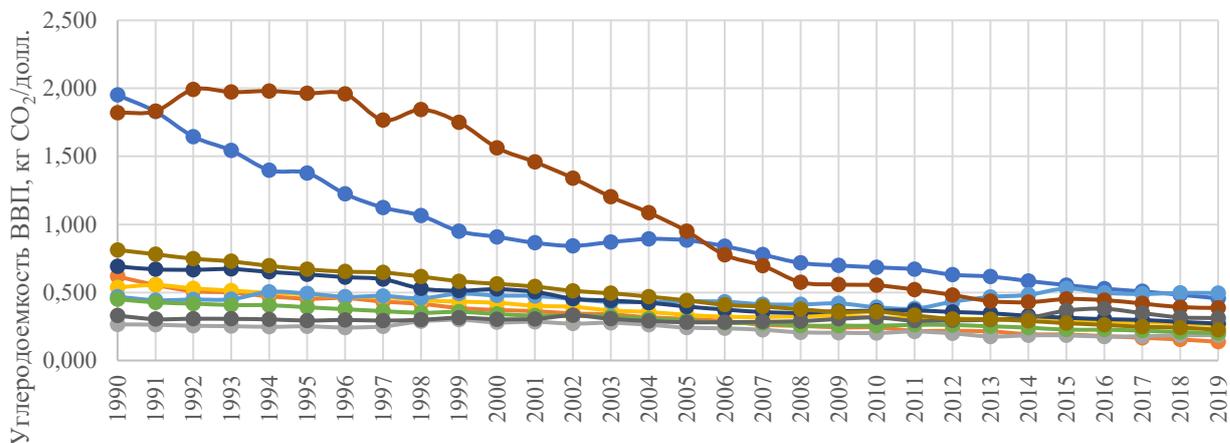
электрификация транспорта и др. в последние годы пересматриваются ввиду колебаний на рынках энергоносителей и изменения торговых связей на ключевых для этих направлений рынках, обусловленных сначала пандемией COVID-19, а затем и геополитической напряженностью.

В связи с чем специалисты обращают свое внимание на более прагматичные и надежные способы достижения низкоуглеродного развития, декарбонизации экономики и реализации энергоперехода, среди которых приоритетным является энергосбережение и повышение энергетической эффективности. Напомним, что к данному драйверу ослабления климатической напряженности было привлечено особое внимание как на 8-й Глобальной конференции по энергоэффективности в Версале (Франция), так и на COP-28, проходившей в конце 2023 года в ОАЭ. В итоговых заявлениях обоих мероприятий обозначена задача удвоения среднего глобального показателя повышения энергоэффективности к концу текущего десятилетия [В Дубае завершилась климатическая конференция...; Outcome of the first global stocktake...; Versailles Statement...]. Сосредоточение усилий на поэтапном снижении выбросов ПГ от ископаемого топлива при одновременном внедрении жизнеспособных и доступных безуглеродных альтернатив, а также развитии иных направлений, например, по улавливанию, захоронению и полезному использованию углерода, вместо радикального отказа от производства этого топлива при сохраняющемся спросе отмечается экспертами как целесообразный, надежный и обоснованный подход к реализации текущего энергоперехода и осуществления климатической политики [Igini, 2023], на что обращают внимание и российские эксперты [Ветрова, Пахомова, Рихтер, 2023].

Одним из ключевых показателей, отражающих интенсивность негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, является углеродоемкость, выраженная в объеме выбросов ПГ в CO₂ эквиваленте относительно, например, объема произведенной продукции. Чтобы оценить роль развития энергетики в достижении целей по сокращению выбросов парниковых газов, рассмотрим динамику показателей углеродо- и энергоемкости ВВП по паритету покупательной способности за последние 30 лет 10 крупнейших стран-эмитентов, чьи выбросы ПГ

в 2021 году составили более 23,4 млрд т CO₂-экв или более 69% от общемировых выбросов (см. рис. 8).

(a)



(б)

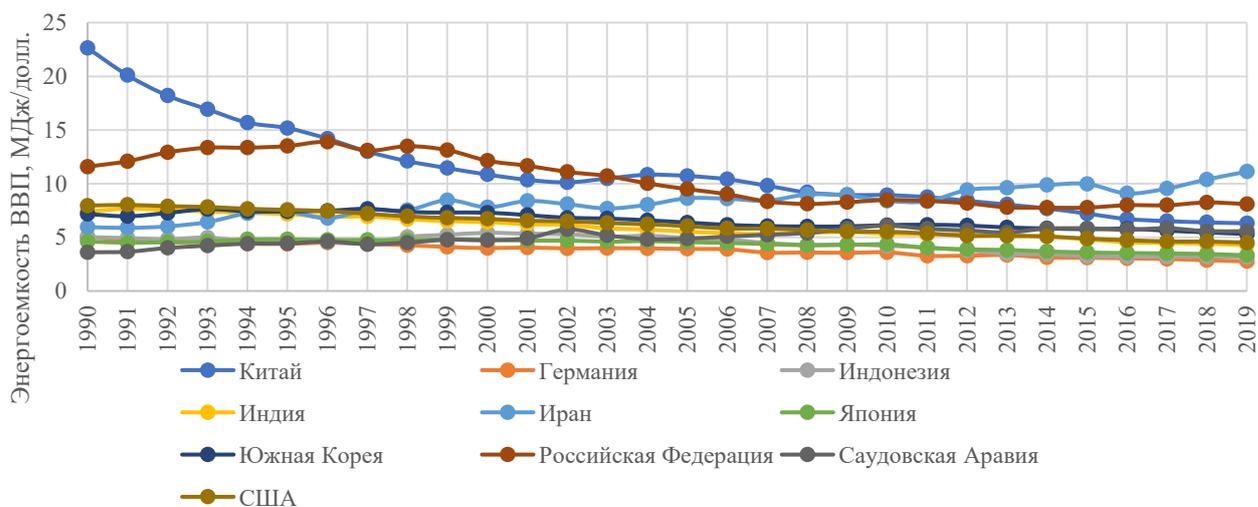


Рисунок 8. Динамика (а) углеродо- и (б) энергоемкости ВВП крупнейших стран-эмитентов ПГ [Составлено автором на основе данных Global Historical Emissions; World Energy Balances]

На основе данных рис. 8, можно предположить, что повышение энергетической эффективности, вызванное развитием энергетической отрасли, воплощенное в сокращении энергоемкости, в значительной степени определяло и сокращение углеродоемкости экономики на рассматриваемом промежутке времени.

Для проверки этой гипотезы целесообразно выполнить корреляционно-регрессионный анализ, являющийся стандартным методом оценки наличия и характера взаимосвязи между показателями углеродо- и энергоёмкости экономики. Исходная выборка включает 300 наблюдений по 10 крупнейшим странам-эмитентам ПГ за период с 1990 по 2019 год. Временной интервал ограничен этим периодом ввиду доступности данных, а также по причине исключения кризисных колебаний после 2019 года, которые могут исказить устойчивые тенденции, такие как сокращение выбросов за счет развития национальных энергетических систем.

На первом этапе анализа проведем графическую оценку взаимосвязи между углеродо- и энергоёмкостью ВВП, используя поле корреляции, представленное на рисунке 9.

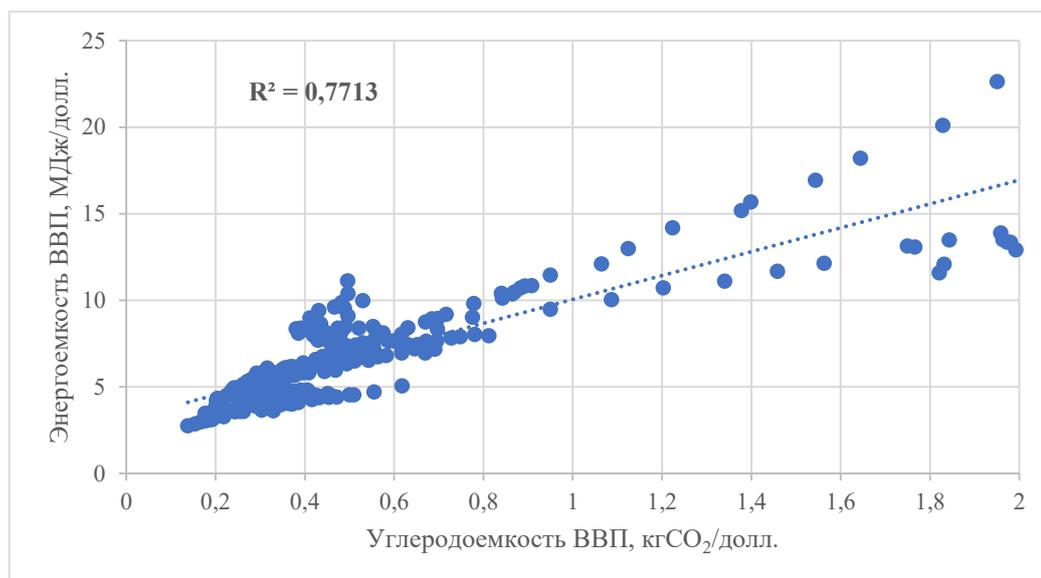


Рисунок 9. Первичное поле корреляции [Составлено автором на основе данных Global Historical Emissions; World Energy Balances]

На данном поле корреляции прослеживается наличие значимой статистической взаимосвязи между углеродо- и энергоёмкостью ВВП, о чем также свидетельствует коэффициент детерминации $R^2=0,771$. Однако, необходимо отметить и наличие ярко выраженных кластеров – групп точек, расположенных практически вдоль отдельных лучей, сходящихся к левому нижнему углу. Можно предположить, что каждый из кластеров – это данные углеродо- и энергоёмкости

ВВП отдельной страны, между которыми присутствует более сильная статистическая взаимосвязь.

Для проверки этого предположения выполним корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязи между углеродо- и энергоемкостью ВВП России, чья теплоэнергетическая отрасль является объектом данного исследования. Тогда конечный объем выборки составит 30 наблюдений. В качестве объясняемой переменной (Y) принята углеродоемкость ВВП, а в качестве независимой (X1) – энергоемкость ВВП. Уровень надежности модели $\alpha = 1 - 0,95 = 0,05$. Результат корреляционно-регрессионного анализа представлен в таблице 5.

Таблица 5. Корреляционно-регрессионный анализ [Составлено автором]

Матрица корреляции				
	Y Углеродоемкость ВВП, кг CO ₂ /долл.	X1 Энергоемкость ВВП, МДж/долл.		
Y	1,000	–		
X1	0,984	1,000		
Регрессионная статистика				
Множественный R		0,984		
R-квадрат		0,969		
Нормированный R-квадрат		0,968		
Стандартная ошибка		0,114		
Наблюдения		30		
Дисперсионный анализ				
	df	SS	MS	F
Регрессия	1	11,417	11,417	872,986
Остаток	28	0,366	0,013	–
Итого	29	11,783	–	–
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение
Y	-1,723	0,098	-17,498	1,308E-16
X1	0,275	0,009	29,546	1,189E-22

Результаты проведенного анализа, представленные в таблице 5, подтверждают наличие сильной положительной статистической связи между углеродо- и энергоемкостью ВВП России, о чем свидетельствует близкий к единице коэффициент детерминации – 0,984. Построенная модель является в целом значимой и может быть использована для анализа, о чем свидетельствуют большие

положительные значения коэффициента детерминации R-квадрат и F-критерия, а также крайне малое р-значение.

Уравнение регрессии, построенное на основе полученной модели, имеет следующий вид:

$$Y = 0,275X_1 - 1,723$$

То есть, в рамках данной регрессионной модели изменение энергоемкости ВВП на 1 МДж/долл. приводит к изменению углеродоемкости экономики на 0,275 кг CO₂/долл. в том же направлении.

Полученное уравнение регрессии является достаточно условным. Так, значение $Y = -1,723$ при $X_1 = 0$, скорее всего, не имеет экономической интерпретации, носит гипотетический характер и является следствием ограниченной точности построенной модели. Более того, даже при гипотетическом нулевом уровне энергоемкости, углеродоемкость будет больше 0, так как не все выбросы ПГ происходят в результате генерации и потребления энергии. То есть, константа в уравнении, описывающей реальную взаимосвязь между углеродо- и энергоемкостью, должна быть скорее положительной.

Воспроизведение аналогичного корреляционно-регрессионного анализа на данных других стран, представленных в первоначальной выборке, дает похожие результаты. Таким образом, гипотеза о наличии сильной положительной взаимосвязи между углеродо- и энергоемкостью национальной экономики подтверждается с высоким уровнем статистической значимости. Соответственно, далее представляется целесообразным перейти к более углубленному анализу факторов углеродоемкости экономики на примере отдельного государства.

Из представленных на рисунке 8 графиков особого интереса заслуживает график углеродо- и энергоемкости ВВП России, который иллюстрирует заметно превышающее средние темпы сокращения этих показателей в нашей стране в период с 1990 по середину 2000-х годов. Сопоставимой можно считать только динамику углеродо- и энергоемкости экономики Китая на этом промежутке времени. Однако в рамках данного исследования, направленного на поиск эффективных путей достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития

России, целесообразно остановиться на изучении факторов и резервов сокращения выбросов ПГ именно в нашей стране.

Помимо энергоемкости, к числу значимо влияющих на углеродоемкость экономики, в частности российской, факторов специалисты относят следующие: общий тренд экономического развития и эффективность экономики; структура первичных источников энергии, или энергетический баланс; особенности отраслевой структуры экономики; природно-климатические характеристики и потенциал поглощения углерода естественными и искусственными системами [Восьмое национальное сообщение...; Голуб и др., 2007; Мельник, Наумова, Ермолаев, 2023; Скобелев, Череповицына, Гусева, 2023; Шинкевич, 2020].

В работе [Пахомова, Заединов, 2024] проверены результаты предыдущих исследований и на актуализированных данных выполнено подробное исследование факторов, повлиявших на сокращение углеродоемкости экономики России с 1990-х годов и по настоящее время. Результаты данного исследования показывают, что в наиболее показательные периоды времени именно повышение энергетической эффективности играло ключевую роль в сокращении удельных выбросов ПГ в нашей стране. Так, с 1990 по 1998 год сокращение выбросов в энергетическом секторе на 40,7%, или на 1048,23 млн т CO₂-экв обеспечило около 83% от общего снижения выбросов ПГ в стране. В период с 2012 по 2016 годы сокращение эмиссии ПГ, осуществляемой энергетическим сектором, компенсировало примерно 50% роста выбросов в других секторах экономики.

Ряд специалистов относит изменения в отраслевой структуре экономики к числу главных факторов сокращения удельных выбросов ПГ в России в первые 25 лет после распада СССР [Голуб и др., 2007; Порфирьев, Широков, Колпаков, 2020]. Однако, авторы исследования [Пахомова, Заединов, 2024], опираясь на работы [Гильмундинов, 2014; Dabrowski, 2023] и дополняя их анализом актуальных данных, показывают, что отраслевая структура выбросов парниковых газов в России в последние 30 лет изменялась незначительно. При этом, сокращение углеродоемкости экономики было обеспечено преимущественно значительным ростом ВВП с 2000 по 2012 годы, обеспеченного такими внешними факторами, как

растущие цены на сырьевых рынках и укрепление национальной валюты, подпитывающими и внутреннее потребление.

Напротив, заметную роль в сокращении выбросов ПГ в России сыграло изменение структуры первичных источников энергии. Около 16,4% потребления углеродоемких угля и нефти перешло за последние 30 лет в потребление менее углеродоемкого природного газа (12,2%), а также атомной энергии (3%) и гидроэнергии (1,2%), характеризующихся практически нулевыми выбросами ПГ. При этом доля других ВИЭ в российском энергобалансе оставалась незначительной, и только с 2020 года она превысила 0,1%. Авторы приходят к заключению, что снижение потребления энергоресурсов совместно с изменениями в структуре энергобаланса примерно в равной степени обеспечили более 60% сокращения выбросов парниковых газов в России в период с 1990 по 2019 год [Пахомова, Заединов, 2024]. Что в очередной раз доказывает ключевую роль развития энергетической отрасли в обеспечении устойчивого низкоуглеродного развития национальной экономики и в исполнении национальных климатических обязательств.

В связи с вышесказанным целесообразно более детально изучить состояние энергоэффективности в российской энергетике в последние годы, в которые сокращение энерго- и углеродоемкости экономики в нашей стране практически не наблюдается (см. рис. 8).

Согласно докладам Минэкономразвития РФ, энергоемкость экономики России с 2016 года плавно снижалась с 9,98 т.у.т./млн руб. до 9,27 т.у.т./млн руб. в 2019 году, а к 2022 году выросла до 9,64 т.у.т./млн руб. [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2023]. Соответственно, пропорционально этому снижению наблюдалось и сокращение удельных выбросов ПГ в стране. При этом среди ключевых факторов, обеспечивших сокращение энергоемкости экономики в 2020 и 2022 годах, выделяют, в первую очередь, снижение экономической активности и благоприятные климатические условия, в том числе приведшие к снижению потребления тепловой энергии. [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2021, 2023]. В 2022 году также отмечается существенный

рост потребления энергоресурсов из-за структурных сдвигов на уровне секторов, а также из-за технологических факторов, которые вместо торможения, напротив, увеличивали энергопотребление и, соответственно, выбросы ПГ [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2023]. В те же годы на электро- и теплоэнергетику, совместно с жилищно-коммунальным хозяйством, стабильно приходилось около 44-45% от общего энергопотребления и, соответственно, энергетических выбросов ПГ в стране.

На основе вышесказанного можно предположить, что на исследуемом временном интервале снижение углеродоемкости экономики России сопровождалось сдержанной динамикой показателей эффективности энергетической отрасли. Для проверки данного предположения рассмотрим более подробно динамику основных показателей энергетической эффективности в российских секторах тепло- и электроснабжения, а также ЖКХ (см. табл. 6).

Таблица 6. Основные показатели энергоэффективности российской теплоэнергетики [Составлено автором на основе данных Государственного доклада о состоянии энергосбережения..., 2023]

	Показатели	Годы							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Электроснабжение	Удельный расход топлива на ТЭС, г у. т./кВтч	322,8	319,3	317,1	314,3	310,5	300,2	302,1	312,3
	Расход на собственные нужды, %	6,5	6,4	6,5	6,3	6,3	6,3	6,2	6,1
	Потери электроэнергии, %	10,7	10,5	10,3	9,7	9,2	9,2	8,8	8,8
Теплоснабжение	Удельный расход топлива на ТЭС, г у. т./кВтч	155,5	153,6	156,6	154,2	155,2	155,9	156,8	156,3
	Удельный расход топлива на котельных, г у. т./кВтч	165,3	169,9	166,6	165,6	168,5	170,4	169,3	167,7
	Потери тепловой энергии, %	9,3	10,3	9,6	10,8	10,0	10,1	10,56	10,58

Жилищно-коммунальное хозяйство	Удельный расход топлива на отопление, кг/т/м ²	30,0	30,6	29,7	30,0	28,4	27,1	28,9	27,7
	То же, скорректированное на климат и уровень благоустройства, кг/т/м ²	31,6	30,5	30,4	29,8	30,5	30,0	28,8	28,8
	Удельный расход топлива на горячее водоснабжение, кг/т/чел	0,124	0,121	0,121	0,119	0,111	0,110	0,109	0,109
	Удельный расход топлива на прочие нужды, кг/т/м ²	8,91	8,73	8,86	8,54	7,94	7,95	8,54	8,51

По данным, представленным в таблице 6, можно сделать вывод, что рост энергоэффективности с 2015 по 2020 год наблюдался только в электроснабжении. В данном секторе на этом временном интервале примерно на 5% сократился удельный расход топлива при производстве электроэнергии на ТЭС и на 1,5% снизились потери при ее передаче. С 2020 по 2022 год удельный расход топлива в электроснабжении, напротив, вырос на 4%, а темпы снижения потерь остались прежними. В жилищно-коммунальном хозяйстве темпы роста энергоэффективности были недостаточными, особенно с учетом климатических корректировок. В теплоснабжении с 2015 по 2022 год наблюдался рост как удельного расхода топлива при производстве тепловой энергии, так и потерь при ее передаче.

Соответственно, в данный период динамика индикаторов эффективности российской теплоэнергетики отставала от целевых показателей Комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики РФ (Распоряжение Правительства РФ N 703-р от 18 апреля 2018 г.).

Данные Минэкономразвития РФ показывают, что на рассматриваемом промежутке времени основное положительное воздействие на сокращение энергоемкости экономики и объемов выбросов ПГ в стране, помимо названных ранее факторов, оказало «озеленение» электроэнергетики, в которой доля нетопливной генерации с 2015 по 2020 год выросла с 34% до почти 40% [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2021].

Таким образом, проведенный выше анализ подтверждает гипотезу о том, что ключевой фактор декарбонизации российской экономики – энергосбережение и

повышение энергетической эффективности – не проявлял себя в необходимой мере в рассматриваемый период. Снижение энерго- и углеродоемкости экономики страны, если и имело место, то преимущественно в связи со снижением экономической активности в пандемию и с благоприятными климатическими условиями. Причины сложившейся ситуации могут быть разными. Однако условием динамичного развития российской теплоэнергетики выступает последовательная модернизация институциональных механизмов с учетом новых вызовов. Для проверки этого предположения в следующем параграфе выполнен обзор основных регуляторных мер и преобразований, ориентированных на повышение эффективности секторов российского энергоснабжения.

2.3. Методы государственного обеспечения модернизации российской теплоэнергетики

Среди ключевых причин недостаточной рентабельности предприятий российской теплоэнергетики специалисты, помимо указанных ранее, выделяют следующие: недостаточная согласованность отдельных звеньев и инструментов в системе управления и реформирования отрасли; противоречивость тарифного регулирования и опережающий рост тарифов для потребителей; несбалансированность экономических моделей на рынках тепло- и электроснабжения [Жигалов и др., 2018; Мельник, Наумова, Ермолаев, 2023; Некрасов и др., 2011; Семикашев, Терентьева, 2024; Стенников, Пеньковский, 2019а, б; Стенников, Пеньковский, 2023; Стенников, 2023; Терентьева, 2020; Чернавский, 2015; Чернавский, 2018]. Рассмотрим подробнее наиболее важные из перечисленных проблем.

Напомним, что российская теплоэнергетика исторически и ввиду технологических особенностей является преимущественно отраслью естественной монополии. При этом, практически со времени распада СССР в России проводились реформы, направленные на снижение государственного участия в большинстве сфер экономики, включая энергетику, в целях перехода к конкурентным рынкам. Главной функцией конкуренции, с одной стороны,

является поиск частной выгоды, а с другой – удовлетворение общественных потребностей, которое и обеспечивает достижение этой выгоды [Тарануха, 2012]. При этом на конкурентных рынках все равно необходим контроль в целях недопущения злоупотребления доминирующим положением хозяйствующих субъектов. Кроме того, в отдельных случаях, к которым относится российская теплоэнергетика, переход к конкурентному рынку может быть либо затруднительным, либо нецелесообразным по ряду причин. Далее представлен краткий обзор реформ секторов электро- и теплоснабжения в России, проводимых ранее с целью повышения их эффективности и привлечения частного капитала.

Основные правила и порядок функционирования российской *электроэнергетики* представлены в Федеральном законе от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике». Напомним, что в данном секторе по сравнению с теплоснабжением значительно больше доля частной собственности, а также существенно ниже доля убыточных компаний. Это можно увязать с тем, что в электроэнергетике были проведены комплексные реформы, в том числе по ослаблению государственного регулирования. Так, в данном секторе сочетаются монопольные виды деятельности, такие как передача и системное управление, и конкурентные – выработка и сбыт [Ассоциация «НП Совет рынка»; Долматов, Сасим, 2022]. Государство осуществляет регулирование тарифов на оперативно-диспетчерские услуги, на услуги по передаче энергии, услуги коммерческого оператора, а также обеспечивает предоставление недискриминационного доступа потребителей услуг сетевых организаций к электрическим сетям. В секторе также действует наблюдательный совет рынка – коллегиальный орган саморегулирования для обеспечения эффективной оптовой и розничной торговли электрической энергией и мощностью. Компании же имеют возможность осуществлять торги по рыночным условиям на оптовом и розничном рынках в ценовых зонах, охватывающих большую часть территории России. При этом технические особенности товара (электроэнергии) также способствуют сохранению конкуренции и действию рыночных механизмов, так как у потребителей есть возможность выбора определенного поставщика, а поставщики,

в свою очередь, имеют возможность передачи энергии практически любым потребителям на большом расстоянии. В неценовых зонах и технологически изолированных территориальных энергетических системах реализация электроэнергии и мощности строго регулируется государством.

Несмотря на некоторые успехи в части снижения государственного контроля на рынке электроэнергетики в России, специалисты отмечают сохранение ряда проблем, в числе которых: преобладание в общей структуре рынка долей неконкурентных сегментов; высокая рыночная концентрация в конкурентном сегменте оптовой торговли; высокие, преимущественно административные, барьеры на вход и выход [Долматов, Сасим, 2022]. Причем, анализируя динамику показателей эффективной конкуренции на рынке электроэнергетики, авторы отмечают их слабую положительную динамику.

В *теплоснабжении* конкурентная ситуация отличается от сложившейся в электроснабжении в связи со специфичностью тепловой энергии как товара, а также исторически и технологически обусловленными особенностями функционирования сложившейся инфраструктуры. При этом попытки проведения реформ, аналогичных сектору электроснабжения, ранее предпринимались. Так, в первой версии ФЗ «О теплоснабжении» (№ 190-ФЗ от 27.07.2010 г.) была предложена модель, аналогичная успешно работающим во многих скандинавских и европейских странах [Стенников, Пеньковский, 2019а]. Данная модель является результатом структурного подхода к регулированию отраслей естественной монополии и заключается в создании конкурентного сегмента – рынка генерации энергии. Регулируемым государством сегментом естественной монополии в таком случае остается деятельность по передаче тепловой энергии, которой занимается единая теплосетевая организация в виде «Единого закупщика», находящегося в частной или муниципальной собственности. Такая модель в целом была бы похожа на уже реализованную в секторе электроэнергетики.

Следует отметить, что одним из ключевых условий успешной реализации подобной модели, исходя из скандинавского опыта, является то, что теплоснабжающая организация, оперирующая на конкурентном рынке,

принадлежит не частной компании, а ассоциации потребителей или их представителям [Заединов, Пахомова, 2024; Djørup et al., 2021]. Это способствует согласованию интересов ключевых стейкхолдеров – потребителей, регуляторов и энергетических компаний – и повышению эффективности работы рынка, что выражается в снижении стоимости тепловой энергии для потребителей.

Однако, в 2017 году изменениями в ФЗ «О теплоснабжении» и разработанной Правительством РФ дорожной картой по внедрению целевой модели рынка тепловой энергии (Распоряжение Правительства РФ № 2655-р от 29.11.2017 г.; № 279-ФЗ от 29.07.2017 г.) была предложена другая пролоббированная крупными генерирующими компаниями модель [Стенников, Пеньковский, 2019а]. Данная модель подразумевает переход к Единой теплоснабжающей организации на базе крупных источников и тепловых сетей. Фактически такая модель предлагает формирование единой вертикально интегрированной монополии на локальном рынке, что в большинстве случаев означает дальнейшее пренебрежение интересами потребителей, снижая их рыночную власть.

Продолжающееся реформирование российского теплоснабжения нашло свое отражение не в структурном регулировании, а в изменении принципов ценообразования. Указанными выше нормативно-правовыми актами в 2017 году была предложена возможность устанавливать ценовые зоны с новым свободным ценообразованием по методу «альтернативной котельной» в границах муниципалитета и обязательствами инвестора по модернизации местной системы теплоснабжения. При этом принадлежащая инвестору организация получает статус ЕТО и фактически монопольные права на данной территории.

Министерство энергетики РФ заявило, что введение ценовых зон позволит привлечь в сектор теплоснабжения до 2,5 трлн руб. инвестиций, увеличить вклад в ВВП до 1,2 трлн руб., создать не менее 67 тыс. новых рабочих мест, увеличить налоговые поступления в бюджет на 1 трлн руб., а также снизить бюджетную нагрузку на субсидирование сектора на 150 млрд руб. [О модели «альтернативной котельной»]. По состоянию на начало 2023 года с 2019 года Минэнерго РФ одобрило 34 заявки от муниципалитетов из 17 регионов на создание ценовой зоны

«альтернативной котельной» с соответствующей ЕТО [Стенников, Пеньковский, 2023]. При этом, согласно Энергетической стратегии РФ, к 2035 году число регионов хотя бы с одной такой ценовой зоной должно вырасти до 65.

Ввиду долгосрочного характера инвестиций в энергетической отрасли пока что преждевременно оценивать результаты и эффективность подобного механизма привлечения частного финансирования. Однако многие эксперты уже сейчас утверждают, что установление тарифов по методу «альтернативной котельной» снижает эффективность теплофикации [Заренков, Досалин, Богданов, 2016; Невзгодина, Макарова, 2023; Стенников, Пеньковский, 2019а, б]. Напомним, что теплофикация, то есть совместная выработка тепловой и электрической энергии на ТЭЦ, позволяет значительно повысить эффективность генерации и является одним из стратегических направлений развития российской энергетики, отраженных в Энергетической стратегии РФ. Специалисты отмечают, что переход на тарификацию по методу «альтернативной котельной» с повышением цен на тепловую энергию в большинстве регионов не является необходимым для финансирования реконструкции систем теплоснабжения [Стенников, Пеньковский, 2023; Стенников, Пеньковский, 2019а]. В свою очередь повышение стоимости услуг теплоснабжающих организаций может оказывать неблагоприятное воздействие на домохозяйства с низким уровнем доходов [Демина, 2017; Стенников, Пеньковский, 2019а]. Таким образом, этот механизм привлечения средств в его текущем виде подразумевает перенос обязательств по финансированию модернизации систем теплоснабжения с бюджета на потребителей, что может привести к дополнительным рискам на фоне роста задолженности за ЖКУ в последние годы.

Попытка внедрить новый способ ценообразования была предпринята в связи с тем, что действующий затратный метод расчета тарифов не обеспечивает прибыльности компаний и тем более наличия у них инвестиционных средств на модернизацию, за что критикуется специалистами [Гагулина, Заединов, Янова, 2020; Стенников, Пеньковский, 2023; Терентьева, 2020]. В то же время потребность в капитальных затратах на реконструкцию и модернизацию изношенных основных

фондов в российском теплоснабжении можно оценить в размере 200 млрд руб. ежегодно, при этом фактически на это направление выделяется примерно 100-115 млрд рублей в год [Стенников, Пеньковский, 2023]. Определить достаточно точно потребность в инвестициях в энергетический сектор для реализации долгосрочных целей устойчивого низкоуглеродного развития, заявленных в СНУР РФ 2050, затруднительно ввиду отсутствия утвержденного Операционного плана (дорожной карты) реализации данной стратегии, который должен был быть принят еще в начале 2022 года. Тем не менее специалисты из ЦЭНЭФ XXI, ВТБ Капитал и Сбербанка оценивают объем необходимых инвестиций при реализации различных сценариев достижения полной или частичной декарбонизации российской экономики к середине века в размере от 56,5 до 481 трлн руб., из которых на энергетику, включая транспорт и нефтегазовый сектор, придется около 43-263 трлн руб., что эквивалентно вложениям в среднем 1,5-9,5 трлн руб. ежегодно [Гайда, Грушевенко, 2022]. Таким образом, проблема привлечения средств на модернизацию, а тем более на радикальное преобразование отрасли является одной из ключевых, особенно в устойчиво убыточном секторе теплоснабжения.

В целях решения проблем, связанных с поиском источников финансирования, экономической эффективностью и инвестиционной непривлекательностью сектора российское государство и ранее предпринимало определенные меры. Помимо уже упомянутого нового подхода к ценообразованию по методу «альтернативной котельной» еще ранее был запущен инвестиционный механизм, основанный на концессионных соглашениях.

Согласно Федеральному закону «О концессионных соглашениях» (N 115-ФЗ от 21.07.2005 г.), инвестор имеет возможность построить объект и осуществлять его эксплуатацию, получая прибыль в течение установленного срока, с последующей передачей объекта в собственность государства. Данный механизм получил широкое распространение в сфере ЖКХ – на этот сектор в последние годы стабильно приходится больше половины концессионных соглашений в стране [Информационно-аналитический обзор]. Однако, эксперты, в том числе представители ФАС и Минстроя РФ отмечают неоднозначность и

неэффективность системы концессий в России, которая в числе прочего позволяет оформлять такие соглашения без осуществления реальных инвестиционных вложений [Минстрой: более половины концессий...; ФАС в СМИ...]. Отмечается также слабый интерес частных инвесторов к концессионным соглашениям в сфере ЖКХ по причине недостаточной доходности возврата вложений из-за тарифных ограничений [Число заключенных в сфере ЖКХ...]. Согласно доступным данным, по результатам 2022 года объем предполагаемых инвестиций в проекты государственно-частного партнерства (ГЧП), в числе которых 422 частных концессионных инициативы и 399 конкурсов, составил около 665,5 млрд руб. При этом, объем инвестиций в ГЧП в коммунальном секторе (156,7 млрд руб.) заметно уступает инвестициям в социальную сферу (244 млрд руб.) и в транспортную инфраструктуру (296,3 млрд руб.). Совокупные инвестиции в проекты теплоснабжения составили 22,5 млрд руб., из которых на долю частных средств приходилось 19,4 млрд руб., что почти в 3 раза меньше совокупных инвестиций в проекты водоснабжения и водоотведения и в 5 раз меньше, например, инвестиций в проекты в области школьного образования [Основные тренды и статистика рынка ГЧП...].

Еще одним механизмом привлечения частных средств для модернизации сектора российского энергоснабжения и ЖКХ являются энергосервисные контракты, введенные Федеральным законом № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. Данный механизм позволяет включить в процесс обслуживания и преобразования энергетической инфраструктуры новых участников – представителей конкурентного рынка энергосервисных услуг. Подобные контракты позволяют обеспечить распределение выгоды от модернизации энергетической инфраструктуры, например, системы теплоснабжения, полученной за счет экономии затрат, между исполнителем контракта и потребителями. Согласно данным Минэкономразвития РФ, рынок энергосервисных контрактов в стране до последнего времени активно рос, за исключением просадки в «пандемийные» 2019 и 2020 годы. Так, в период с 2016 по 2021 год количество заключенных контрактов выросло с 683 до 989 ед., а их суммарная стоимость – с 8,4 млрд руб. до 57,5 млрд

руб., что означает практически семикратный рост [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2022]. В 2022 году суммарная стоимость заключенных контрактов снизилась до 17,4 млрд руб., а их количество – до 571 ед. [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2023]. Так как резкое сокращение объема энергосервисных контрактов в 2022 году вызвано скорее внешними факторами, то более репрезентативным для анализа структуры этого рынка представляется 2021 год.

Так, по состоянию на 2021 год, в количественном выражении 95,5% контрактов имели стоимость ниже 100 млн руб., и в стоимостном выражении их суммарная доля составляла около 12,7%, или 7,3 млрд руб. При этом в последние годы более 70% таких энергосервисных контрактов приходилось на объекты социальной сферы, еще 10-15% – на уличное освещение и 1,5-2,5% на объекты ЖКХ. [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2022]. Среди энергосервисных контрактов на сумму более 100 млн руб. преобладали объекты электроэнергетики (18 ед.) – на их долю пришлось в 2021 году 89,5% общей стоимости, а на объекты ЖКХ – только 1,7% или 877,4 млн руб.

Что касается направлений энергосберегающих мероприятий, то среди контрактов стоимостью менее 100 млн руб. около 90,9% приходилось на уличное, внутреннее и наружное освещение и на системы отопления зданий. В стоимостном выражении на системы отопления зданий приходилось 32,5%, или 2355,9 млн руб., на уличное освещение – 29%, или 2104,1 млн руб., и еще 28,3% на внутреннее и наружное освещение. Среди контрактов на сумму более 100 млн руб. 42,9% в количественном выражении приходилось на уличное освещение, 28,6% – на дизельные электростанции и ВИЭ и 22,9% – на системы учета электроэнергии. Причем стоимость 10 контрактов на дизельные электростанции и ВИЭ составила около 37721,2 млн руб., или 75,1% от суммарной стоимости всех крупных контрактов.

Таким образом, можно отметить, что система энергосервисных контрактов является достаточно жизнеспособной, о чем свидетельствует заметный рост данного рынка. Подобные контракты позволяют привлекать на нужды

модернизации энергетической инфраструктуры несколько десятков миллиардов рублей ежегодно. Более того, данное направление соответствует общемировой тенденции развития энергетики будущего, заключающейся в переходе от традиционных процессов генерации и передачи энергии к бизнес-моделям энергетических сервисов [Заединов, 2023а; Хитрых, 2021; Bean, Davies, 2020]. Этот механизм используется преимущественно наиболее экономически уязвимыми субъектами, такими как муниципальные организации, для реализации энергосберегающих мероприятий на социально-значимых объектах. Однако, на таких объектах энергосервисные контракты направлены на реализацию традиционных энергосберегающих мероприятий, таких как повышение эффективности использования энергии на нужды наружного и внутреннего освещения, автоматизация тепловых пунктов или утепление зданий. Необходимые для реализации энергоперехода радикальные преобразования, например, по переходу на ВИЭ имеют значительную долю в общей стоимости энергосервисных контрактов, но являются дорогостоящими и носят единичный характер.

Стоит также отметить, что несмотря на отдельные удачные решения, задача последовательной модернизации энергетической политики страны сохраняет свою актуальность. Большое значение в этом контексте имеет утверждение Энергетической стратегии до 2050 года, разработка которой в настоящее время завершается [Новак, 2024]. Напомним, что рынки электро- и теплоснабжения имеют тесную организационную, технологическую и экономическую взаимосвязанность в сегменте теплофикации. При этом, как отмечают специалисты, в нормативно-правовой базе государственного регулирования, включая профильные федеральные законы, вопросы согласования и совместной работы этих рынков до сих пор не рассматриваются [Стенников, Пеньковский, 2019а]. Более того, если целевой показатель по увеличению доли электроэнергии, выработанной по теплофикационному циклу, задан в Энергетической стратегии РФ как 40% к 2035 году, то по выработке тепловой энергии такой показатель отсутствует, хотя оба значения неразрывно взаимосвязаны.

Другим подобным примером является внесенная в 2022 году в числе изменений в ФЗ «О теплоснабжении» приостановка программы перевода существующих систем теплоснабжения на закрытую схему горячего водоснабжения, которая была принята в 2011 году. Это, по мнению экспертов, будет препятствовать технологическому развитию сектора теплоснабжения, а также переходу к конкурентным моделям рынка [Стенников, 2023; Стенников, Пеньковский, 2019а]. Напомним также, что большинство действующих ныне документов в области стратегического развития российской энергетики, включая главный – Энергетическую стратегию РФ – требуют актуализации и согласования с другими направлениями государственной политики, так как ограничены горизонтом планирования до 2035 года. В то же время климатическое регулирование, актуализированное в последние годы, и цели устойчивого низкоуглеродного развития страны ориентированы на 2050 (СНУР РФ 2050) или 2060 год (Климатическая доктрина РФ).

Выводы по главе 2

Объект данного исследования – российская теплоэнергетика – имеет большое структурное значение в экономике страны, поскольку использование электрической и тепловой энергии неизбежно в любом виде хозяйственной деятельности. Данная отрасль особо значима и в социальном аспекте, так как обеспечение людей тепловой и электрической энергией, а также горячим водоснабжением существенно влияет на благосостояние и качество жизни населения. Будучи крупнейшим эмитентом, обеспечивающим почти половину выбросов парниковых газов, теплоэнергетика играет ключевую роль и в достижении нашей страной целей устойчивого низкоуглеродного развития и сохранения конкурентоспособности на мировой арене в современном контексте противостояния человечества глобальным климатическим рискам.

В данной главе были получены следующие результаты по выполнению поставленных во введении задач изучения текущего состояния, особенностей и перспектив устойчивого развития российской теплоэнергетики в условиях энергоперехода:

Во-первых, как показано в п. 2.1 и 2.2, российская теплоэнергетика со времени распада СССР сохраняет ряд технико-экономических проблем, самыми значимыми из которых являются: недостаточная эффективность, нарастающий износ основных фондов и убыточность части компаний. Проведенный в главе отраслевой конкурентный анализ позволил выявить сегменты, в которых наиболее остро проявляются обозначенные проблемы: 1) рынок теплоснабжения, заметно уступающий по всем показателям эффективности электроснабжению; 2) совокупность компаний, находящихся в той или иной форме государственной собственности, среди которых доля убыточных выше, чем среди частных предприятий. Преобразованию этих сегментов целесообразно уделить особое внимание в процессе реформирования отрасли.

Во-вторых, полученные в п. 2.2 результаты показывают, что даже в таких условиях достижения российской теплоэнергетики в области энергосбережения,

повышения энергоэффективности, а также реструктуризации энергобаланса, позволили нашей стране значительно сократить выбросы парниковых газов для исполнения принятых климатических обязательств, с сохранением в отдельные периоды времени устойчивого экономического роста. Однако, потенциал декарбонизации за счет этих традиционных методов без реализации энергоперехода, внедрения систем распределенной энергетики, интегрирующих новые источники энергии с нулевыми углеродными выбросами, является ограниченным и, вероятно, практически исчерпан в нашей стране.

В-третьих, как показано в п. 2.3, в российской теплоэнергетике, особенно в теплоснабжении, необходимо завершить формирование институциональных рамок, способствующих эффективному функционированию сегментов отрасли как в условиях естественной монополии, так и на конкурентном рынке. Направляемые из бюджета средства не полностью покрывают потребность предприятий теплоэнергетики в обновлении основных фондов и модернизации инфраструктуры. Принимаемые меры, включая концессионные соглашения и тарифное регулирование по методу «альтернативной котельной», обладая стимулирующим потенциалом, нуждаются в определенной донастройке для привлечения необходимого объема инвестиций. Некоторые из этих мер не в полной мере соответствуют стратегическим целям отрасли, например, по увеличению доли теплофикации, что приводит к росту тарифов для потребителей. К числу результативных инструментов относятся энергосервисные контракты, которые целесообразно дополнить другими мерами, поддерживающими энергопереход и конкурентоспособность отрасли.

Для выхода на траекторию такого развития необходимы существенные капитальные вложения в модернизацию отрасли и улучшение ключевых показателей ее эффективности: энергетической безопасности, доступности и справедливого распределения энергоресурсов, а также экологической устойчивости (см. п. 1.2). Особенно остро стоит задача привлечения финансирования для радикальной модернизации отрасли, необходимой для реализации энергоперехода. Незавершенность реформирования естественно-

монопольных секторов российской теплоэнергетики, включая теплоснабжение, затрудняет координацию интересов ключевых стейкхолдеров, формирование у энергетических компаний стимулов к повышению эффективности своей деятельности и привлечение частного капитала.

Таким образом, в России назрела необходимость в последовательном преобразовании теплоэнергетики как в технологическом аспекте, так и в организационно-экономическом. В связи с этим, следующая глава данного исследования посвящена поиску эффективных путей технологического и организационного преобразования российской теплоэнергетики, а также разработке предложений по усовершенствованию и актуализации принципов регулирования этой отрасли, способствующих преодолению барьеров на пути к устойчивому низкоуглеродному развитию.

ГЛАВА 3. ПУТИ ПЕРЕХОДА К УСТОЙЧИВОМУ НИЗКОУГЛЕРОДНОМУ РАЗВИТИЮ РОССИЙСКОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

В ходе анализа динамики углеродоемкости экономики России в первые 30 лет после распада СССР были получены результаты, подтверждающие ключевую роль развития энергетического сектора в снижении выбросов ПГ в этот период (см. п. 2.2). Гильмундинов (2014) утверждает, что сокращение углеродоемкости ВВП в нашей стране с начала и до середины 2000-х годов в значительной степени является результатом интенсивного экономического роста, который, в свою очередь был обусловлен не развитием факторов производства, тем более низкоуглеродного, а внешними факторами, такими как: рост цен на сырьевых рынках, укрепление национальной валюты и положительный внешнеторговый баланс, подкрепляющий внутреннее потребление. В качестве следствия этого вывода многие специалисты полагают, что резервы устойчивого экономического роста со снижением углеродоемкости в России были временными и исчерпали себя еще в начале-середине 2010-х годов [Голуб и др., 2007; Dabrowski, 2023; Гильмундинов, 2014].

В то же время, наши исследования, а также исследования ряда коллег, показывают, что некоторые традиционные направления снижения углеродоемкости ВВП, а именно сокращение энергоемкости за счет энергосбережения и повышения энергоэффективности, сохраняют значительный потенциал декарбонизации в нашей стране и как минимум не препятствуют росту экономики [Башмаков, 2020; Пахомова, Заединов, 2024; Стенников, 2023]. Более того, данное направление позволит России в среднесрочной перспективе не только выполнить, но и превзойти текущие климатические обязательства, сохранив конкурентоспособность и репутацию экологически ответственного государства на международной арене.

Однако, резерв декарбонизации за счет энергосбережения и повышения энергоэффективности имеет свои ограничения и со временем исчерпывается. В связи с чем данная глава продолжает проведенный в главе 2 анализ возможных результативных направлений вывода российской теплоэнергетики на траекторию

устойчивого низкоуглеродного развития. На основе систематизации изученных направлений предложен авторский комплексный подход к трансформации отрасли в процессе энергетического перехода. В данном варианте отражены целевые индикаторы, распределение обязанностей и стимулов среди ключевых стейкхолдеров, а также прогнозируемые результаты и сроки их достижения, сопоставленные с целевым сценарием Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов. Заключительная часть главы посвящена разработке предложений по усовершенствованию и актуализации энергетической политики и принципов регулирования российской теплоэнергетики, способствующих преодолению барьеров на пути к устойчивому низкоуглеродному развитию отрасли и страны в целом.

3.1. Выявление наиболее целесообразных для России методов и подходов к осуществлению энергетического перехода и их адаптация

Напомним о достаточно распространенной концепции «Трех D», согласно которой реализация энергетического перехода осуществляется по трем ключевым направлениям: декарбонизация, децентрализация и диджитализация. Кроме того, эффективное преобразование энергетической отрасли в актуальных условиях подразумевает согласование с целями и принципами концепции устойчивого развития. Такое согласование может быть обеспечено при трансформации энергетики в соответствии с моделью Энергетической трилеммы, подразумевающей развитие отрасли в трех измерениях: энергетической безопасности, справедливом распределении энергоресурсов и экологической устойчивости (см. п. 1.2).

Анализ профильной литературы показывает, что перспективы децентрализации российской энергетики в настоящее время скорее противоречат целям и принципам устойчивого развития. В российской науке и нормативной базе нет четкого определения децентрализации, а ее целесообразность является дискуссионной [Маркова, Чурашев, 2020]. Децентрализацию можно трактовать как рост числа маломощных источников энергии и сокращение доли

централизованного энергоснабжения, что, по мнению экспертов, снижает эффективность и надежность системы, увеличивает выбросы ПГ и повышает цены для потребителей [Семикашев, Терентьева, 2024; Стенников, Пеньковский, 2023; Терентьева, 2020]. Пример "котельнизации" подтверждает негативные последствия этого подхода. Такие страны, как Дания и Норвегия, достигли значительных успехов в повышении эффективности своих энергосистем, сохранив их централизованную инфраструктуру [Заединов, Гагулина, 2021; Цирулева, 2019; *Fostering Effective Energy Transition*. 2021 Ed.]. Кроме того, децентрализация противоречит заложенным в Энергетической стратегии РФ целям увеличения доли централизованных теплофикационных установок в энергоснабжении страны.

Важно отметить, что децентрализация не является целью ни в одном из ключевых документов энергетической и климатической политики России, а также в экспертных сценариях декарбонизации российской энергетики и достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития [Башмаков и др., 2023; Гайда, Грушевенко, 2022; Порфирьев и др., 2022]. Более разумным представляется оптимизация распределения нагрузки между источниками энергии, включая ВИЭ, без наращивания изолированных маломощных объектов [Маркова, Чурашев, 2020]. Малая децентрализованная генерация может быть целесообразна и эффективна только в специфических условиях, например, в новостройках или удаленных районах. [Маркова, Чурашев, 2017]. Таким образом, децентрализация исключена из числа ключевых направлений преобразования российской теплоэнергетики в ходе энергетического перехода и достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития страны.

Согласно целевому сценарию Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов, главная роль в достижении поставленных климатических целей отводится поглощению ПГ сектором ЗИЗЛХ. К 2050 году планируется более чем двукратное увеличение этого показателя – до 1200 млн т CO₂-экв. В то же время планируется минимальное сокращение осуществляемых выбросов. Такой фокус на землепользование и лесное хозяйство критикуется некоторыми специалистами за

его необоснованность, а также высокую степень неопределенности результатов и рисков [Башмаков и др., 2023]. Тем не менее представляется целесообразным включить в перечень ключевых комплементарных направлений достижения устойчивого низкоуглеродного развития и поглощение ПГ, которое хоть и выходит за рамки энергетической отрасли, но является центральным объектом внимания в принятых стратегических документах.

Таким образом, в число приоритетных направлений реализации энергоперехода и достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития в России автором были включены следующие: (1) энергосбережение, повышение энергоэффективности и (2) дальнейшая диверсификация энергобаланса, включая распространение безуглеродных источников энергии, частично рассмотренные в п. 2.2; (3) декарбонизация на основе различных методов секвестрации (поглощения) ПГ; (4) цифровая трансформация энергетической отрасли и (5) вовлечение потребительской стороны в процесс реализации энергоперехода. Далее представлен подробный обзор и анализ данных направлений с точки зрения потенциала их реализации в нашей стране.

Секвестрация парниковых газов как один из способов исполнения климатических обязательств

Так как основные два направления преобразования российской энергетики – энергосбережение, повышение энергоэффективности и диверсификация источников энергии – уже были рассмотрены в п. 2.2, то приступим к исследованию особенностей следующего направления, подразумевающего значительное поглощение парниковых газов естественными и искусственными системами. В профильной литературе деятельность компаний в этом направлении и соответствующие проекты уже относят к новой формирующейся отрасли экономической деятельности – секвестрационной индустрии. В развитых странах эта отрасль уже обладает свойственным индустриям набором элементов: от коммерчески целесообразного процесса производства продукции (углеродных единиц) определенными агентами до ее реализации на соответствующих рынках.

В работе [Заединов, Пахомова 2023b] выполнен обзор и анализ перспектив секвестрационной индустрии в России, а также барьеров, стоящих на пути ее развития в нашей стране. В общем случае основные направления этой принципиально новой отрасли экономики можно разделить на три группы: (1) технологическое, (2) геологическое и (3) биологическое [Carbon Sequestration...; Nanda et al., 2016]. Первые два направления традиционно реализуются совместно в виде CCUS-проектов (Carbon Capture, Utilization and Storage), подразумевающих улавливание углекислого газа в промышленных процессах, например, при сжигании топлива, и его последующей транспортировке для использования при создании определенных продуктов или услуг, или для постоянного хранения в геологических формациях, например, истощенных месторождениях полезных ископаемых [Технологии улавливания...]. Биологическое направление подразумевает поглощение углекислого газа природными экосистемами: растениями, океаном и почвой. К наиболее распространенным методам биологического улавливания ПГ относятся, во-первых, культивация водорослей, растений и бактерий для производства биотоплива и, во-вторых, восстановление и поддержание природных экосистем, поглощающих углерод – так называемое карбоновое земледелие (carbon farming) [Битва за климат...].

CCUS-технологии являются достаточно распространенными в настоящее время. Наиболее коммерчески эффективный пример – улавливание и закачка углекислого газа в пласт для повышения нефтеотдачи (CO₂-EOR). Закономерно, что в России, обладающей большим количеством месторождений и, соответственно, нефтегазовых компаний, данная технология также получает все более широкое распространение. Такие гиганты индустрии как «Новатэк», «Роснефть», «Татнефть» и «Газпром нефть» уже заявили о намерении реализовывать CCUS-проекты в своей деятельности [Технологии улавливания...]. Кроме того, отметим тенденцию сотрудничества между нефтегазовыми и металлургическими компаниями, например, «Новатэк» и «Северсталь», НЛМК и «Газпром нефть», в части улавливания CO₂ и его использования для производства «голубого» водорода.

Биологическое направление в нашей стране представлено преимущественно лесо- и агроклиматическими проектами, однако становление полноценной секвестрационной индустрии и карбонового земледелия находится все еще на начальном этапе. Так как данное направление является принципиально новым и малоизученным видом хозяйственной деятельности, его интеграции в экономическую систему страны предшествует ряд предварительных этапов. В том числе речь идет о формировании и развитии при активной государственной поддержке на базе научных центров и университетов особых территорий с определенными природно-климатическими условиями – карбоновых полигонов, главная задача которых состоит в проведении экспериментов по мониторингу потоков парниковых газов, а также по оценке поглощающей способности естественных экосистем. В нашей стране данный процесс начался в феврале 2021 года с запуска пилотного двухлетнего эксперимента по Приказу Минобрнауки России от 05.02.2021 г. № 74. По состоянию на 2023 год в России действовало 17 карбоновых полигонов общей площадью более 39 тыс. Га, а для охвата всех репрезентативных экосистем страны их должно быть сформировано не менее 80 [Карбоновые полигоны Российской Федерации]. Стоит отметить, что несмотря на государственную поддержку такие проекты в настоящее время сталкиваются с проблемами в части доступа к технологиям и финансированию, высокими административными барьерами и нарушением сотрудничества с зарубежными партнерами [Карбоновые полигоны России...]. Есть основания полагать, что часть этих проблем можно решить за счет привлечения бизнеса к совместной реализации карбоновых полигонов и далее – карбонового земледелия.

Источники тепловой и электрической энергии большой мощности, такие как ТЭЦ, осуществляют достаточно большой объем выбросов ПГ. При этом их резерв сокращения выбросов за счет повышения эффективности использования топлива ограничен технологически. В таком случае энергетические компании могут быть заинтересованы либо в участии в CCUS или климатических проектах, либо в инвестировании в подобные проекты с целью приобретения полученных на них дополнительных углеродных единиц. Интерес энергетических компаний в обоих

вариантах обусловлен двумя обстоятельствами: (1) национальным регулированием выбросов ПГ и санкциями за превышение допустимых норм и (2) спросом на чистую энергию со стороны промышленных потребителей, например компаний-экспортеров, попадающих под трансграничное углеродное регулирование (см. п. 1.3).

Цифровая трансформация энергетической отрасли как фактор устойчивого низкоуглеродного развития

В концепции «Трех Д», описывающей ключевые направления современного энергоперехода, именно цифровая трансформация (диджитализация) является связующим звеном, так как передовые цифровые технологии дают возможность интеграции в традиционные энергосистемы принципиально новых децентрализованных источников энергии, в том числе низко- или безуглеродных, обеспечивая эффективное распределение энергии между всеми поставщиками и потребителями. При этом отмечается, что цифровая трансформация открывает для возобновляемой энергетики гораздо больше возможностей, чем для традиционной [Баринова, Девятова, Ломов, 2021]. Традиционные энергетические компании, напротив, из-за своей инертности зачастую не могут извлечь ощутимой выгоды от внедрения цифровых технологий [Booth, Patel, Smith, 2020], что приводит к потере конкурентоспособности как из-за технологического отставания, так и ввиду появления конкурентов, реализующих принципиально новые бизнес-модели. Поэтому, в условиях радикальных преобразований энергетической отрасли осуществление цифровой трансформации для энергетических компаний является не просто фактором оптимизации внутренних процессов, но залогом выживания и сохранения конкурентных позиций.

Специалисты выделяют ряд ключевых цифровых технологий, определяющих будущее развитие энергетики и обеспечивающих реализацию энергоперехода, которые условно можно разделить на три группы [Хитрых, 2021; Bean, Davies, 2020; Innovation landscape brief...]: (1) *Интернет вещей и робототехника* позволяют достичь продвинутой автоматизации и оптимизации в управлении энергосистемой, а также повысить эффективность, экономичность и надежность

обслуживания энергетического оборудования и объектов инфраструктуры [Заединов, Гагулина, 2020]; (2) *Искусственный интеллект и большие данные* открывают возможности точного прогнозирования спроса и эффективного управления процессами производства и распределения энергии, а также мониторинга состояния энергооборудования в реальном времени для предупреждения аварийных ситуаций; (3) *Блокчейн-технологии* позволяют сократить транзакционные издержки и минимизировать число посредников, что значительно ускоряет проведение любых транзакций, обеспечивая при этом их надежность и сохранность передаваемых данных.

Как было отмечено в первой главе, в текущем энергетическом переходе заметную роль играют не только технологические инновации, но также процессные и организационные. Это касается и цифровой трансформации, которая приводит к возникновению новых бизнес-моделей на энергетическом рынке. Так, специалисты выделяют следующие перспективные бизнес-модели в электроэнергетике [Хитрых, 2021; Bean, Davies, 2020]. *Виртуальная энергетическая компания* собирает энергию из различных источников и является посредником между поставщиками и потребителями. *Разработчик энергосистемы* занимается непосредственно разработкой, конструированием, эксплуатацией и обслуживанием линий электропередачи, которые, в свою очередь, объединяют децентрализованные источники энергии с операторами распределительных систем. *Сетевой менеджер* управляет распределительными устройствами и предоставляет доступ к своим сетям компаниям, занимающимся производством и транспортировкой энергии.

Также отмечается, что в новых реалиях функционирования энергетического рынка большую значимость приобретают сервисы, нежели производство оборудования или сама генерация энергии [Bean, Davies, 2020]. Компании ABB, Siemens, Schneider и другие, занимающиеся промышленной автоматизацией, расширяют свое предложение, переходя к цифровым сервисам, направленным на обеспечение кибербезопасности, мониторинг предприятия и оптимизацию внутренних процессов. Энергетические компании все чаще пользуются услугами

промышленных облачных сервисов, предоставляемыми цифровыми гигантами, такими как Google, Amazon и Microsoft [Lotze, 2019]. Такие облачные сервисы позволяют энергетическим компаниям оптимизировать и выводить на новый уровень процессы сбора, хранения и обработки больших объемов данных, а также взаимодействия с потребителями.

Российские власти активизировали усилия по цифровой трансформации в энергетическом секторе с середины 2010-х годов. Так, в 2016 г. в рамках Национальной технологической инициативы была принята дорожная карта «Энерджинет» [Энерджинет]. Данное направление ориентировано на обеспечение занятия лидирующих позиций на мировых энергетических рынках отечественными компаниями, а также на формирование в стране инфраструктуры Интернета энергии. Действующая Энергетическая стратегия РФ 2035 отражает основные аспекты цифровизации отрасли, но без представленных ранее цифровых инноваций и новых бизнес-процессов. В данной стратегии также не отражены целевые показатели цифровизации энергетики. Наиболее актуальной является концепция Стратегического направления в области цифровой трансформации ТЭК, утвержденная Распоряжением Правительства РФ № 3924-р от 28.12.2021 г. В данной концепции отражена необходимость внедрения описанных выше технологий, обозначены цели, задачи, вызовы и приоритеты цифровой трансформации ТЭК в нашей стране, а также представлены пять проектов: (1) «Активный потребитель», (2) Цифровой ассистент «Моя энергетика», (3) «Данные для роста – искусственный интеллект», (4) «Роботизация в нефтегазовом комплексе» и (5) «Цифровая промышленная безопасность». Как можно отметить, данные проекты действительно отражают актуальные тренды энергоперехода, а часть из них направлены непосредственно на сектора энергоснабжения. Однако, эта концепция ограничивается краткосрочным горизонтом планирования до конца 2024 года и содержит целевые показатели приоритетных проектов только в части снижения расходов потребителей энергии, количества пилотных регионов, внедривших новые цифровые сервисы, а также в части разработки нормативно-

правового обеспечения внедрения таких инноваций, как технологии больших данных.

Что касается российского бизнеса, то крупные нефтегазовые компании, такие как «Газпромнефть», «Роснефть», «Татнефть» и «Лукойл», в последнее время активно реализуют цифровую трансформацию деятельности, внедряя передовые цифровые технологии, включая: цифровые двойники, цифровые месторождения, мониторинг состояния оборудования и прогноз отказа с помощью ИИ, дрон-мониторинг и цифровой персонал [Барина, Девятова, Ломов, 2021; Хитрых, 2021]. В секторе электроэнергетики можно наблюдать преимущественно оцифровку традиционных бизнес-процессов и продолжение автоматизации без радикальных трансформаций. В качестве исключения можно отметить госкорпорацию «Росатом», чья стратегия цифровой трансформации подразумевает не только радикальные преобразования существующих процессов, что уже в значительной степени достигнуто, но создание инновационных продуктов и занятие только формирующихся рыночных ниш [Цифровое видение 2030]. В секторе теплоснабжения значительных результатов внедрения продвинутых цифровых технологий, как и решительных планов по их внедрению, не наблюдается. Цифровизацию возобновляемой энергетики также целесообразно включить в число приоритетных задач развития теплоэнергетики как на макро- так и на микроуровне [Заединов, 2023а].

Несмотря на активизацию государственной политики и достижения крупных компаний в части цифровизации энергетики, Россия занимает только 39 место в рейтинге Энергетической трилеммы (см п. 1.2) [World Energy Trilemma 2024]. Наша страна имеет сопоставимые с лидерами рейтинга показатели, характеризующие доступность энергетических ресурсов, но заметно уступает в части экологической устойчивости и эффективности хранения энергии.

Убыточные и субсидируемые компании из секторов электро- и особенно теплоснабжения испытывают недостаток средств для активной цифровой трансформации (см. п. 2.1). Ограничивает возможности для цифровой трансформации российской теплоэнергетики и необходимость импортозамещения

ключевых технологий. Так, в различных направлениях энергетической отрасли доля российского программного обеспечения и автоматизированных систем управления еще пару лет назад составляла от 1 до 15% [Рахимов, 2022]. Однако, как было отмечено в п. 1.3, отечественные производители успешно решают задачи локализации производства энергетического оборудования, включая технологии возобновляемой энергетики. То же относится и к последовательно проводимой замене программного обеспечения на отечественное [Петров, 2025].

Вследствие этого в настоящий момент критически важной является задача импортозамещения передовых цифровых технологий и поиска новых зарубежных партнеров, что также требует активных действий со стороны государства.

Вовлечение потребительской стороны в процесс реализации энергоперехода

Ранее в данной работе, а также в исследованиях специалистов обращалось внимание на то, что в ходе прежних реформ и в рамках текущего регулирования российской теплоэнергетики прослеживается пренебрежение и противоречие интересам потребителей [Ильин, 2021; Стенников, Пеньковский, 2019b]. Соответственно, не реализуется и возможность активного включения потребительской стороны в процесс преобразования отрасли. Представленные выше пути реализации энергоперехода и достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития также относятся преимущественно к предприятиям. Вследствие данной ситуации эти методы ограничены интересами компаний или требованиями, предъявляемыми к ним государством. В то же время, согласно концепции устойчивого развития (см п. 1.1) и авторской схеме энергоперехода (см п. 1.2), эффективные преобразования энергетической отрасли, способствующие сохранению экономического развития и исполнению национальных климатических обязательств, возможны только при реализации комплексного подхода, подразумевающего активное вовлечение всех заинтересованных сторон, включая общество и индивидов.

Вышесказанное позволяет считать обоснованным дополнение предложенных направлений реализации энергоперехода в России еще одним – вовлечением потребительской стороны. Такие страны как Германия и Япония, например,

достаточно давно начали принимать активные действия по распространению проэкологических принципов, норм и ценностей среди своих граждан, чему посвящены отдельные разделы соответствующих стратегических документов [Climate Action Plan 2050; The Long-Term Strategy...]. Эксперты Международного энергетического агентства отмечают, что по некоторым направлениям вклад поведенческих изменений в достижение углеродной нейтральности сопоставим с вкладом низкоуглеродных технологий или видов топлива [Net Zero by 2050...]. В связи с этим в России также целесообразно обратить внимание на данное направление и включить его в комплексную стратегию преобразования энергетики и низкоуглеродного развития страны.

В подобные стратегические программы включается комплекс мероприятий, направленных на формирование проэкологичного поведения у потребителей, которое подразумевает смещение потребительских предпочтений в сторону более экологических товаров, экономии топлива, энергосбережения, сортировки бытовых отходов, вторичного использования продукции, совместного использования товаров и других действий, способствующих сокращению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Такие мероприятия разрабатываются на базе достижений теории и практики поведенческой экономики, которая, в свою очередь, основывается на положении об ограниченной рациональности человеческого поведения [Kahneman, Tversky, 1979; Канеман, 2018]. Прикладные методы поведенческого воздействия, в том числе в целях формирования проэкологичного поведения наиболее полно представлены в концепции «подталкивания» (nudging) Р. Талера. Она подразумевает формирование (архитектуру) таких условий выбора, которые способствуют принятию человеком оптимальных для него и по возможности общественно полезных решений, даже если изначально этот человек не склонен или не способен их принять или распознать [Thaler, Sunstein, 2009; Беянин, 2018; Талер, 2017]. К основным общим чертам и главным преимуществам методов поведенческого подталкивания относят следующие: (1) использование знаний об особенностях экономического поведения людей, с одной стороны, реагирующих на стимулы, а с

другой стороны, подверженных поведенческим искажениям и сдвигам; (2) привнесение в результате использования подобных методов очевидной и значительной общественной пользы и повышение качества жизни людей; (3) отсутствие необходимости в значительных вложениях; (4) отсутствие прямого принуждения и нарушения принципов свобод индивида [Белянин, 2018]. Иными словами, поведенческое подталкивание является инструментом мягкой силы, направленным на повышение общественного благосостояния при минимальных издержках.

Основанные на положениях поведенческой экономики и методах подталкивания практические мероприятия, реализуемые уже несколько десятилетий в разных странах показывают, что за счет предоставления детализированной обратной связи об энергопотреблении, изложенной в доступной форме, сопровождающейся полезными практическими советами, а также дающей возможность сравнивать свои результаты с другими потребителями, можно при минимальных издержках добиться повышения энергосбережения среди домохозяйств в среднем на 2-4%, а в отдельных случаях и до 10% [Allcott, 2011; Buckley, 2020; Changing energy behaviour...; Ruokamo et al., 2022; Kažukauskas, Broberg, Jaraitė, 2021]. Именно эти конкретные меры являются наиболее распространенными и эффективными при формировании у потребителей проэкологичного поведения в части более экологически ответственного энергопотребления. Соответственно, реализацию таких мероприятий можно считать обоснованной и целесообразной в ходе преобразования российской теплоэнергетики в целях обеспечения устойчивого низкоуглеродного развития страны.

Что касается России, то в отечественной научной периодике в последние годы начали появляться работы, посвященные исследованию потенциала прикладной реализации методов поведенческой экономики для формирования проэкологичного поведения у населения, например, в части побуждения к разделительному сбору бытовых отходов [Ермолаева, 2023; Роженцова, Третьякова, Шимановский, 2023]. В российской энергетической политике также начинает

приниматься во внимание важность взаимодействия с потребителями. В Стратегическом направлении в области цифровой трансформации ТЭК проекты «Активный потребитель» и «Цифровой ассистент «Моя энергетика» подразумевают формирование некоторой основы управления потребительским спросом на энергию и взаимодействия с потребителями в рамках единого и доступного коммуникационного окна. Однако, возможность использования данной основы для формирования проэкологичного поведения и, в частности, побуждения к энергосбережению в данных проектах не обозначена. В число задач комплексной государственной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» (Постановление Правительства РФ № 1473 от 09.09.2023 г.) включена реализация механизмов, ориентированных на популяризацию энергосбережения и повышения энергоэффективности как среди граждан, так и для бизнеса, а также необходимость организации просветительской деятельности и социальной рекламы в части энерго- и ресурсосбережения.

3.2. Обоснование комплексного подхода к трансформации российской теплоэнергетики в условиях энергоперехода

При изучении путей эффективных структурных преобразований в контексте устойчивого развития и энергоперехода как страны в целом, так и энергетической отрасли, в частности, широко распространенным является сценарный подход. Государственные стратегии, включая СНУР РФ 2050, строятся на сопоставлении целевого сценария с другими, например, базовым или негативным. Сценарии декарбонизации российской экономики и энергетики разрабатывают аналитические центры, включая Институт народохозяйственного прогнозирования РАН, ЦЭНЭФ XXI и Центр энергетики МШУ Сколково [Башмаков и др., 2023; Гайда, Грушевенко, 2022; Порфирьев и др., 2022]. В научной периодике также опубликованы работы, посвященные разработке и сопоставлению макросценариев развития российской энергетики в актуальных внешних условиях с учетом их возможных перемен в будущем [Ветрова, Пахомова, Рихтер, 2023]. Данное диссертационное исследование встает в ряд с этими работами, заполняя некоторые

оставшиеся в них пробелы благодаря взгляду на объект и проблематику исследования с другого ракурса и иной расстановке акцентов. В частности, в настоящей работе делается акцент на секторе теплоснабжения при учете его тесной взаимосвязи с электроснабжением, а также впервые в число направлений достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития России включено комплексное применение методов поведенческого подталкивания к энергосбережению.

Ранее, в п 2.2 и 3.1, были предложены наиболее целесообразные направления преобразования российской теплоэнергетики в условиях энергоперехода, обеспечивающие эффективное достижение целей устойчивого низкоуглеродного развития отрасли и страны в целом. Далее представлен прогнозный анализ комплексного варианта, сбалансированно сочетающего эти направления, с точки зрения оценки потенциала экономического, экологического и социального эффектов.

Потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности

Наиболее надежным и доступным направлением преобразования российской теплоэнергетики, обеспечивающем экономически эффективное и притом значительное сокращение выбросов парниковых газов является энергосбережение и повышение энергоэффективности (см. п. 2.2) [Башмаков, 2020; Порфирьев, Широков, Колпаков, 2020; Стенников, 2023]. Целенаправленные усилия по реализации данного направления в нашей стране стали предприниматься еще во второй половине 2000-х годов, однако, как показали результаты авторского исследования на основе данных МЭА, заявленные цели по снижению энергоемкости экономики страны на 40% к 2020 году были выполнены только наполовину [Пахомова, Заединов, 2024; World Energy Balances]. В связи с этим в комплексной государственной программе «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» актуализирована цель по снижению энергоемкости российского ВВП на 35% к 2035 году относительно уровня 2019 года (Постановление Правительства РФ № 1473 от 09.09.2023 г.). Согласно проекту

Операционного плана СНУР РФ 2050, в 2019 году на теплоэнергетику (производство электрической и тепловой энергии, а также ЖКХ) приходилось 905,4 млн т CO₂-экв [Степанова, 2022]. Пропорциональное снижению энергоемкости ВВП на 35% сокращение выбросов ПГ, с учетом абсолютного роста энергопотребления, составит около 394,41 млн т CO₂-экв. Тогда это направление декарбонизации экономики почти на 36,5% превысит показатель сокращения выбросов ПГ к 2050, установленный целевым сценарием СНУР РФ 2050 в размере 289 CO₂-экв.

Ежегодные доклады Минэкономразвития России содержат примеры наилучших практик в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в различных энергоемких секторах экономики. Это дает возможность проанализировать эффективность таких мероприятий и сроки реализации (см. таблицу 7).

Таблица 7. Наилучшие практики в области энергосбережения и повышения энергоэффективности [Составлено автором на основе Государственных докладов о состоянии энергосбережения..., 2021, 2022, 2023]

Мероприятия	Стоимость реализации	Ожидаемый срок окупаемости
Электроэнергетика		
Внедрение ИИ и автоматизация оборудования на объектах электроснабжения	От 0,05 млн до 1,6 млрд руб.	От 1 до 7,5 лет
Модернизация внутреннего освещения	От 2,2 до 4,2 млн руб.	От 2 до 5,5 лет
Модернизация наружного и уличного освещения	От 9,5 до 541,2 млн руб.	От 4 до 8 лет
Капитальный ремонт, техническое перевооружение, реконструкция или модернизация основного энергетического оборудования (турбины, парогенераторы, нагнетатели и т.д.)	От 10,3 до 174,5 млн руб.	От 1,4 до 9 лет
Модернизация вспомогательного энергетического оборудования (трансформаторы, системы охлаждения и т.д.)	От 0,15 до 20 млн руб.	От 2,5 до 13,2 лет
Строительство или внедрение генерирующих мощностей на базе	От 1 до 144,5 млн руб.	От 7 до 10 лет

ВИЭ (например, солнечных электростанций)		
Теплоснабжение		
Переход на инновационные, эффективные и автоматизированные объекты генерации (блок-модульные котельные или ТЭЦ)	От 6,6 до 277,4 млн руб.	От 2 до 9 лет
Капитальный ремонт, техническое перевооружение, реконструкция или модернизация основного энергетического оборудования (котлоагрегатов, теплообменных аппаратов и т.д.)	От 1 до 344 млн руб.	От 4 до 8 лет
Монтаж приборов учета, систем мониторинга и автоматического регулирования в системах теплоснабжения	От 0,4 до 120 млн руб.	От 1 до 5 лет
Автоматизация оборудования на объектах теплоснабжения (тепловые пункты, узлы и т.п.)	От 0,8 до 291,2 млн руб.	От 2,5 до 7 лет
Реконструкция тепловых сетей	От 4,6 до 59,4 млн руб.	От 2 до 9 лет
Строительство или внедрение генерирующих мощностей на базе ВИЭ (тепловые насосы, геотермальные станции и т.п.)	От 1 до 34,6 млн руб.	От 3 до 14 лет

Можно дать следующую общую характеристику наилучшим практикам в области энергосбережения и повышения энергоэффективности в секторах российской теплоэнергетики, представленным в таблице 7. В электроэнергетике наиболее распространенными мероприятиями являются модернизация наружного и уличного освещения, а также капитальный ремонт, техперевооружение, реконструкция или модернизация основного энергетического оборудования, такого как турбины и парогенераторы. В теплоснабжении примерно в равной степени представлены как проекты по переходу на автоматизированные блок-модульные котельные, так и капитальный ремонт, техперевооружение, реконструкция или модернизация основного энергетического оборудования (преимущественно котлов), а также автоматизация различного оборудования в теплоснабжающих системах. Внедрение ВИЭ в обоих секторах представлено единичными локальными проектами, зачастую мобильными, предназначенными для удаленных территорий, например, на Сахалине.

Стоимость реализации проектов варьируется от сотен тысяч до сотен миллионов рублей в зависимости от их масштаба. Прямой эффект в части декарбонизации энергетики от реализации подобных проектов оценить затруднительно, так как сокращение выбросов ПГ зачастую не является основной целью их реализации и, следовательно, ожидаемым эффектом. Однако, стоит отметить, что общим для большинства мероприятий в области энергосбережения и повышения энергоэффективности является то, что их срок окупаемости составляет менее 10 лет (а для примерно половины из них – менее пяти лет). Это дает основания расценивать подобные проекты в качестве кратко- и среднесрочных при изучении или разработке комплексных долгосрочных программ реализации энергоперехода в России.

Приблизительная стоимостная оценка потенциального эффекта от снижения энергоемкости ВВП на 35% за счет реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности в российской теплоэнергетике может быть выполнена двумя способами. Во-первых, учитывая, что расходы на топливо составляют около 60% всех расходов как в тепло-, так и в электроснабжении [Доклад о состоянии теплоэнергетики...; Терентьева, 2020], экономия от сокращения этих расходов на 35% составит почти 21% от всех расходов. Используя данные СПАРК-Интерфакс о себестоимости тепловой и электрической энергии [СПАРК-Интерфакс], такую экономию для компаний в секторах тепло- и электроснабжения можно оценить в размере 1658,1 млрд рублей.

Во-вторых, можно допустить полноценное функционирование рынка углеродных единиц. Текущая цена, составляющая по последним торгам на рынке 700 руб. за 1 УЕ (1 т CO₂-экв), является недостаточной для обеспечения коммерческой целесообразности деятельности по генерации углеродных единиц с целью последующей продажи (см. п. 1.3). Поэтому в данной работе в качестве минимально допустимой принята цена в 1000 руб. за 1 УЕ, которая имела место на первых тестовых торгах углеродными единицами, реализованными в ходе Сахалинского эксперимента [Кузнецов, 2022]. Тогда реализация мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, приводящих к

сокращению выбросов ПГ на 394,41 млн т CO₂-экв, может быть оценена соответственно в 394,41 млрд руб., которые могли бы получить энергоснабжающие компании в качестве дохода от продажи УЕ. Однако, следует отметить, что данная оценка является весьма условной, так как цены на углеродные единицы, равно как и спрос на них на российском рынке, нестабильны.

В таком случае суммарная коммерческая выгода при полном раскрытии потенциала энергосбережения и повышения энергоэффективности в России составит около 2,05 трлн руб. Это сопоставимо с рассмотренным в п. 2.3 с потенциальным эффектом от введения механизма ценовых зон, который, напомним, оценивается Минэнерго как увеличение вклада в ВВП на 1,2 трлн руб., а налоговых поступлений – на 1 трлн руб. [О модели «альтернативной котельной»], а также с минимальной оценкой объемов ежегодных инвестиций в преобразование энергетики, необходимых для достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития [Гайда, Грушевенко, 2022].

Таким образом, в актуальных условиях развития углеродного регулирования (особенно торговли углеродными единицами) проекты в области энергосбережения и повышения энергоэффективности обладают не только значительным экономическим потенциалом в среднесрочной перспективе, оцениваемым в сотни миллиардов рублей, но и существенным резервом сокращения выбросов ПГ в сотни миллионов тонн CO₂-экв. Это делает подобные проекты более привлекательными для инвесторов, заинтересованных в снижении своего углеродного следа, например, от основной деятельности.

Потенциал дальнейшей диверсификации структуры первичных источников энергии

В работе [Пахомова, Заединов, 2024] с использованием эконометрических методов было показано, что значительная доля сокращения углеродоемкости экономики России в прошедшие три десятилетия была обеспечена изменениями в структуре первичных источников энергии в сторону менее углеродоемких и безуглеродных, включая газ, атомную и гидроэнергию. Для оценки потенциала дальнейшей декарбонизации российской энергетики рассмотрим прогнозную

структуру генерации электроэнергии в России на период до 2050 года, представленную в проекте Операционного плана СНУР РФ 2050 (рис. 10).

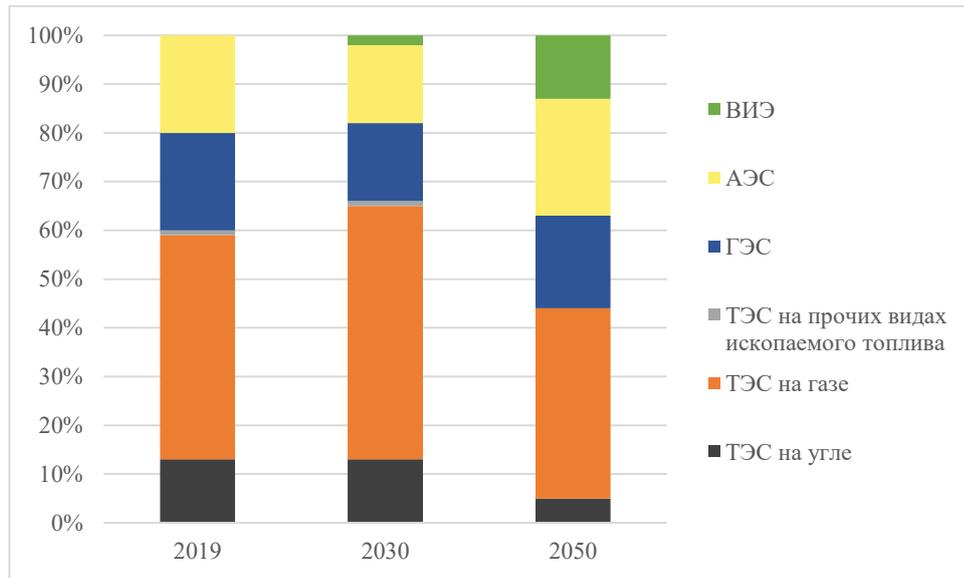


Рисунок 10. Прогноз изменения структуры генерации электроэнергии в России в 2030 и 2050 году [Составлено автором на основе Степанова, 2022]

Как можно видеть на рисунке 10, в нашей стране планируется дальнейшее смещение структуры источников электроэнергии в сторону низкоуглеродных источников, в результате чего к 2030 году на долю угля в генерации энергии должно приходиться 13%, газа – 52%, атомной и гидроэнергии – по 16% и 2% – на ВИЭ, а использование иного ископаемого топлива планируется свести к минимуму. К 2050 году доля угля должна быть снижена до 5%, природного газа – до 39%, доля атомной и гидроэнергетики – увеличена до 24% и 19%, соответственно, и доля ВИЭ – до 13%. Таким образом, электроэнергетика страны должна стать более «зеленой» благодаря существенному увеличению низко- или безуглеродных источников энергии.

Используя переводные коэффициенты углеродоемкости единицы энергии, генерируемой на основе различных видов топлива [Национальный кадастр антропогенных выбросов...], получим, что углеродоемкость единицы произведенной электрической энергии к 2030 году увеличится на 8,6% по сравнению с 2019 годом, а к 2050 году – снизится на 38,1%. Согласно оценкам ЦЭНЭФ-XXI, углеродоемкость единицы производимой энергии в теплоснабжении

по сравнению с 2019 годом к 2030 году должна снизиться на 6%, а к 2050 году – на 17,3% [Башмаков и др., 2023]. Тогда, учитывая соотношение между объемами выбросов от производства электрической и тепловой энергии, общая углеродоемкость теплоэнергетики к 2030 году вырастет на 2,9%, а к 2050 году – сократится на 30%. Опираясь на данные Операционного плана СНУР РФ 2050 [Степанова, 2022], можно прогнозировать, что это приведет к увеличению выбросов ПГ на почти 29,4 CO₂-экв к 2030 году и к их сокращению на 338,1 CO₂-экв к 2050 году относительно 2019 года.

Тогда суммарное сокращение выбросов ПГ за счет энергосбережения, повышения энергоэффективности и изменения структуры первичных источников электрической и тепловой энергии составит $394,41 + 338,1 = 732,51$ млн т CO₂-экв. Это более чем в 2,5 раза превышает запланированное в целевом сценарии СНУР РФ 2050 сокращение выбросов ПГ к 2050 году. Аналогично, при допущении о полноценном функционировании рынка углеродных единиц стоимостная оценка прогнозируемого эффекта от продажи УЕ по цене в 1000 руб./УЕ, полученных путем снижения выбросов ПГ может составлять 732,51 млрд руб. к 2050 году. Оценка экономического эффекта от изменения стоимости энергии за счет изменения структуры первичных источников на таком долгосрочном горизонте не представляется возможной и целесообразной.

Однако стоит отметить, что к моменту написания работы официальный Операционный план реализации СНУР РФ 2050, содержащий целевые показатели по структуре энергобаланса в России так и не был принят. Более того, в связи с изменениями на рынках энергоносителей в экспертных кругах в последние годы обсуждалась возможность увеличения использования углеродоемкого топлива, в первую очередь угля, в электрогенерации (см. п. 1.3). В связи с вышесказанным, реальный эффект по сокращению выбросов ПГ, обусловленный изменениями структуры источников энергии и повышением энергоэффективности, может отличаться от авторского прогноза скорее в сторону повышения.

Потенциал взаимовыгодного взаимодействия энергетической отрасли и секвестрационной индустрии

Напомним, что в России для достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития главная роль отводится именно секвестрации ПГ (см. табл. 3, п. 1.3). Целевой сценарий СНУР РФ 2050 предполагает повышение поглощения ПГ с 535 млн т CO₂-экв в 2019 году до 1200 млн т CO₂-экв к 2050 году. Оценки потенциала захоронения ПГ в геологических формациях характеризуются высокой неопределенностью и в нашей стране колеблются в диапазоне от 70 до 150 Гт CO₂ [Технологии улавливания...]. Реальный потенциал зависит от многих факторов, включая: наличие истощенных месторождений, расположенностью поблизости крупных эмитентов, а также возможностью эффективной коммерциализации процесса улавливания, транспортировки и захоронения CO₂. Затруднительно также оценить потенциальный объем захоронения или полезного использования парниковых газов, полученных именно на ТЭЦ, так как улавливание CO₂ на этих объектах является дорогостоящим и в большинстве случаев будет коммерчески нецелесообразным [Скобелев, Череповицына, Гусева, 2023; Технологии улавливания...]. В связи с вышесказанным, несмотря на потенциальную заинтересованность энергетических компаний в участии в CCUS-проектах (см. п. 3.1), возможный экономический и экологический эффект от этого направления не отражен далее в работе при оценке прогнозного результата от применения комплексного подхода к осуществлению энергоперехода при достижении целей устойчивого низкоуглеродного развития.

Более целесообразным может стать участие энергетических компаний в проектах биологического направления секвестрационной индустрии, таких как лесоклиматические проекты или карбоновое земледелие. Авторы исследования [Битва за климат...] выделяют несколько потенциальных резервов данного направления в России включая: облесение неиспользуемых сельхозземель, недоучет российского нетто-поглощения ПГ из-за расхождений с международными правилами верификации, а также усиление мер по борьбе с лесными пожарами и уходу за лесным фондом. Итого, авторы оценивают

суммарный потенциал всех перечисленных резервов в 500 млн т CO₂-экв сверх уже поглощаемых 535 CO₂-экв, что при минимально допустимой цене в 1000 руб. за 1 УЕ составит, соответственно, 0,5 трлн руб. При этом затраты почти на все мероприятия, направленные на раскрытие этого потенциала, будут кратно ниже полученного эффекта.

Потенциал цифровой трансформации российской энергетики

Цифровые технологии позволяют как автоматизировать текущие операции, повысив их эффективность, так и перейти к новым принципам производства и распределения энергии, а также взаимодействия между участниками этих процессов. В связи с этим оценка потенциала по сокращению выбросов ПГ благодаря цифровизации энергетики является затруднительной, так как данный потенциал неотделим от полного потенциального эффекта энергосбережения, повышения энергоэффективности, интеграции ВИЭ и других процессов преобразования энергетической отрасли. Тем не менее возможный эффект от цифровой трансформации российской энергетики можно проанализировать с точки зрения двух этапов: (1) кратко- и среднесрочной оптимизации традиционных процессов и (2) долгосрочный процесс формирования распределенной энергосистемы будущего.

Первый этап заключается в традиционном использовании цифровых технологий для продвинутой автоматизации внутренних процессов, что повышает их эффективность и является уже рядовым явлением. Согласно оценкам специалистов, цифровизация энергетических компаний позволяет увеличить производительность на 2–10%, а рентабельность – на 10–30% [Behara, 2021]. Российские исследования показывают, что энергоснабжающие компании, в отличие от тех же нефтегазовых, сосредоточены в своих стратегиях цифровизации именно на оцифровке традиционных процессов с целью повышения их эффективности [Баринаова, Девятова, Ломов, 2021; Заединов, 2023а]. При этом экономический потенциал цифровой трансформации оценивается в размере увеличения доходов на 3–4% в краткосрочной перспективе [Хитрых, 2021]. Тогда, используя данные СПАРК-Интерфакс о суммарной выручке компаний в секторах

тепло- и электроснабжения в 2022 году [СПАРК-Интерфакс], эффект по увеличению выручки за счет цифровизации на 3-4% можно оценить в районе 0,31-0,41 трлн руб., что практически в 2 раза превышает объем ежегодных инвестиций, необходимых для решения задач по реконструкции и модернизации отрасли (см. п. 2.3). Следовательно, цифровая трансформация российских энергоснабжающих компаний могла бы способствовать решению проблемы их убыточности в кратко- и среднесрочной перспективе. Однако, это не снимает остро стоящего вопроса поиска источников первоначальных вложений для интеграции цифровых технологий на данных предприятиях.

В долгосрочной перспективе цифровая трансформация является фундаментом для построения распределенной энергетики будущего. Как было отмечено в п. 3.1, цифровизация позволяет интегрировать в энергосистему инновационные технологические решения, в том числе децентрализованные ВИЭ, оптимизировать процессы распределения энергии между потребителями, ускорить и повысить надежность любых транзакций и взаимодействий между всеми участниками процесса [Заединов, 2023а]. Согласно мнению специалистов, инфраструктура Интернета энергии в России действительно обладает большим потенциалом, особенно в рамках преобразования энергосистемы крупных городов, а также удаленных изолированных территорий [Мастепанов, Сумин, 2019]. Кроме того, цифровые платформы открывают возможности и для эффективной реализации новых бизнес-процессов между энергетической отраслью и секвестрационной индустрией. Однако, построение инфраструктуры распределенной энергетики будущего очевидно является долгосрочной стратегической задачей, которую целесообразно отразить в актуализированной Энергетической стратегии до 2050 года.

Потенциал поведенческого подталкивания к энергосбережению

Как было сказано в п. 3.1, методы поведенческого подталкивания к проэкологичному поведению, в том числе к энергосбережению, к настоящему времени широко представлены в научной литературе, а их значительная эффективность при низких издержках неоднократно доказана на практике.

Обоснованием для включения поведенческого подталкивания в число инструментов для решения задач при достижении целей устойчивого развития может служить оценка потенциальных результатов их применения в России.

Выполнить подобную оценку и сделать ориентировочный прогноз эффекта от применения методов поведенческого подталкивания в России позволяет обширный накопленный опыт их реализации в других странах. На основе данного опыта можно предположить, что грамотное применение комплекса наиболее эффективных инструментов поведенческого подталкивания к энергосбережению в России может позволить добиться сокращения энергопотребления домохозяйствами на 3–10% [Заединов, Пахомова, 2023а]. Такой превышающий средние показатели прогноз обусловлен тем, что в нашей стране поведенческие интервенции в целом, и направленные на формирование проэкологичного поведения в частности, ранее не использовались в значимом масштабе. Следовательно, резерв реализации данных методов в России должен быть выше, чем в тех странах, в которых некоторые проэкологичные установки и ценности уже были сформированы у населения еще до экспериментов с подталкиванием к энергосбережению.

Прямым экономическим эффектом от подталкивания населения к энергосбережению будет сокращение расходов на жилищно-коммунальные услуги. Согласно данным Росстата, с 2015 по 2021 год удельный вес расходов на оплату жилья и ЖКУ в потребительских расходах постепенно возрастал с 9,5% до 10,1% [Росстат]. В 2019 году этот показатель был равен 9,6%, что составляло около 5 трлн руб. Тогда поведенческое подталкивание, в результате которого энергопотребление среди населения может сократиться на 3-10%, приведет к снижению расходов домохозяйств на жилье и ЖКУ на 1,5-5%, что в денежном выражении составит 75-250 млрд рублей, или 500-1400 рублей на человека ежегодно, без учета фактического роста абсолютной величины расходов домохозяйств. Стоит обратить внимание на то, что рассчитанный показатель является усредненным. Следовательно, потенциальный эффект в виде сокращения расходов на энергоснабжение будет еще более значительным для домохозяйств с

низким уровнем дохода, являющихся объектом особого внимания социально-экономической политики страны.

На основе докладов Минэкономразвития РФ можно определить, что на население приходится около 38% выбросов ПГ, осуществляемых российской теплоэнергетикой [Государственный доклад о состоянии энергосбережения..., 2023]. Тогда, опираясь на данные Операционного плана реализации СНУР РФ 2050 [Степанова, 2022], можно оценить эмиссию выбросов парниковых газов российским населением в 2019 году в размере 346,36 млн т CO₂-экв. Тогда сокращение энергопотребления населением за счет реализации инструментов поведенческого подталкивания к энергосбережению на 3-10% могло бы привести к снижению выбросов, с учетом абсолютного роста энергопотребления и изменения структуры источников энергии, на 11,5-38,5 млн т CO₂-экв к 2030 году и на 12,9-43,1 млн т CO₂-экв к 2050 году. Что в денежном выражении (на основе стоимостной оценки при цене в 1000 руб. за 1 УЕ на углеродном рынке) может быть оценено в размере 11,5-38,5 и 12,9-43,1 млрд руб., соответственно.

По целевому сценарию СНУР РФ 2050 к середине столетия объем выбросов ПГ в нашей стране без учета поглощения должен быть снижен на 289 млн т CO₂-экв по сравнению с 2019 годом. Согласно выполненным выше оценкам, поведенческое подталкивание к энергосбережению может обеспечить от 4,46% до 14,9% от этого сокращения. Как было отмечено в п. 3.1, большая часть инструментов поведенческого подталкивания требует минимальных вложений, в данном случае – на изменение (расширение) предоставляемой потребителям информации, которую они получают вместе с квитанцией на оплату ЖКУ [Заединов, Пахомова, 2023а]. При этом, значимые результаты в части сокращения энергопотребления домохозяйствами можно получить в течение первых 1-2 лет реализации методов подталкивания, однако далее их потенциал можно считать практически исчерпанным.

Обоснование авторского подхода к реализации энергоперехода при достижении целей устойчивого низкоуглеродного развития в России

Изучив каждое направление, перейдем к оценке потенциала их совместной реализации в рамках единого комплексного подхода к осуществлению энергоперехода, направленного на достижение целей устойчивого низкоуглеродного развития в России. В качестве основного ориентира для сравнения целесообразно принять целевой сценарий действующей Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, приоритеты и реализуемость которого, как было отмечено ранее, являются предметом активных дискуссий в научном сообществе.

Отметим, что среди рассмотренных направлений эффект от одних может быть получен преимущественно в кратко- и среднесрочной перспективе, а от других – скорее в долгосрочной. По аналогии с целевым сценарием СНУР РФ 2050 примем в качестве среднесрочного период до 2030 года, а долгосрочного – до 2050 года и далее.

В таблице 8 обобщены результаты выполненной в п. 3.2 количественной оценки экономического и экологического потенциала различных направлений реализации энергоперехода и достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития в России с точки зрения двух временных интервалов.

Таблица 8. Сводная оценка потенциальных экологического и экономического эффектов возможных направлений реализации энергоперехода и достижения ЦУР

[Составлено автором]

Направление	Эффект по изменению выбросов парниковых газов	Экономический эффект
<i>Среднесрочная перспектива</i>		
Энергосбережение и повышение энергоэффективности	Снижение выбросов на 251,8 млн т CO ₂ -экв	Снижение топливных расходов энергоснабжающих компаний на 1058,6 млрд руб.
Изменение структуры источников электрической энергии	Увеличение выбросов на 29,5 млн т CO ₂ -экв	Точная оценка затруднительна
Цифровая трансформация энергетических компаний	Точная оценка затруднительна	Увеличение выручки на 310-410 млрд руб.

Поведенческое подталкивание населения к энергосбережению	Снижение выбросов на 11,5-38,5 млн т CO ₂ -экв	Снижение расходов домохозяйств на 75-250 млрд руб.
<i>Долгосрочная перспектива</i>		
Энергосбережение и повышение энергоэффективности	Снижение выбросов на 394,41 млн т CO ₂ -экв	Снижение топливных расходов энергоснабжающих компаний на 1658,1 млрд руб.
Изменение структуры источников электрической и тепловой энергии	Снижение выбросов на 338,1 млн т CO ₂ -экв	Точная оценка затруднительна
Поведенческое подталкивание населения к энергосбережению	Снижение выбросов на 12,9-43,1 млн т CO ₂ -экв	Сдерживание расходов домохозяйств на коммунальные услуги и формирование устойчивого проэкологичного энергопотребления
Реализация лесо- и агроклиматических проектов секвестрационной индустрии	Снижение выбросов на 500 млн т CO ₂ -экв путем поглощения сверх уже имеющегося поглощения в объеме 535 млн т CO ₂ -экв	500 млрд руб. при продаже на бирже по цене в 1000 руб. за УЕ

Примечание: аналогично СНУР РФ 2050 базовой точкой для оценки потенциальных эффектов является 2019 год.

В таблице 8 потенциал увеличения поглощения парниковых газов путем реализации лесо- и агроклиматических проектов оценен в размере 500 млн т CO₂-экв, однако, какая доля от этого объема будет реализована при непосредственном участии энергетических компаний оценить затруднительно. Кроме того, прогнозная цена и спрос на УЕ на формирующемся российском углеродном рынке в настоящее время сложно прогнозируемы. По этой же причине таблицу не включены потенциальные доходы от продажи углеродных единиц, полученных за счет сокращения выбросов ПГ при реализации мероприятий по энергосбережению, включая подталкивание населения, повышению энергоэффективности и изменению структуры источников энергии. Некоторые эффекты от реализации отдельных направлений также не поддаются точной количественной оценке. Например, экономический эффект от изменения структуры источников энергии зависит от большого числа трудно прогнозируемых факторов, включая: тарифы на энергию от различных источников, рыночную конъюнктуру, стоимость нового энергетического оборудования и т.д.

Наглядное сопоставление вклада рассмотренных направлений в общее снижение российских выбросов парниковых газов представлено на рисунке 11.

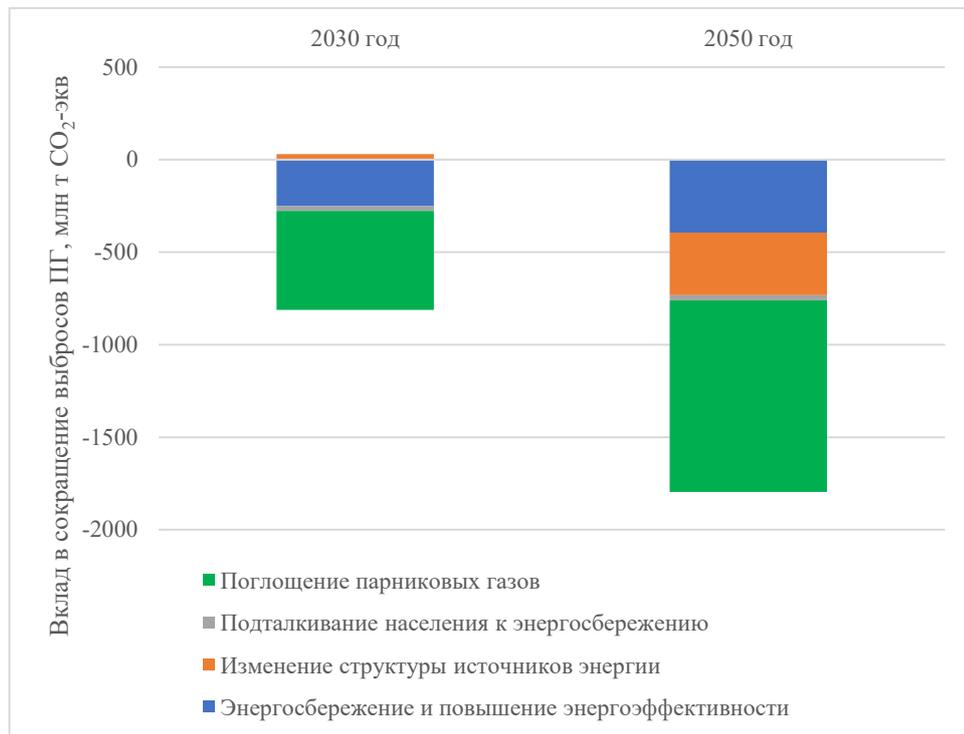


Рисунок 11. Вклад теплоэнергетики и поглощающих экосистем в сокращение выбросов парниковых газов в России относительно 2019 г. [Составлено автором]

Примечание: здесь и далее при агрегированной оценке потенциал сокращения выбросов ПГ за счет поведенческого подталкивания населения к энергосбережению учтен по среднему показателю в 6,5%.

На представленной гистограмме видно, что даже при таком сценарии поглощение парниковых газов остается важным элементом в достижении декарбонизации российской экономики. Однако при более реалистичном увеличении поглощения на 500 млн т CO_2 -экв к 2050 году совокупное снижение нетто-выбросов достигает 1260,54 млн т CO_2 -экв, что на 32,1% больше, чем целевой показатель Стратегии социально-экономического развития. Такой результат обеспечивается за счет модернизации теплоэнергетики, позволяющей повысить ее эффективность и снизить углеродоемкость. Это приводит к сокращению выбросов ПГ в этой отрасли на 760,5 млн т CO_2 -экв к 2050 году по сравнению с 2019 годом, тогда как в целевом сценарии СНУР РФ 2050 предусмотрено снижение эмиссии от всех секторов только на 289 млн т CO_2 -экв.

Целевой сценарий СНУР РФ 2050 подразумевает рост выбросов ПГ на 93 млн т CO₂-экв и увеличение поглощения на 4 млн т CO₂-экв к 2030 году по сравнению с 2019, то есть в среднесрочной перспективе, а к 2050 году – снижение выбросов ПГ на 289 млн т CO₂-экв и рост поглощения на 665 млн т CO₂-экв (см. табл. 3). Данный сценарий также допускает возможность, но не ставит в качестве обязательной цели достижение углеродной нейтральности к 2060 году. Такая цель, однако, позднее была интегрирована в обновленную Климатическую доктрину РФ.

Как уже отмечалось ранее, ставка на поглощение парниковых газов при достижении целей устойчивого развития и выполнении климатических обязательств является предметом активных дискуссий среди отечественных специалистов, предлагающих свои альтернативные, более сбалансированные сценарии. Например, специалисты ЦЭНЭФ-XXI предлагают в качестве целевого сценарий 4D (Development Driven by Decarbonization and Democratization), который позволяет России выполнить климатические обязательства и достичь нулевых нетто-выбросов углекислого газа к 2060 году [Башмаков и др., 2023]. Основной акцент в этом сценарии сделан на радикальную модернизацию энергетического сектора, что приводит к снижению выбросов ПГ более чем на 75%, при этом поглощение ПГ даже сокращается.

Эксперты института народохозяйственного прогнозирования РАН предлагают пять сценариев (два умеренных и три амбициозных) помимо инерционного. Эти сценарии различаются по интенсивности роста поглощения ПГ и снижения выбросов в энергетике и ЖКХ за счет технологического развития, а также макроэкономическим показателям, включая динамику российского ВВП и спрос на энергоресурсы на международном рынке [Порфирьев и др., 2022]. При этом сценарий «Умеренный - 1» является недостаточным для выполнения климатических обязательств, тогда как «Амбициозный - 3», при радикальном сокращении выбросов ПГ до 5% от уровня 1990 г., не обеспечивает необходимого роста ВВП.

Ключевые для данной работы показатели этих сценариев, целевого сценария СНУР РФ 2050 и авторского сценария представлены в таблице 9.

Таблица 9. Сопоставление сценариев декарбонизации российской экономики в ходе энергоперехода [Составлено автором на основе Башмаков и др., 2023; Порфирьев и др., 2022; Степанова, 2022]

Сценарии	Базовый 2019 год			2030 год			2050 год		
	Выбросы в теплоэнергетике, млн т CO ₂ -экв	Поглощение ПГ, млн т CO ₂ -экв	Нетто-выбросы, млн т CO ₂ -экв	Выбросы в теплоэнергетике, млн т CO ₂ -экв	Поглощение ПГ, млн т CO ₂ -экв	Нетто-выбросы, млн т CO ₂ -экв	Выбросы в теплоэнергетике, млн т CO ₂ -экв	Поглощение ПГ, млн т CO ₂ -экв	Нетто-выбросы млн т CO ₂ -экв
Целевой сценарий СНУР РФ 2050	905,4	535	1583	894,9 -1,2%	573 +7%	1525,5 -3%	743,6 -18%	1200 +124%	757,2 -52%
Авторский сценарий	905,4	535	1585	810 -10,5%	535 0%	1520,9 -4%	366,3 -59,5%	1035 +94%	725,5 -54%
4D ЦЭНЭФ-XXI	1102	532	1180	985 -11%	510 -4%	1085 -8%	494 -55%	478 -10%	740 -37%
Умеренный - 1	996	535	1585	X	X	X	872 -12%	535 0%	1451 - 8,5%
Умеренный - 2	996	535	1585	X	X	X	872 -12%	1000 +87%	986 -38%
Амбициозный - 1	996	535	1585	X	X	X	558 -44%	585 +9,3%	1087 -31%
Амбициозный - 2	996	535	1585	X	X	X	558 -44%	1050 +96%	622 -61%
Амбициозный - 3	996	535	1585	X	X	X	472 -53%	1050 +96%	536 -66%

Перед анализом представленных в таблице 9 данных, следует отметить ряд существенных допущений, принятых при ее составлении:

1) В рассмотренных сценариях, кроме авторского, сокращение выбросов парниковых газов происходит за счет нескольких секторов: энергетики, транспорта, промышленности и других. Однако наибольший вклад во всех сценариях остается за теплоэнергетикой и поглощением ПГ природными и искусственными экосистемами. Для обеспечения корректного сравнения нетто-выбросы ПГ по всем сценариям были пересчитаны так, будто изменение российских выбросов связано только с теплоэнергетической отраслью и поглощением при неизменности выбросов от остальных секторов.

2) Выбросы в теплоэнергетике представлены как агрегированный показатель, включающий объем выбросов ПГ, возникающий при генерации электрической и тепловой энергии, а также при потреблении энергоресурсов населением.

3) Показатели Целевого сценария СНУР РФ 2050 основаны на интеграции целевых ориентиров самой Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов и данных проекта Операционного плана ее реализации.

4) В сценарии 4D ЦЭНЭФ-XXI в качестве базового принят 2021 год, а не 2019, как в других сценариях. Кроме того, он оценивает динамику выбросов исключительно углекислого газа, а все остальные сценарии учитывают выбросы всех парниковых газов в эквиваленте CO₂.

5) Сценарии ИНП РАН не содержат прогнозов на 2030 год, а их точная интерполяция затруднена ввиду ограниченности данных.

Для более наглядного сравнения прогнозные показатели нетто-выбросов и выбросов парниковых газов в теплоэнергетике по всем сценариям представлены в виде гистограмм на рисунке 12.

Как видно из данных таблицы 9 и рисунка 12а, авторский сценарий по сокращению нетто-выбросов ПГ уступает только сценариям «Амбициозный - 2» и «Амбициозный - 3» ИНП РАН, сопоставим со сценарием «4D» ЦЭНЭФ-XXI и немного превосходит целевой сценарий СНУР РФ 2050. По показателям снижения выбросов ПГ в теплоэнергетике (см. рис. 12б) авторский сценарий значительно превосходит все остальные. Это достигается благодаря комплексному подходу, включающему три ключевых направления: повышение энергоэффективности, диверсификацию источников энергии и подталкивание населения к энергосбережению.

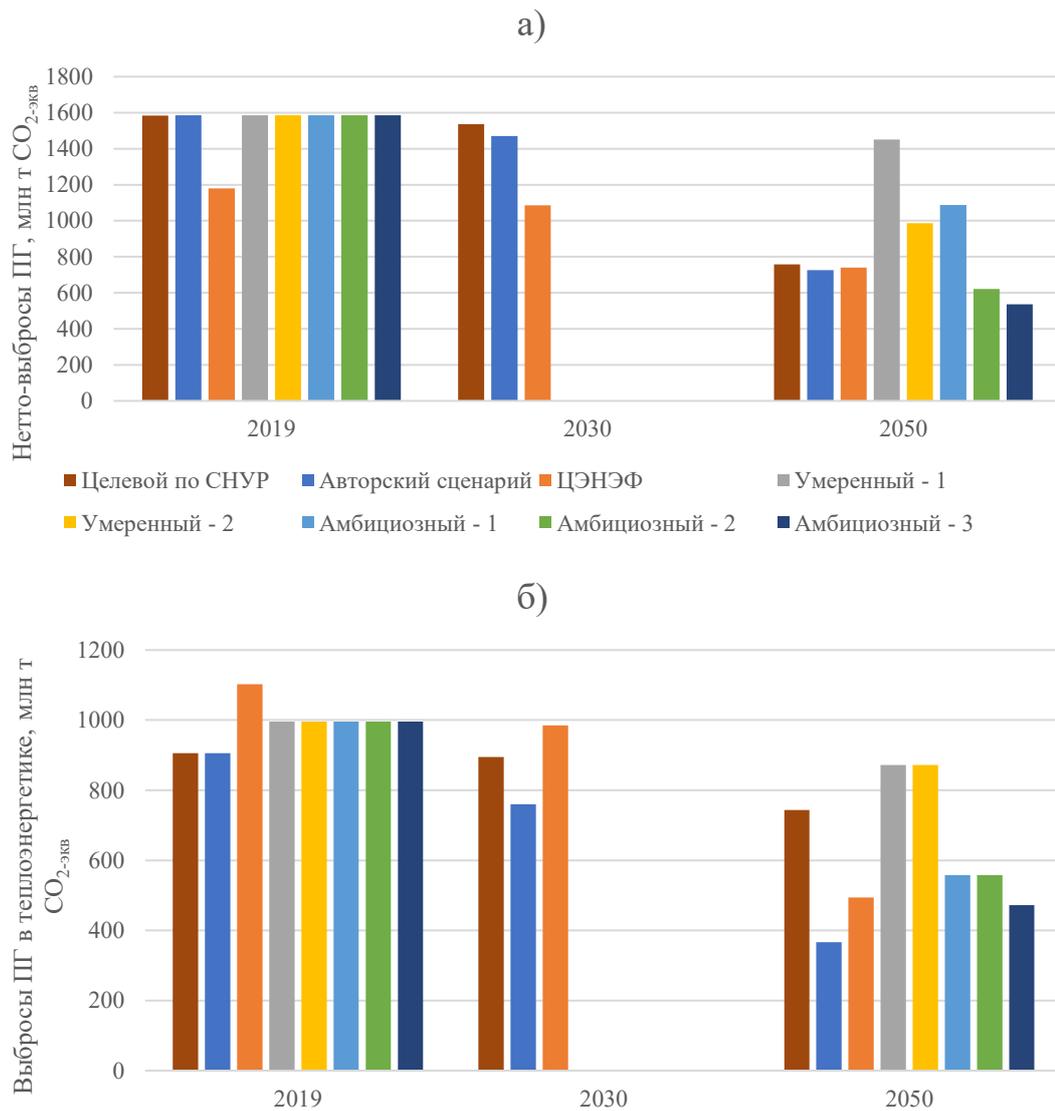


Рисунок 12. Прогноз изменения (а) нетто-выбросов и (б) выбросов ПГ в теплоэнергетике по сравниваемым сценариям [Составлено автором]

В группе амбициозных сценариев ИНП РАН предусмотрено улавливание к 2050 году 50 млн т CO₂-экв, а в сценарии ЦЭНЭФ-XXI – 31 млн т CO₂ посредством CCUS-технологий [Башмаков и др., 2023; Порфирьев и др., 2022]. В авторском подходе это направление не учтено ввиду сложности прогнозирования участия энергетических компаний в таких проектах. Однако стоит отметить, что к 2050 году потенциал сокращения выбросов ПГ за счет стимулирования населения к энергосбережению составляет от 12,9 до 43,1 млн т CO₂-экв. При этом инструменты поведенческого подталкивания требуют минимальных затрат и способны

обеспечить значимый эффект уже в краткосрочной перспективе, в отличие от дорогостоящих и долгосрочных CCUS-проектов.

Таким образом, при сопоставимых с альтернативными сценариями темпах снижения выбросов ПГ в остальных секторах экономики, авторский подход предлагает более сбалансированный и прагматичный путь достижения целей устойчивого развития и декарбонизации экономики России. Визуализация авторского подхода, основанного на комбинации базовых направлений реализации энергоперехода в российской теплоэнергетике, представлена на рисунке 13.

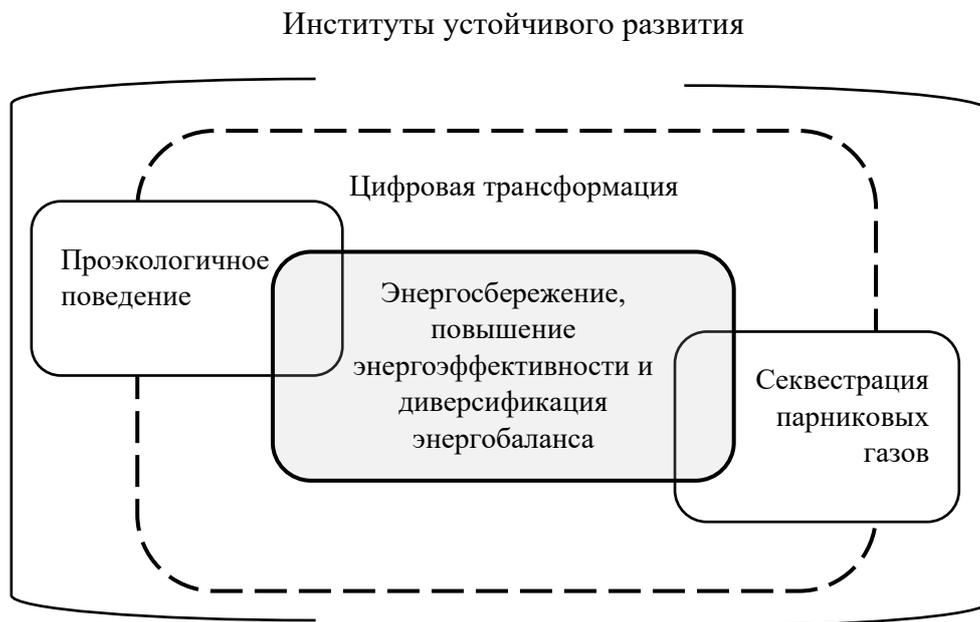


Рисунок 13. Базовые направления реализации энергоперехода в теплоэнергетике
[Составлено автором]

Согласно авторскому подходу (см. рис. 13), ядро энергетического перехода в российской теплоэнергетике составляют такие традиционные направления, как повышение энергетической эффективности, в том числе при ориентации на НДТ, и переход на менее углеродоемкие источники энергии. Формирование проэкологических ценностей и норм поведения среди потребителей также позволяет сокращать выбросы парниковых газов и повышать благосостояние населения. Секвестрационная индустрия, будучи самостоятельной сферой хозяйственной деятельности, ориентированной на поглощение ПГ, также выступает

перспективным направлением для снижения углеродного следа энергетических компаний и соблюдения экологических норм. Цифровая трансформация, ключевой элемент глобальной Четвертой промышленной революции, способствует интеграции различных низкоуглеродных технологий и оптимизации процессов в энергосистеме. Организационно-экономические механизмы и новые принципы ведения бизнеса создают нормативную основу, мотивирующую участников энергетического перехода к последовательной реализации низкоуглеродных преобразований, а также позволяющую контролировать этот процесс.

Одной из ключевых черт авторского подхода является то, что он в соответствии с разработанной в п. 1.2 схемой (см. рис. 4) базируется на интеграции интересов всех ключевых стейкхолдеров – государства, бизнеса и общества, а также их проактивном участии в реализации энергоперехода. Государство реализует свой интерес в противодействии и адаптации к глобальным климатическим рискам, в том числе выполняя принятые в соответствии с Парижским соглашением обязательства. Энергетические компании, равно как и их энергоемкие потребители, получают возможность соответствовать требованиям углеродного регулирования и избегать штрафных санкций за их нарушение. Население выигрывает за счет более надежного и качественного энергоснабжения и получает возможность внести свой вклад в сохранение окружающей среды. В результате энергетический переход создает условия для устойчивого развития страны с сопутствующими положительными эффектами.

Распределение ответственности за успешную реализацию энергоперехода можно охарактеризовать следующим образом:

- 1) *Государство* ответственно за формирование институциональных рамок, стимулирующих всех участников вносить вклад в достижение общих целей. Это может быть достигнуто за счет таких механизмов, как углеродное регулирование, мотивирующее компании к сокращению выбросов ПГ или участию в климатических проектах, и регулирование естественных монополий на энергетических рынках, стимулирующее повышение эффективности энергетических компаний.

2) *Энергетические компании* несут ответственность за соблюдение установленных государством правил и содействие в их совершенствовании, а также за взаимодействие с потребителями для эффективных поведенческих интервенций.

3) *Потребители* отвечают за свое энергопотребление и проэкологичный образ жизни. В конкурентных рыночных условиях это может также выражаться в давлении на энергоснабжающие компании в виде предъявления спроса на повышение их энергетической эффективности и экологической ответственности.

Комплексное переосмысление подходов к трансформации теплоэнергетической отрасли требует и пересмотра индикаторов, необходимых для контроля эффективности этого процесса. Поскольку авторский подход в значительной степени опирается на приоритеты концепции устойчивого развития, представленные для энергетики в модели Энергетической трилеммы (см. п. 1.2), систему индикаторов мониторинга результативности энергетического перехода в российской теплоэнергетике также целесообразно выстраивать на основе этой модели, дополнив ее показателями, отражающими специфику данной отрасли (см. табл. 10).

Таблица 10. Система индикаторов мониторинга результативности энергетического перехода в российской теплоэнергетике [Составлено автором на основе Степанова, 2022; World Energy Trilemma 2024]

Группа показателей	Индикаторы
1) <i>Энергетическая эффективность и энергосбережение</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Удельный расход топлива на генерацию энергии на различных источниках • Потери при передаче и потреблении энергии • Износ основных средств производства • Удельное потребление энергии на одного потребителя или единицу продукции
2) <i>Экономическая эффективность энергетики</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Коммерческая эффективность (рентабельность) генерации и передачи энергии • Рыночная конъюнктура, в т.ч. концентрация • Уровень и специфика распределения убыточных компаний по сегментам рынка • Уровень задолженности среди бытовых и промышленных потребителей

3) <i>Энергетическая безопасность</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Диверсификация первичных источников энергии • Зависимость от экспорта и импорта энергоресурсов • Эффективность хранения и объем запасов энергоресурсов • Отказоустойчивость и гибкость энергетической системы
4) <i>Справедливое распределение энергоресурсов</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Обеспеченность потребителей доступом к энергоресурсам • Доступность (ценовая, географическая, технологическая) «современной» энергетики • Цены на энергоресурсы (абсолютные и относительно доходов населения)
5) <i>Экологическая устойчивость</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Углеродоемкость произведенной энергии • Доля низкоуглеродных источников в энергобалансе • Удельная эмиссия различных ПГ на единицу энергии • Участие энергетических компаний в климатических проектах и в проэкологичном просвещении населения • Объем выбросов и сбросов иных загрязняющих веществ в окружающую среду при генерации, передаче и потреблении энергии

Первые две группы индикаторов сформированы на основе анализа состояния российской теплоэнергетики в контексте достижения целей устойчивого развития, выполненного в главе 2 (см. п. 2.1 и 2.2), а также на базе ключевых показателей эффективности энергетической отрасли, представленных в научных публикациях и стратегических документах, таких как Энергетическая стратегия РФ и проект Операционного плана реализации СНУР РФ. Эти индикаторы характеризуют эффективность функционирования российской теплоэнергетики и позволяют выявлять приоритетные проблемы, такие как высокие потери при передаче тепла из-за изношенности тепловых сетей или наличие убыточных сегментов рынка.

Следующие три группы индикаторов являются результатом адаптации показателей Энергетической трилеммы под специфику российской теплоэнергетики. Они характеризуют надежность, устойчивость, гибкость и доступность энергетической системы страны, а также ее эффективность в части минимизации вреда окружающей среде. Например, эти индикаторы позволяют выявлять наиболее перспективные области сокращения выбросов ПГ в теплоэнергетике, такие как диверсификация источников энергии или приоритетная модернизация наиболее углеродоемких сегментов.

Предложенная система индикаторов позволяет контролировать эффективность преобразования теплоэнергетической отрасли в соответствии с национальными интересами, а также приоритетами устойчивого развития в экономической, социальной и экологической сферах. Кроме того, такая система индикаторов может применяться как на уровне, страны, так и на региональном уровне, для выявления и адаптации лучших практик с учетом специфики российских регионов.

Проведенный анализ демонстрирует, что предложенный авторский комплексный подход к энергетическому переходу в российской теплоэнергетике способен обеспечить результативное достижение целей устойчивого развития и декарбонизации не только отрасли, но и экономики страны в целом. Основные направления, на которых базируется данный подход, опираются на детально изученные и успешно применяемые на практике решения, доказавшие свою надежность и экономическую эффективность. Далее представляется целесообразным перейти к выработке рекомендаций по совершенствованию организационно-экономических механизмов в целях обеспечения результативной реализации энергоперехода в российской теплоэнергетике.

3.3. Рекомендации по реализации энергоперехода в России для достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития

Ниже представлен обобщенный перечень барьеров, препятствующих эффективному преобразованию и развитию российской теплоэнергетики в соответствии с актуальными трендами, в том числе в части обеспечения устойчивого низкоуглеродного развития, сформированный на основе результатов авторских исследований, а также результатов исследований других специалистов:

- 1) Накопленный износ основных фондов, особенно в секторе теплоснабжения, приводит к росту числа аварий и высокому уровню потерь при производстве и передаче энергии, что в свою очередь обуславливает снижение энергетической и экономической эффективности отрасли. Причем, данная

проблема усугубляется тем, что темпы обновления основных фондов в отдельных случаях отстают от темпов их устаревания.

2) Неполный учет интересов потребителей приводит не только к росту задолженности за оплату ЖКУ, но и к неудовлетворенности населения качеством работы управляющих, сбытовых и энергоснабжающих компаний, а также предоставляемых ими услуг. Эти же проблемы являются одной из причин того, что в России формирование принципов проэкологичного поведения, включая потребление, находится пока на начальном этапе.

3) Пробелы в нормативно-правовой базе затрудняют обращение частными компаниями углеродных единиц, полученных, например, при реализации лесоклиматических проектов. Это обстоятельство вкупе с осложнением зачета большей части российских УЕ в международных системах снижает заинтересованность частного бизнеса в таких проектах. Соответственно, это является препятствием как для привлечения частных инвестиций в климатические проекты, так и для формирования полноценного рынка углеродных единиц.

4) Недостаточная экономическая эффективность с одной стороны и жесткое тарифное регулирование – с другой, приводят к убыточности части компаний в отрасли, особенно в секторе теплоснабжения, что является существенным барьером для привлечения частного капитала. В результате российская теплоэнергетика в значительной мере опирается на бюджетное субсидирование, ориентированное на поддержание текущего функционирования отрасли. Однако данный сектор испытывает потребность в ресурсах для радикальных преобразований, необходимых для успешной реализации энергоперехода и достижения целей низкоуглеродного развития.

5) Реализация мер в области энергетики, климата и социально-экономического развития требует более системного и согласованного подхода. В частности, стратегическое планирование в этих сферах нередко осуществляется без достаточной увязки сроков, горизонтов и целевых показателей, что затрудняет комплексное развитие энергетической отрасли.

Наряду с этим, в связи с беспрецедентными санкционными ограничениями для части российских энергетических компаний затруднен доступ к зарубежным технологиям, и они оперативно перенаправляют свои ресурсы на задачу импортозамещения, в том числе в области передовых направлений секвестрации парниковых газов.

Возможность преодоления вышеперечисленных барьеров для эффективной реализации энергоперехода может быть обеспечена и по ряду направлений уже обеспечивается, как отмечалось ранее, посредством импортозамещения и локализации производства инновационного энергетического оборудования.

Необходимо и определенное переосмысление концепции государственного регулирования и реформирования российской теплоэнергетики. Потенциально применима в данном случае концепция комплексного системного подхода к реализации энергоперехода, представленная в п. 1.2 данной работы. На этой основе, а также принимая во внимание полученные автором в ходе проведенных исследований результаты, может быть сформулирован ряд рекомендаций, направленных на решение накопившихся проблем в российской теплоэнергетике и преодоление обозначенных барьеров. Последовательность изложения авторских рекомендаций соответствует логике перечисленных ранее проблем и подразумевает движение от решения частных отраслевых задач к формированию более согласованного и целостного подхода к регулированию отрасли.

Проактивное вовлечение потребителей в процессы преобразования энергетической отрасли с целью повышения ее эффективности. В рамках выполненного выше анализа (см. п. 3.1-3.2) обоснована целесообразность формирования норм и принципов проэкологичного поведения среди населения. Одним из конкретных решений в этом направлении является подталкивание населения к энергосбережению. В этих целях можно, руководствуясь предложенным в работе [Allcott, 2011] подходом, использовать квитанции за ЖКУ как канал связи между поставщиками и потребителями энергии. Как показал выборочный анализ, российские энергоснабжающие компании задействуют этот канал преимущественно для размещения рекламы или не задействуют совсем

[Заединов, Пахомова, 2023а]. В то же время, посредством платежных документов потребителям может быть предоставлена информация, повышающая их осведомленность об экологических аспектах и последствиях энергопотребления и побуждающая к энергосбережению. В том числе такие подталкивающие квитанции могут содержать советы по энергосбережению начиная от экономного использования освещения и до утепления окон и крыш в своем помещении [Top 10 energy saving tips]. Эффективность подобного решения можно повысить, если предоставляемая информация будет персонализированной, то есть будет содержать такие сведения и образы, к которым наиболее восприимчив конкретный потребитель, или группа потребителей. Однако важным условием результативности подобных мероприятий является то, что предоставляемая потребителям информация должна быть изложена в максимально доступной для восприятия форме.

Главными действующими лицами в таком процессе становятся энергоснабжающие, сбытовые или управляющие компании, которые имеют непосредственный доступ как к сведениям о потребителях, так и к каналу связи с ними. При этом стоимость изменения оформления и содержания платежных документов сравнительно невелика, что делает использование этого инструмента стимулирования к энергосбережению целесообразным в условиях инвестиционных ограничений, свойственных российским энергоснабжающим компаниям.

Кроме того, потенциальный эффект от подобных мер – сокращение выбросов ПГ и повышение благосостояния населения – можно считать общественным благом. В таком случае, активное вовлечение потребителей входит в систему национальных интересов государства, которое способно придать комплексный централизованный характер интеграции поведенческих практик в процессе регулирования и преобразования теплоэнергетики. Это может быть осуществлено, во-первых, посредством принятия соответствующего стандарта представления информации, релевантной задаче достижения устойчивого низкоуглеродного развития, а, во-вторых, с помощью предоставления государственной (финансовой, информационной, административной или иной) поддержки энергоснабжающим,

сбытовым и управляющим компаниям, реализующим подобные поведенческие инструменты.

Формирование секвестрационной индустрии. Результаты проведенных исследований также показывают, что при достижении целей устойчивого низкоуглеродного развития государства в целом и энергетической отрасли, в частности, в долгосрочной перспективе ключевую роль будет играть становление секвестрационной индустрии как самостоятельной хозяйственной деятельности по получению и реализации углеродных единиц. Эффективному развитию данной отрасли в России, могут способствовать следующие меры [Заединов, Пахомова, 2023b]: формирование реестра объектов потенциального использования для климатических проектов; конкретизация, в том числе в региональном разрезе, целевых ориентиров по сокращению выбросов ПГ в средне- и долгосрочной перспективе, учитывая национальные интересы и обязательства; разработка и утверждение отраслевых стратегий и стандартов (в том числе в энергетической отрасли) достижения углеродной нейтральности в соответствии с передовым международным опытом; устранение нормативно-правовых противоречий, в том числе в части присвоения УЕ; запуск системы добровольных климатических проектов и полноценного рынка УЕ с квотами на выбросы или зелеными сертификатами, котирующимися в зарубежных системах; завершение процесса формирования карбоновых полигонов при обеспечении господдержки с активным вовлечением научных кадров, IT-специалистов и предпринимателей; формирование платформы, объединяющей вышеназванных участников, для обмена и систематизации лучших секвестрационных практик и технологических решений; расширение международного сотрудничества как для обеспечения взаимозачета УЕ, так и для объединения финансовых, технико-технологических и интеллектуальных ресурсов для решения актуальных задач формирования и развития секвестрационной индустрии.

В настоящее время большую часть климатических проектов в России реализуют компании из нефтегазовой отрасли, которые ввиду углеродного регулирования наиболее заинтересованы в сокращении выбросов ПГ. Это

способствует привлечению инвестиций в секвестрационную индустрию, однако развитие конкретных проектов ограничено потребностями компаний, которые их инициируют [Заединов, 2023b]. С целью обеспечения развития секвестрационной индустрии как самостоятельной отрасли целесообразно адаптировать разработанный отечественными специалистами ценностно-ориентированный сетевой подход к преобразованию бизнес-процессов реализации климатических проектов [Климанов, Третьяк, 2014; Третьяк, Климанов, 2016]. Суть преобразования заключается в размещении в центре процесса исполнителей климатических проектов (КП), а не их заказчиков (см. рис. 14).

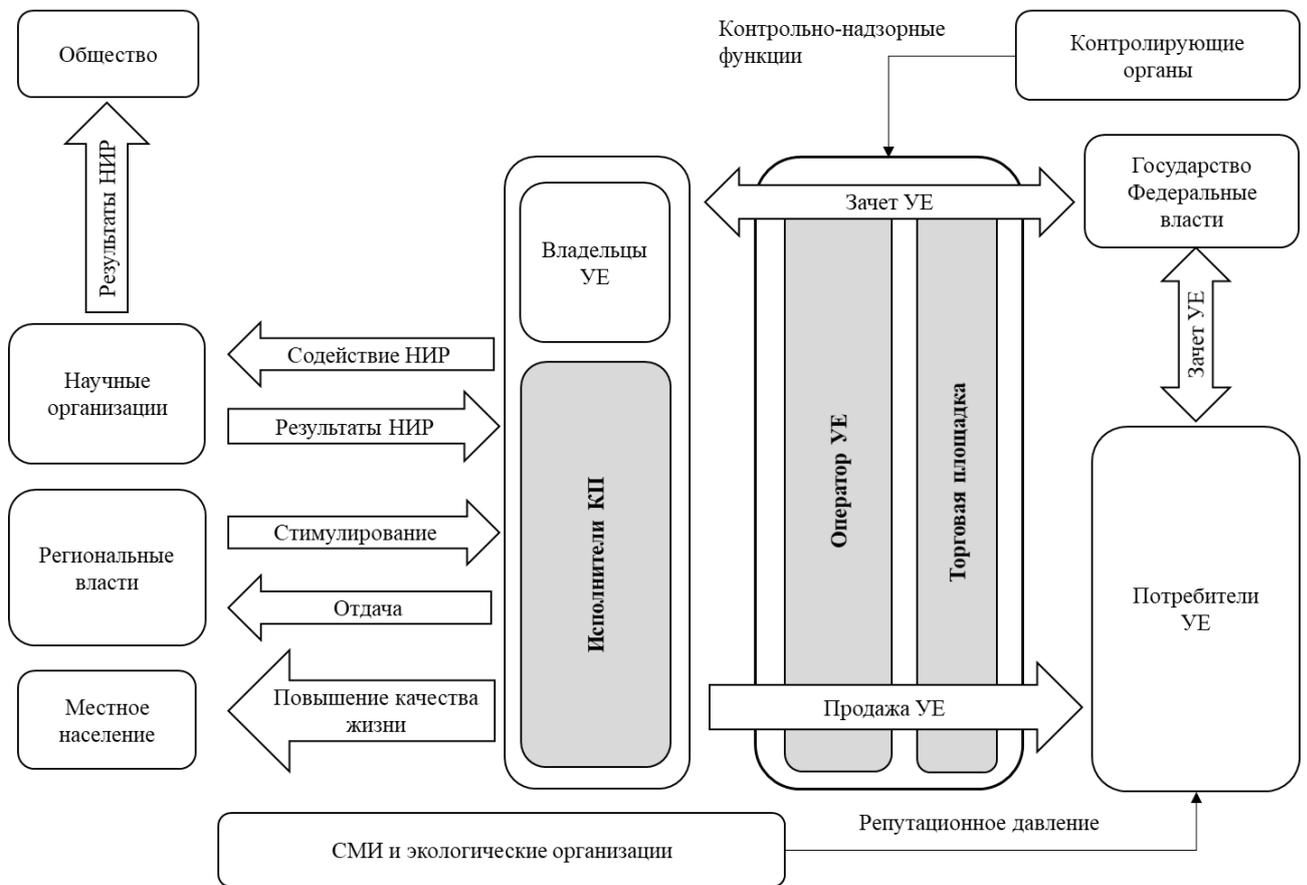


Рисунок 14. Ценностно-ориентированная схема реализации климатических проектов [Составлено автором: Заединов, 2023b]

Предлагаемая схема описывает процесс создания ценности от сокращения выбросов или поглощения парниковых газов исполнителями климатических проектов, ее конвертации в углеродные единицы, их верификации и передачи заинтересованным в снижении своего углеродного следа потребителям, включая

энергетические компании. Ее ключевая особенность заключается в предоставлении исполнителям климатических проектов большей автономии, расширении их возможностей и усилении мотивации к развитию через освобождение от непосредственного подчинения заказчикам.

Подобный подход также позволяет исключить бюрократического посредника в виде контролирующих органов, переложив их полномочия по верификации и контролю на оператора УЕ. Кроме того, размещение в центре процесса исполнителей КП как самостоятельных агентов открывает возможность для создания дополнительной ценности, выраженной в повышении качества жизни населения или в содействии при реализации научно-исследовательских проектов, например, в сфере карбонового земледелия. В результате такая трансформация бизнес-процесса может привести к увеличению общей создаваемой ценности и ее более оптимальному распределению.

Применительно к данной работе подобная схема позволит обеспечить наиболее эффективный способ взаимодействия между энергетическими компаниями, нуждающимися в приобретении УЕ после исчерпания внутренних резервов декарбонизации, но ограниченными в ресурсах для реализации собственных КП, и исполнителями климатических проектов, заинтересованными в коммерциализации своей деятельности. Однако для реализации такой модели необходимо дальнейшее совершенствование нормативно-правовой базы, предусматривающее передачу части контрольно-надзорных функций некоммерческому объединению предприятий в соответствии с принципами саморегулирования, а также осуществление квалифицированного контроля над представителями традиционного бизнеса с сильной рыночной позицией, в чьих интересах может быть препятствование возникновению новых самостоятельных бизнес-единиц и усилению тем самым конкуренции. Кроме того, как было отмечено ранее, для обеспечения целесообразности реализации климатических проектов цена на УЕ на российском рынке должна быть выше нынешних 700 руб. В противном случае подобные проекты станут нерентабельны и будут нуждаться в государственной поддержке.

Совершенствование методов привлечения финансирования для модернизации энергетики. Как показал анализ, выполненный в п. 2.3, среди попыток внедрения государством различных инструментов привлечения инвестиций в проекты по модернизации теплоэнергетической отрасли эффективным решением оказалась только система энергосервисных контрактов. Однако, пока что суммарного объема привлеченных через этот механизм средств недостаточно для покрытия большей части финансовых потребностей в отрасли, особенно в части инновационных преобразований.

Напомним, что некоторые из рассмотренных в данной главе направлений обладают потенциалом не только в части сокращения выбросов ПГ, но и в части сокращения расходов как для энергоснабжающих компаний, так и для населения. При этом, например, экономия для населения в результате поведенческого подталкивания составляет всего 500-1400 рублей в год на человека. Однако суммарно для всего населения страны этот эффект может достигать 75-250 млрд рублей. Заслуживает поддержки мнение специалистов, что наиболее рациональным является перенаправление средств, сэкономленных в результате реализации одних мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, на реализацию последующих мероприятий в том же направлении [Санеев и др., 2016; Стенников, 2023]. Подобная схема может стать еще одним источником финансирования модернизации энергетической системы. Это решение особенно актуально для компаний, находящихся в затруднительном финансовом положении, которые, как было показано в п. 2.1, имеют немалую долю в энергетической отрасли, особенно в секторе теплоснабжения.

Следует также поддержать и дополнить рекомендации Комитета Госдумы по энергетике по разработке механизмов стимулирования более широкого участия энергоемких потребителей в инвестициях в низко- и неуглеродную электрогенерацию [Круглый стол Комитета Госдумы...]. Согласно выполненным в данной работе оценкам (см. п. 3.2), потенциал реализации проектов в области энергосбережения и повышения энергоэффективности может составлять сотни миллиардов рублей и сотни миллионов углеродных единиц. Это делает подобные

проекты еще более привлекательными для инвесторов, заинтересованных в снижении углеродного следа, например, от основного вида деятельности. Однако для полноценной работы системы торговли УЕ в России еще предстоит решить ряд организационно-правовых задач и обеспечить более привлекательную цену за УЕ, сопоставимую с зарубежными рынками.

Заслуживают внимания и инструменты «зеленого» (или климатического) финансирования, объем которого, согласно данным Climate Policy Initiative, составил около 1,26 триллиона долларов в 2022 году, показав за 10 лет более чем трехкратный рост [Buchner et al., 2023]. Причем, 40% от этой суммы было направлено на преобразование энергосистем, а соотношение государственных и частных источников финансирования оказалось практически равным.

Ослабление ценового регулирования и продолжение процессов приватизации с целью формирования конкурентной среды на рынке тепловой энергии. Как показал выполненный в 2.1 анализ, наиболее остро стоит проблема убыточности муниципальных и региональных предприятий, доля которых особенно значительна в секторе теплоснабжения. Специалисты среди ключевых причин этой проблемы отмечают отсутствие у муниципалитетов заинтересованности и стимулов к активному управлению и модернизации подведомственной им энергосистемы [Маркова, Чарушев, 2020]. В качестве решения, Стенников и Пеньковский (2019а, б) предлагают пересмотреть подход к реформированию рынка теплоснабжения и отказаться от естественно-монопольной модели Единой теплоснабжающей организации в пользу модели «Единый закупщик». Последняя подразумевает переход к конкурентному рынку оптовой генерации тепловой энергии, по аналогии с электроэнергетикой, в то время как естественно-монопольный сегмент транспортировки и передачи энергии остается под контролем общественного или государственного регулятора.

Подобная модель десятилетиями эффективно используется в Дании, в которой, как и в России, система теплоснабжения преимущественно централизованная. Подобное решение позволяет привлечь частный капитал в частично убыточный сегмент генерации тепловой энергии, сохраняя при этом

контроль за розничными ценами для потребителей. В Дании эффективность этой модели рынка теплоснабжения обеспечивается тем, что теплоснабжающие организации работают в формате неприбыльных кооперативов, находящихся в собственности ассоциации потребителей или муниципалитетов (см. рис. 15) [Djørup et al., 2021].



Рисунок 15. Модель регулирования монополий, находящихся в собственности потребителей [Составлено автором: Заединов, Пахомова, 2024]

Представленная на рисунке 15 модель регулирования энергоснабжающих организаций обеспечивает согласованность интересов регуляторов, энергетических компаний и потребителей. Компании теряют стимулы к завышению издержек и манипуляции с отчетностью, а государство сохраняет возможность контролировать цены на коммунальные услуги, что часто отвечает политическим интересам. Потребители, обладая властью собственника, также способствуют сдерживанию цен и оптимизации издержек компаний. Дополнительным эффектом является возможность сравнения показателей различных энергетических компаний и общественного давления на наименее эффективные организации, что достигается благодаря прозрачности их деятельности.

Успех Дании в развитии эффективной энергетической системы, сопоставимой с российской, дает основания полагать, что адаптация подобного подхода к регулированию рынков электро- и теплоснабжения в России может способствовать устранению дефицита ресурсов и стимулов у энергоснабжающих

компаний для модернизации инфраструктуры и лучшего удовлетворения интересов потребителей.

Для реализации данной схемы регулирования на российских энергетических рынках, начиная с региональных экспериментов аналогично регулированию выбросов парниковых газов, может быть целесообразным предпринять следующие шаги [Заединов, Пахомова, 2024]:

- Предоставление потребителям возможности участия в управлении энергоснабжающими компаниями через включение представителей местного населения в наблюдательные советы или путем частичного наделения потребителей правом собственности на эти компании, например, через акционирование, для согласования интересов всех сторон.
- Проведение публичных слушаний и коллективное принятие решений по проектам в сфере теплоснабжения с вовлечением потребителей.
- Обязательная публикация данных о ценообразовании и деятельности компаний для обеспечения прозрачности и возможности сравнения.
- Создание местного органа власти, ответственного за мониторинг ценообразования и обработку жалоб потребителей.

Эти меры ориентированы на формирование институциональных рамок, которые обеспечат согласование интересов энергоснабжающих компаний, потребителей и государства, что, в свою очередь, может повысить эффективность функционирования энергетических рынков и удовлетворенность потребителей.

Корректировка принципов ценообразования. Пересмотр принципов ценового регулирования неразрывно взаимосвязан с обозначенной выше задачей реформирования рынка теплоснабжения. Как было отмечено в п. 2.3, ни ранее применявшийся порядок ценообразования, ни новый принцип расчета тарифа по принципу «альтернативной котельной» не решают в полной мере задачи финансового обеспечения модернизации отрасли. При этом расчет тарифа по принципу «альтернативной котельной» может привести и к росту цен для конечных потребителей. Заслуживает поддержки предложение использовать по примеру некоторых стран метод «альтернативной котельной» для расчета не целевой, а

предельно допустимой цены за тепловую энергию [Стенников, Пеньковский, 2023]. Совместно с переходом к конкурентному оптовому рынку тепловой энергии при сохранении мониторинга влияния тарифов на услуги теплоснабжающих организаций на уровень и динамику благосостояния населения подобное решение позволит обеспечить более справедливое ценообразование и может стимулировать компании работать в интересах потребителей, выраженных как в ценовых предпочтениях, так и в качестве энергоснабжения.

Подобные рекомендации в части ослабления государственного регулирования ценообразования и повышения конкуренции предлагаются специалистами и для рынка электроэнергетики [Долматов, Сасим, 2022]. Однако, важно отметить, что обоснование таких радикальных преобразований, как переход от монопольной отрасли к конкурентному рынку, даже в отдельных сегментах, с соответствующими изменениями в принципах ценообразования требует отдельного тщательного исследования и выходит за рамки данной работы.

Обеспечение согласованности направлений устойчивого развития и энергоперехода. Речь прежде всего идет о координации за счет системного подхода деятельности ведомств, ответственных за сохранение энергетической безопасности, решение задач климатической политики и поддержание социально-экономического развития, а также органов, ответственных за нормативно-правовое обеспечение этих направлений [Мельник, Наумова, Ермолаев, 2023]. Этого можно достичь либо актуализацией и согласованием соответствующих стратегий и унификацией целевых показателей для этих ведомств, либо принятием комплексной стратегии, объединяющей в себе цели, задачи и методы преобразования энергетической отрасли, выполнения климатических обязательств, повышения благосостояния граждан и в общем достижения целей устойчивого низкоуглеродного развития. На основе лучшего опыта может быть также создано отдельное ведомство, в котором концентрируются основные полномочия и координирующие функции в области устойчивого низкоуглеродного развития и энергоперехода. Например, в Индии подобным ведомством является Министерство новой и возобновляемой энергетики, организовавшее совместно с Институтом

энергетики и ресурсов специальный Центр энергетического перехода [Shetty, 2024], во Франции – Министерство экологического перехода и территориального единства [The Ministry of Ecological Transition...], в Испании – Министерство Экологического перехода и демографических вызовов [Ministry for the Ecological Transition...]. В то же время в России различные задачи достижения устойчивого низкоуглеродного развития возложены на Минэкономразвития, Минэнерго, Минприроды, Минстрой и Минпромторг, в результате чего согласование целей и результатов деятельности этих ведомств является затруднительным.

Помимо уже рассмотренных аспектов, специалисты отмечают и другие проблемы российской теплоэнергетики, затрудняющие реализацию энергоперехода и достижение целей устойчивого низкоуглеродного развития, включая качество статистических данных и потребность в высококвалифицированных кадрах [Семикашев, Терентьева, 2024; Некрасов и др., 2011; Терентьева, 2020]. Данные проблемы не рассматривались подробно в настоящей работе, так как их решение не имеет ярко выраженного экономического эффекта или эффекта по снижению выбросов ПГ и выходит за рамки специализации данного диссертационного исследования, хотя безусловно играет важную сопроводительную роль и в числе прочих факторов способствует реализации основных направлений преобразования российской теплоэнергетики.

Выводы по главе 3

В данной главе, в ходе решения поставленных исследовательских задач, были получены следующие результаты:

Выполнен обзор и анализ наиболее распространенных направлений трансформации теплоэнергетики в целях выхода на траекторию устойчивого низкоуглеродного развития. В перечень целесообразных для реализации в России направлений вошли: рассмотренные еще в п. 2.2 (1) энергосбережение и повышение энергоэффективности, (2) диверсификация энергобаланса в пользу менее углеродоемких источников энергии, а также добавленные в п. 3.1 (3) формирование секвестрационной индустрии при ее тесной взаимосвязи с энергетической отраслью, (4) цифровая трансформация российской теплоэнергетики и (5) поведенческое подталкивание населения к энергосбережению.

На этой базе был разработан комплексный авторский подход к реализации энергетического перехода в российской теплоэнергетике. За счет комбинации рассмотренных направлений данный подход позволяет достичь результатов, сопоставимых с наиболее эффективными сценариями декарбонизации российской экономики, предлагаемыми отечественными специалистами. Более того, такой вариант позволяет превзойти целевые показатели, установленные Стратегией социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов. В отличие от целевого сценария СНУР РФ 2050 и некоторых альтернативных вариантов, авторский подход делает акцент на модернизации теплоэнергетики и снижает зависимость от поглощения парниковых газов естественными и искусственными системами.

Одной из ключевых особенностей авторского подхода является интеграция методов поведенческого подталкивания населения к энергосбережению. Потенциал этого направления в сокращении выбросов ПГ сопоставимым с возможностями CCUS-технологий, но требует значительно меньших инвестиций и обеспечивает результат уже в краткосрочной перспективе. Это становится

особенно важным в условиях инвестиционных ограничений, присущих российской теплоэнергетике.

Авторский подход также ориентирован на продвинутую цифровую трансформацию отрасли. Это в перспективе позволит создать эффективную и саморегулируемую инфраструктуру распределенной энергетики, обеспечит интеграцию децентрализованных источников энергии, включая ВИЭ, а также откроет новые бизнес-возможности. В их числе — современные бизнес-модели и цифровые платформы, которые могут связывать энергетическую отрасль с секвестрационной индустрией, создавая основу для их взаимовыгодного партнерства. Участие в климатических проектах может стать для энергетических компаний альтернативным способом сокращения выбросов парниковых газов в целях удовлетворения требованиям углеродного регулирования в условиях исчерпания резервов декарбонизации, связанных с традиционным энергосбережением и повышением энергоэффективности.

В целях контроля за реализацией энергетического перехода в российской теплоэнергетике была разработана система индикаторов, основанная на модели Энергетической трилеммы и целевых показателях развития российской энергетики. Эта система индикаторов позволяет оценивать эффективность отрасли и ее соответствие современным требованиям. В результате подобный подход способствует выводу российской теплоэнергетики на траекторию устойчивого развития и повышению ее готовности к глобальным климатическим рискам.

Несмотря на наличие у предложенных направлений трансформации теплоэнергетики существенного и количественно оцененного в работе потенциала, при их реализации в России необходимо принимать во внимание задачи преодоления убыточности некоторых сегментов отрасли и завершения реформирования ее организационно-экономических механизмов. В п. 3.3 представлены рекомендации для преодоления связанных с этим барьеров, включая: введение стандартов представления информации об энергопотреблении для поведенческого подталкивания населения к энергосбережению; преобразование процесса реализации климатических проектов с фокусом на их исполнителях;

перенаправление средств от энергосберегающих мероприятий в модернизацию энергетической инфраструктуры и привлечение инвесторов с помощью углеродного регулирования; формирование конкурентного рынка тепловой генерации с наделением потребителей правом голоса при принятии управленческих решений в энергоснабжающих компаниях и ослаблением государственного регулирования ценообразования, а также координацию за счет системного подхода энергетической, экономической и климатической политики государства.

Следование представленным рекомендациям позволит устранить ключевые барьеры в функционировании и регулировании российской теплоэнергетики, создавая условия для комплексной модернизации отрасли. Это откроет возможность для эффективного использования синергетического эффекта от интеграции всех пяти направлений авторского подхода к энергетическому переходу. Как показано в п. 3.2, реализация данного комплекса мер обеспечит достижение целей устойчивого развития и позволит России не только выполнить, но и перевыполнить национальные климатические обязательства, не ущемляя социально-экономические интересы страны в целом, а также интересы энергетических компаний и населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного в работе исследования автором был получен ряд теоретико-концептуальных и прикладных результатов, которые могут быть использованы при разработке или совершенствовании стратегий трансформации российской теплоэнергетической отрасли и энергетических компаний в условиях актуальных социально-экономических и глобальных климатических вызовов.

Обзор научных публикаций, экспертных аналитических докладов, международных соглашений и национальных стратегических документов показал, что концепция устойчивого развития стала основой для стратегий долгосрочного развития на наднациональном и национальном уровне, а также в бизнес-среде. Цели и приоритеты устойчивого развития ориентированы на качественное удовлетворение нынешних и будущих поколений людей в разрезе трех измерений: экологического, социального и экономического. Это позволяет обеспечить комплексный подход к стратегическому планированию развития государств и отраслей, интегрирующему интересы ключевых стейкхолдеров – государства, бизнеса и общества, а также ориентированному на сохранение окружающей среды.

Энергетический переход, будучи важным компонентом Четвертой промышленной революции, имеет большое значение и в достижении целей устойчивого развития. Поскольку энергетика в целом обеспечивает порядка 3/4 выбросов парниковых газов, а ее подотрасль – теплоэнергетика – почти половину, качественная трансформация этой отрасли становится решающим фактором в противостоянии глобальным климатическим вызовам. Современные модели, такие как Энергетическая трилемма Всемирного энергетического совета, с помощью определенных индикаторов наглядно демонстрируют роль развитой энергосистемы в достижении социально-экономических и экологических целей устойчивого развития любого государства. Выполненный в работе корреляционно-регрессионный и факторный анализ на актуализированных данных по динамике выбросов и энергоемкости ВВП крупнейших стран-эмитентов парниковых газов подтвердил, что модернизация энергетической отрасли является ключевым

условием снижения углеродоемкости национальной экономики и выполнения взятых климатических обязательств.

Разработанная автором комплексная схема энергетического перехода (см. рис. 4) является результатом интеграции основных положений концепции устойчивого развития и современных моделей качественной трансформации энергетической отрасли. Авторская схема охватывает ключевые движущие силы и направления реализации энергетического перехода, а также демонстрирует взаимосвязь между энергетической, социально-экономической и климатической государственной политикой. Применение такого подхода может способствовать повышению результативности стратегий и программ трансформации энергетической отрасли, а также других направлений достижения целей устойчивого развития, за счет синергетического эффекта и удовлетворения интересов ключевых заинтересованных сторон: государства, бизнеса и общества.

На достижение целей устойчивого развития, в том числе по экологическому направлению, ориентированы развивающиеся в настоящее время организационно-экономические механизмы и инструменты углеродного регулирования, включая наиболее распространенные: углеродные налоги и углеродные рынки. Активное развитие подобных механизмов и инструментов в России может способствовать формированию новых институциональных рамок, стимулирующих энергетические компании модернизировать свои производственные процессы, повышать их эффективность и улучшать качество услуг, одновременно снижая негативное воздействие на окружающую среду.

Углубленный отраслевой анализ российской теплоэнергетики показал, что данная отрасль, обладая важным социально-экономическим значением, имеет существенный потенциал для сокращения выбросов парниковых газов в России. Энергосбережение, повышение энергетической эффективности и изменение структуры источников энергии в пользу менее углеродоемких были ключевыми внутренними факторами снижения углеродных выбросов в России в период с 1990 по 2019 год. Резервы этих направлений еще не исчерпаны, однако их дальнейшее раскрытие затруднено из-за нарастающего износа основных фондов и частичной

убыточности в российской теплоэнергетике, особенно в сегменте теплоснабжения, а также среди государственных и муниципальных энергоснабжающих компаний.

Преодоление сложившейся ситуации требует модернизации некоторых действующих в отрасли организационно-экономических механизмов. В частности, существующие модели ценообразования и принципы регулирования естественно-монопольных сегментов российской теплоэнергетики не в полной мере обеспечивают наличие у энергетических компаний ресурсов и стимулов к снижению издержек, росту эффективности, а также к повышению доступности и качества предлагаемых услуг.

В результате систематизации и адаптации наилучших российских и зарубежных подходов и практик автором был сформулирован комплекс ключевых направлений трансформации российской теплоэнергетики, включая следующие:

1. Энергосбережение и повышение энергоэффективности, что ведет к сокращению потребления горючего топлива при производстве энергии и, как следствие, снижению топливных расходов, а также выбросов парниковых газов;
2. Диверсификация энергобаланса, ориентированная на снижение углеродоемкости энергетической отрасли за счет использования низкоуглеродных источников, таких как гидроэнергетика, атомная энергетика и ВИЭ;
3. Развитие секвестрационной индустрии, которая позволяет энергетическим компаниям соблюдать нормы углеродного регулирования с помощью участия в климатических проектах или приобретения углеродных единиц на рынке;
4. Цифровая трансформация российской теплоэнергетики, которая обеспечивает повышение эффективности за счет автоматизации производственных процессов, а также в долгосрочной перспективе создает основу для интеграции разнородных, включая низкоуглеродные, источников энергии в единую гибкую энергосистему;
5. Поведенческое подталкивание к энергосбережению, которое в короткие сроки и при минимальных вложениях позволяет достичь значительного

сокращения энергопотребления среди населения, что отражается на снижении расходов домохозяйств, а также выбросов парниковых газов.

Комбинация этих направлений позволяет достичь значительных результатов в части декарбонизации российской теплоэнергетики и экономики в целом. Прогнозный эффект по снижению выбросов парниковых газов от такого комплексного подхода сопоставим с наиболее результативными сценариями, предлагаемыми отечественными специалистами, а также превышает целевые показатели Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года. В отличие от других подходов, где ставка делается на поглощение парниковых газов, авторский фокус на трансформацию теплоэнергетики за счет надежных, экономически обоснованных и способствующих укреплению технологического суверенитета технологий снижает риски недостижения поставленных целей. Секвестрация парниковых газов, хотя и обладает значительным потенциалом в России, но связана с высокой неопределенностью и долгосрочным характером ожидаемого эффекта, а проекты в данной области пока редко коммерчески целесообразны.

На основе модели Энергетической трилеммы и целевых показателей развития российской энергетики была разработана система индикаторов для мониторинга результативности трансформации теплоэнергетической отрасли. Система охватывает такие ключевые направления, как экономическая и энергетическая эффективность, энергетическая безопасность и надежность, доступность энергоресурсов для потребителей, а также экологическая устойчивость (см. табл. 10).

В заключительной части работы сформулирован перечень рекомендаций по совершенствованию российской энергетической политики с учетом ее взаимосвязи с социально-экономической и климатической политикой страны. Рекомендации ориентированы на устранение существующих барьеров, препятствующих устойчивому низкоуглеродному развитию теплоэнергетики и включают:

1. Введение стандартов информирования потребителей об энергопотреблении для стимулирования энергосбережения через поведенческое подталкивание;
2. Преобразование процесса реализации климатических проектов с акцентом на ключевой роли их исполнителей;
3. Перенаправление средств от энергосберегающих мероприятий в модернизацию энергетической инфраструктуры с привлечением частного капитала при помощи углеродного регулирования;
4. Формирование конкурентного рынка тепловой генерации с предоставлением потребителям возможности участия в принятии управленческих решений и ослаблением государственного регулирования цен при мониторинге влияния тарифов на услуги теплоснабжающих организаций на уровень и динамику благосостояния населения;
5. Формирование по принципу системного подхода единого центра координации государственной энергетической, экономической и климатической политики.

Результаты диссертационного исследования обеспечивают последовательное решение поставленных во введении работы задач. Разработанный авторский комплексный подход к трансформации российской теплоэнергетики может обеспечить результативное осуществление энергоперехода и достижение целей устойчивого низкоуглеродного развития отрасли в современных условиях, продиктованных национальными интересами и глобальными климатическими вызовами. Обоснованность данного подхода определяется тем, что, с одной стороны, он учитывает все ключевые особенности и проблемы объекта исследования, одновременно ориентируясь на современные подходы к обеспечению устойчивого развития национальных энергосистем, а с другой – базируется на интеграции концепций устойчивого развития и энергетического перехода как компонента Четвертой промышленной революции. Реализация этого подхода позволяет интегрировать интересы всех ключевых стейкхолдеров триады «государство – бизнес – общество» и обеспечивает соответствие актуальным

требованиям во всех ключевых измерениях: экономическом, социальном и экологическом.

Все это подтверждает достижение цели и выполнение задач исследования. Полученные в работе результаты вносят вклад в развитие современных теоретических концепций энергоперехода и низкоуглеродного развития с выявлением его специфики в теплоэнергетике, а также в решение практических задач по усовершенствованию принципов и методов регулирования и преобразования теплоэнергетической отрасли в условиях энергетического перехода в качестве рамочных условий разработки и реализации конкурентноспособных энергетических и климатических стратегий бизнесом. Некоторые решения, например, по внедрению инструментов поведенческого подталкивания, являются универсальными и могут быть адаптированы в других отраслях экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативно-правовые акты

1. Постановление Правительства РФ от 21 сентября 2021 г. № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации»
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 08 февраля 2022 г. № 133 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021 - 2030 годы»
3. Постановление Правительства РФ от 14 марта 2022 г. № 355 «О критериях отнесения юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к регулируемым организациям»
4. Постановление Правительства РФ от 24 марта 2022 г. № 455 «Об утверждении Правил верификации результатов реализации климатических проектов»
5. Постановление Правительства РФ от 20 апреля 2022 г. № 707 «Об утверждении Правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, формы отчета о выбросах парниковых газов, Правил создания и ведения реестра выбросов парниковых газов и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»
6. Постановление Правительства РФ от 09 сентября 2023 г. № 1473 «Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энегосбережение и повышение энергетической эффективности»
7. Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 5 февраля 2021 г. N 74 «О полигонах для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса»
8. Приказ Министерства энергетики РФ от 28 февраля 2023 г. N 108 «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетических систем России на 2023-2028 годы»

9. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 ноября 2017 г. № 2655-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожная карта») по внедрению целевой модели рынка тепловой энергии, направленных на реализацию Федерального закона от 29 июля 2017 г. № 279-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "О теплоснабжении" и отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам совершенствования системы отношений в сфере теплоснабжения»
10. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2018 г. №703-р «Об утверждении комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики Российской Федерации»
11. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 09 июня 2020 г. № 1523-р «Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.»
12. Распоряжение Правительства РФ от 28 октября 2021 г. № 3052-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.»
13. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2021 № 3924-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса»
14. Указ Президента Российской Федерации от 04.06.2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»
15. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2023 г. № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации»
16. Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»
17. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ «Об электроэнергетике»
18. Федеральный закон от 21 июля 2005 г. N 115-ФЗ «О концессионных соглашениях» (с изменениями и дополнениями)

19. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

20. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. N 190-ФЗ «О теплоснабжении» (с изменениями и дополнениями)

21. Федеральный закон от 29 июля 2017 г. № 279-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О теплоснабжении» и отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам совершенствования системы отношений в сфере теплоснабжения».

22. Федеральный закон от 02 июля 2021 г. N 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»

23. Федеральный закон от 6 марта 2022 г. N 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации»

Публикации в научных изданиях

24. Балацкий Е. В. Глобальные вызовы четвертой промышленной революции // Terra Economicus. 2019. Т 17. № 2. С. 6–22. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-2-6-22.

25. Баринаева В. А., Девятова А. А., Ломов Д. Ю. Роль цифровизации в глобальном энергетическом переходе и в российской энергетике // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. 2021. Т. 16. № 4. С. 126-145. DOI 10.17323/1996-7845-2021-04-06.

26. Башмаков И. А. Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики // Вопросы экономики. 2020. № 7. С. 51-74. DOI 10.32609/0042-8736-2020-7-51-74.

27. Бахтизина Н. В., Бахтизин А. Р. Инвестиции в энергопереход и инструменты финансирования // Федерализм. 2021. № 1. С. 100–114. DOI 10.21686/2073-1051-2021-1-100-114.

28. Белянин А. В. Ричард Талер и поведенческая экономика: от лабораторных экспериментов к практике подталкивания (Нобелевская премия по экономике 2017 года) // Вопросы экономики. 2018. № 1. С. 5-25. DOI 10.32609/0042-8736-2018-1-5-25.

29. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России : экспертный доклад / А. Ю. Иванов, Н. Д. Дурманов, М. П. Орлов [и др.]. Москва : Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики". 2021. 120 с.

30. Бобылев С. Н. Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития // Экономическое возрождение России. 2019. № 3. С. 23-29.

31. Бобылев С. Н. Устойчивое развитие в интересах будущих поколений: экономические приоритеты // Мир новой экономики. 2017. № 7. С. 90-96.

32. Варнавский В. Г. Трансграничное углеродное регулирование Евросоюза: новый инструмент глобального управления // Мировая экономика и международные отношения. 2023. Т. 67. № 1. С. 5-15. DOI 10.20542/0131-2227-2023-67-1-5-15.

33. Вернадский В. И. Автотрофность человечества // Владимир Вернадский: жизнеописание. Избранные труды. Воспоминания современников. Суждения потомков / сост. Г. П. Аксенов М.: Современник, 1993. С. 462–520.

34. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-Пресс, 2012. 576 с.

35. Ветрова М., Пахомова Н., Рихтер К. Стратегии развития российской энергетики в условиях климатических вызовов и геополитической нестабильности // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2023. Т. 39. № 4. С. 439-469. DOI 10.21638/spbu05.2023.401.

36. Гагулина Н. Л., Заединов А. В., Янова Е. А. Особенности и проблемы теплоснабжения в инновационной экономике Санкт-Петербурга // Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО. 2020. С. 123-128.

37. Гильмундинов В. М. Структурные особенности динамики экономики России в 2000-2013 годах и перспективы ее дальнейшего развития // Идеи и идеалы. 2014. Т. 2. № 3(21). С. 73-84.

38. Глазьев С. Ю., Харитонов В. В. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. М., Тривант, 2009. 304 с.
39. Голуб А., Колосницына М., Дякин Д., Шапошников Д. Восстановительный рост экономики России и выбросы парниковых газов // Экономическая политика. 2007. № 2. С. 179-195.
40. Голуб Ю., Шенин С. Администрация Байдена и проблемы «зеленого транзита» // Мировая экономика и международные отношения. 2022. Т. 66. № 2. С. 5–14. DOI 10.20542/0131-2227-2022-66-2-5-14.
41. Грицевич И. Г. Перспективы и сценарии низкоуглеродного развития: ЕС, Китай и США в глобальном контексте // М.: Скорость цвета. 2011. Т. 36.
42. Демина О. В. Регулирование теплоэнергетики в России: реакция локальных рынков // Пространственная экономика. 2017. № 3. С. 62-82. DOI 10.14530/se.2017.3.062-082.
43. Долматов И. А., Сасим С. В. Оценка состояния конкуренции на оптовом рынке электроэнергии // Проблемы прогнозирования. 2022. № 2 (191). С. 94-104. DOI: 10.47711/0868-6351-191-94-104.
44. Ермолаева Ю. В. Проэкологическое поведение и климатический менеджмент // Вопросы управления. 2023. № 4 (83). С. 81-94. DOI 10.22394/2304-3369-2023-4-81-94.
45. Жигалов В. М., Подкорытова О. А., Пахомова Н. В., Малова А. С. Взаимосвязь энергетической и климатической политики: экономико-математическое обоснование рекомендаций для регулятора // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2018. Т. 34. № 3. С. 345-368. DOI 10.21638/spbu05.2018.301.
46. Жуков С. В., Резникова О. Б. Энергетический переход в США, Европе и Китае: новейшие тенденции // Проблемы прогнозирования. 2023. №4 (199). С. 15-31. DOI 10.47711/0868-6351-199-15-31.
47. Жульков М. В. Феномен энергии в истории человеческой мысли // Философская мысль. 2016. № 6. С. 1-18. DOI 10.7256/2409-8728.2016.6.18923.

48. Заединов А. В. Перспективы и вызовы цифровой трансформации российской энергетики: от оптимизации до Интернета энергии // Глобальные вызовы и национальные экологические интересы: экономические и социальные аспекты. 2023. С. 235-240.

49. Заединов А. В. Модернизация бизнес-модели климатических проектов в условиях становления российской секвестрационной индустрии // Проблемы современной экономики. 2023. № 2(86). С. 202-206.

50. Заединов А. В. Пахомова Н. В. Особенности реализации энергоперехода в секторе естественной монополии (на примере российской теплоэнергетики) // Проблемы современной экономики. 2024. № 3 (91). С. 96-101.

51. Заединов А. В., Пахомова Н. В. Стимулирование энергосберегающего поведения населения: от теории к практике «подталкивания» // Проблемы современной экономики. 2023. №4 (88). С. 187-192.

52. Заединов А. В., Пахомова Н. В. Секвестрационный бизнес: барьеры и перспективы в рамках декарбонизации российской экономики // Седьмой международный экономический симпозиум - 2023 : Материалы международных научных конференций: X Международной научно-практической конференции, XX Международной конференции, XXIX Международной научно-практической конференции, VIII Международной научной конференции, Международной конференции молодых ученых-экономистов, Санкт-Петербург, 20–22 апреля 2023 года. Санкт-Петербург: ООО "Скифия-принт", 2023. С. 248-253.

53. Заединов А. В., Гагулина Н. Л. Об экономической эффективности технологий реконструкции тепловых сетей // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2020. № 4. С. 59-69. DOI 10.17586/2310-1172-2020-13-4-59-69.

54. Заединов А. В., Гагулина Н. Л. Анализ подходов к повышению эффективности организации теплоснабжения // Сборник трудов IX Конгресса молодых ученых. 2021. С. 135-141.

55. Заренков С. В., Досалин Э. Х., Богданов А. Б. Плюсы и минусы метода «альтернативная котельная» // КС. Энергетика и ЖКХ. 2016. №3(38). С. 47–48.

56. Ильин А. П. О необходимости учета значимости потребителей при управлении надежностью электроснабжения // Развивая энергетическую повестку будущего. 2021. С. 231-234.

57. Кадомцева М. Е. Концепция устойчивого развития: эволюция теоретических подходов и современное видение // AlterEconomics. 2023. Т. 20. № 1. С. 166-188. DOI 10.31063/AlterEconomics/2023.20-1.9.

58. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро: перевод с английского. Москва: Издательство АСТ. 2018. 710 с.

59. Каюков В., Разманова С., Нестерова О. Современные подходы к управлению развитием Арктической зоны // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2023. Т. 39. № 4. С. 578-598. DOI 10.21638/spbu05.2023.406.

60. Кваша Н. В., Бондарь Е. Г. Распределенная и цифровая энергетика как инновационные элементы четвертого энергоперехода // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2021. Т. 14. № 6. С. 67-77. DOI 10.18721/JE.14605.

61. Климанов Д. Е., Третьяк А. О. Бизнес-модели: основные направления исследований и поиски содержательного фундамента концепции // Российский журнал менеджмента. 2014. Т. 12, № 3. С. 107-130.

62. Клименко В., Клименко А., Терешин А., Локтионов О. Дорога к климатической нейтральности: через леса под землю // Энергетическая политика. 2023. № 7 (185). С. 8-25.

63. Колпаков А. Ю. Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года: параметры и влияние санкций // Экономическая политика России в межотраслевом и пространственном измерении: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции ИЭОПП СО РАН и ИНП РАН. Т. 4 / отв. ред. А. О. Баранов, А. А. Широв. Новосибирск: 2022. С. 113-117. DOI 10.36264/978-5-89665-367-7-2022-005/23-180.

64. Кулапин А. И. Энергетический переход: Россия в глобальной повестке // Энергетическая политика. 2021. № 7 (161). С. 10–15. DOI: 10.46920/2409-5516_2021_7161_10.
65. Марш Д. П. Человек и природа, или О влиянии человека на изменение физико-географических условий природы. Пер. с англ. Неведомского Н. А. Санкт-Петербург: Н. Поляков и Ко. 1866. 587 с.
66. Маркова В. М., Чурашев В. Н. Возможности повышения эффективности и оптимизации структуры энергетики: роли «большой» и «малой» генерации // Мир экономики и управления. 2017. Т. 17. № 3. С. 62-84. DOI 10.25205/2542-0429-2017-17-3-62-84.
67. Маркова В. М., Чурашев В. Н. Децентрализация энергетики: интеграция и инновации // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2020. № 4 (550). С. 8-27. DOI 10.30680/ЕСО0131-7652-2020-4-8-27.
68. Мастепанов А. М. Основные движущие силы энергетического перехода и проблемы его достижения // Проблемы постсоветского пространства. 2021. Т. 8. № 2. С. 256-276. DOI 10.24975/2313-8920-2021-8-2-256-276.
69. Мастепанов А. М., Сумин А. М. "Умные" технологии в российской энергетике: перспективы и вызовы // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2019. № 9. С. 5-13. DOI 10.33285/1999-6942-2019-9(177)-5-13.
70. Мельник А., Наумова И., Ермолаев К. Трансформация управления инновационным развитием для решения проблем декарбонизации и роста энергоэффективности // Форсайт. 2023. Т. 17. № 1. С. 51-66. DOI 10.17323/2500-2597.2023.1.51.66.
71. Невзгодина Е. Л., Макарова Л. А. Предпринимательская деятельность в сфере теплоснабжения: перспективы и риски // Вестник Омского университета. Серия: Право. 2023. Т. 20. № 1. С. 34–42. DOI 10.24147/1990-5173.2023.20(1).34-42.
72. Некрасов А. С., Синяк Ю. В., Воронина С. А., Семикашев В. В. Современное состояние теплоснабжения России // Проблемы прогнозирования. 2011. № 1. С. 30-43.

73. Некрасов В. Л. Энергетический переход. Теоретико-методологические аспекты исследования // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 300-3. С. 57-60.

74. Некрасов С. А. Результаты реформы российской электроэнергетики с точки зрения теологии и системной экономической теории // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2021. № 3. С. 134-149. DOI 10.31857/S0002331021020114.

75. Новак А. Декарбонизация отраслей ТЭК: решение климатических задач без ущерба для энергобезопасности // Энергетическая политика. 2024. № 7(198). С. 8-13. DOI 10.46920/2409-5516_2024_7198_8.

76. Новикова Е. В. Зеленая экономика и зеленое право: мировые тенденции // Экологическое право. 2020. № 3. С. 13-19.

77. Норт Д. Понимание процесса экономических изменений. Пер. с англ. К. Мартынова, Н. Эдельмана. Москва: Издательский дом ГУ–ВШЭ. 2010. 256 с.

78. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Ветрова М. А. Глобальные климатические вызовы, структурные сдвиги в экономике и разработка бизнесом проактивных стратегий достижения углеродной нейтральности // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2022. Т. 38, № 3. С. 331-364. DOI 10.21638/spbu05.2022.301.

79. Пахомова Н. В., Заединов А. В. Энергосбережение и повышение энергоэффективности среди направлений реализации климатической политики в России // ЭКО. 2024. № 1. С. 30–47. DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2024-1-30-47.

80. Пахомова Н. В., Заединов А. В. Кросс-функциональная трактовка энергоперехода и реформирование российской теплоэнергетики в контексте глобальной климатической повестки // Проблемы современной экономики. 2022. № 3(83). С. 109-114.

81. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Малышков Г. Б. Энергетический переход и трансграничное углеродное регулирование: риски и шансы для экономики России // Проблемы современной экономики. 2020. № 4 (76). С. 164-170.

82. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Малышков Г. Б., Хорошавин А. В. Экономика природопользования и экологический менеджмент : Учебник для вузов. Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство ЮРАЙТ", 2020. 417 с.
83. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Малышков Г. Б., Бондаренко Ю. П. Организационно-институциональные условия формирования спроса на инновации // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2015. № 2. С. 4-33.
84. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Малышков Г. Б. Стратегия устойчивого развития и переход к зеленой экономике: обновление приоритетов и механизмов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2013. № 4. С. 35-54.
85. Порфирьев Б. Н., Широ́в А. А. Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов: сценарии и реалии для России // Вестник Российской академии наук. 2022. Т. 92. №. 5. С. 415-423. DOI 10.31857/S086958732205005X.
86. Порфирьев Б. Н., Широ́в А. А., Колпаков А. Ю., Единак Е. А. Возможности и риски политики климатического регулирования в России // Вопросы экономики. 2022. №. 1. С. 72-89. DOI 10.32609/0042-8736-2022-1-72-89.
87. Порфирьев Б. Н., Широ́в А. А., Колпаков А. Ю. Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России // Мировая экономика и международные отношения. 2020. Т. 64. № 9. С. 15-25. DOI 10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25.
88. Порфирьев Б. Н. Оценка результативности и эффективности мер по адаптации населения и экономики к изменениям климата: методологические подходы и ограничения // Проблемы прогнозирования. № 3(204). С. 97-117. DOI 10.47711/0868-6351-204-97-117.
89. Порфирьев Б. Н. Устойчивое развитие, климат и экономический рост: стратегические вызовы и решения для России // СПб.: СПбГУП. 2020.
90. Предпринимательство и инновации: от предприятий к экосистемам / под общей редакцией И. А. Аренкова, Е. А. Мидлер, Е. Г. Черновой. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2023. 267 с.

91. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина; ИНЭИ РАН–Московская школа управления СКОЛКОВО. Москва. 2019. 210 с.
92. Птичников А. В., Шварц Е. А., Попова Г. А., Байбар А. С. Стратегия низкоуглеродного развития России и роль лесов в её реализации // Вестник Российской академии наук. 2023. Т. 93. №1. С. 36-49. DOI 10.31857/S0869587323010073.
93. Раков И. Д. На пути к зеленой экономике: опыт Италии и Франции // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 11-2. С. 389-397.
94. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом. Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн. 2014. 409 с.
95. Роженцова Е. В., Третьякова Е. А., Шимановский Д. В. Факторы проэкологического поведения граждан // ЭКО. 2023. № 2(584). С. 123-136. DOI 10.30680/ЕСО0131-7652-2023-2-123-136.
96. Рогалёв Н. Д., Зубкова А. Г., Мастерова И. В. И др. Экономика энергетики : учеб. пособие для вузов / под ред. Н.Д. Рогалёва. М. : Издательство МЭИ. 2005. 288 с.
97. Санеев Б. Г., Иванова И. Ю., Майсюк Е. П., Тугузова Т. Ф., Иванов Р. А. Энергетическая инфраструктура центральной экологической зоны Байкальской природной территории: воздействие на природную среду и пути его снижения // География и природные ресурсы. 2016. № S5. С. 218-224.
98. Селищева Т. А., Дятлов С. А., Селищев А. С. Формирование модели устойчивого развития Евразийского экономического союза : Монография / под ред. Т. А. Селищевой. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. 2022. 385 с.
99. Селищева Т. А. Проблемы устойчивого развития экономики в странах Евразийского экономического союза // Проблемы современной экономики. 2018. № 2 (66). С. 15-21.

100. Семикашев В. В., Терентьева А. С. Прогноз развития сектора централизованного теплоснабжения до 2030 г. // Проблемы прогнозирования. 2024. № 3 (204) С. 43-55. DOI 10.47711/0868-6351-204-43-55.

101. Скворцова М. А., Тяглов С. Г. Формирование и развитие российского рынка углеродных единиц // Journal of Economic Regulation. 2022. Т. 13. № 4. С. 89-98. DOI 10.17835/2078-5429.2022.13.4.089-098.

102. Скобелев Д. О., Череповицына А. А., Гусева Т. В. Технологии секвестрации углекислого газа: роль в достижении углеродной нейтральности и подходы к оценке затрат // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 125-140. DOI 10.31897/PMI.2023.10.

103. Стенников В. А., Пеньковский А. В. Проблемы российского теплоснабжения и пути их решения // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2019. № 9 (543). С. 48-69. DOI 10.30680/ECO0131-7652-2019-9-48-69.

104. Стенников В. А., Пеньковский А. В. Теплоснабжение потребителей в условиях рынка: современное состояние и тенденции развития // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2019. № 3 (537). С. 8-20.

105. Стенников В. Устойчивое развитие энергетики: тенденции и вызовы // Энергетическая политика. 2023. № 2 (180). С. 32-39. DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_32.

106. Стенников В. А., Пеньковский А. В. Методы тарифного регулирования в теплоснабжении и возможные последствия перехода в ценовую зону «альтернативная котельная» // Энергетическая политика. 2023. № 11 (190). С. 92-106. DOI 10.46920/2409-5516_2023_11190_92.

107. Талер Р. Новая поведенческая экономика. Почему люди нарушают правила традиционной экономики и как на этом заработать. Litres. 2017. 550 с.

108. Тамбовцев В. Л. Устойчивое региональное развитие: актуальные направления институционального анализа // Journal of Institutional Studies (Журнал институциональных исследований). 2019. Т. 11. № 3. С. 104-118. DOI 10.17835/2076-6297.2019.11.3.104-118.

109. Тарануха Ю. В. Конкуренция: система и процесс. Дело и сервис. 2012. 672 с.
110. Терентьева А. С. Анализ основных проблем централизованного теплоснабжения в России на современном этапе // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. № 18. С. 253-273. DOI 10.47711/2076-318-2020-253-273.
111. Третьяк О. А., Климанов Д. Е. Новый подход к анализу бизнес-моделей // Российский журнал менеджмента. 2016. Т. 14. № 1. С. 115-130. DOI 10.21638/spbu18.2016.106.
112. Филиппов С. Новая технологическая революция и требования к энергетике // Форсайт. 2018. Т. 12. № 4. С. 20-33. DOI 10.17323/2500-2597.2018.4.20.33.
113. Хитрых Д. О цифровой трансформации энергетической отрасли // Энергетическая политика. 2021. № 10 (164). С. 76-89. DOI 10.46920/2409-5516_2021_10164_76.
114. Цзепин Я. Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных предприятий Китая // Economic Consultant. 2019. № 2 (26). С. 51-57.
115. Череповицын А. Е., Ильинова А. А., Евсеева О. О. Управление стейкхолдерами проектов секвестрации углекислого газа в системе государство – бизнес – общество // Записки Горного института. 2019. Т. 240. С. 731-742. DOI 10.31897/PMI.2019.6.731.
116. Чернавский С. Я. Реформирование российской энергетики: логика и практика // Вестник ЦЭМИ. 2018. № 3. С. 12. DOI 10.33276/S0000144-1-1.
117. Чернавский С. Я. Успехи и неудачи реформирования российской энергетики. Москва : Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, 2015. 75 с.
118. Шваб К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб — «Эксмо». 2016 — (Top Business Awards)

119. Шинкевич А. И. Низкоуглеродная экономика: проблемы и перспективы развития в России // Актуальные проблемы экономики и права. 2020. № 14(4). С. 783-799
120. Шумпетер Й. А. Капитализм, социализм и демократия, пер. с англ.; предисл. И общ. Ред. В.С. Автономова. М.: Экономика. 1995. 541 с.
121. Шумпетер Й. Теория экономического развития. М.: Прогресс. 1982. 401 с.
122. Allcott H. Social norms and energy conservation // Journal of Public Economics. 2011. Vol. 95 (9-10). P 1082-1095. DOI 10.1016/J.JPUBECO.2011.03.003
123. Apostu S. A., Panait M., Vasile V. The energy transition in Europe—a solution for net zero carbon? // Environmental Science and Pollution Research. 2022. Vol. 29 (47). P. 71358-71379. DOI 10.1007/s11356-022-20730-z
124. Amantova-Salmane L. Guiding principles: the role of science in the ethics of sustainable development // Latgale National Economy Research. 2017. Vol. 1 (9). P. 5-13.
125. Behera J. K. Digital Transformation and Its Impact: An Analytical Study // Digitization of Economy and Society. Apple Academic Press. 2021. P. 27-49.
126. Buckley P. Prices, information and nudges for residential electricity conservation: a meta-analysis // Ecological Economics. 2020. Vol. 172. P. 106635.
127. Cannan E., A. Pigou. The Economics of Welfare // The Economic Journal. 1921. Vol. 31 (122). P. 206-213.
128. Cleveland CJ, Morris C. Dictionary of Energy. 2nd ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. 2015.
129. Dabrowski M. The Contemporary Russian Economy. Palgrave Macmillan Cham, 2023. 410 p. DOI 10.1007/978-3-031-17382-0.
130. Djørup S., Odgaard O., Sperling K., Lund H. Consumer ownership of natural monopolies and its relevance for the green transition: The case of district heating // Energy Regulation in the Green Transition. 2021. P. 34-47.
131. Du Pisani J. A. Sustainable development—historical roots of the concept // Environmental sciences. 2006. Vol. 3 (2). P. 83-96.

132. Elliott J. An introduction to sustainable development. Routledge, 2012. 384 p. DOI 10.4324/9780203844175.
133. Gagulina N., Zaedinov A. Energy-saving potential of heating networks in Russia // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2021. Vol. 258. P. 11001.
134. Gielen D., Boshell F., Saygin D., Bazilian M.D., Wagner N., Gorini R. The role of renewable energy in the global energy transformation // Energy Strategy Reviews. 2019. Vol. 24. P. 38–50. DOI 10.1016/j.esr.2019.01.006.
135. Hotelling H. The economics of exhaustible resources // Journal of political Economy. 1931. Vol. 39 (2). P. 137-175.
136. Kahneman D., Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk // Econometrica. 1979. Vol. 47 (2). P. 263-292.
137. Kažukauskas A., Broberg T., Jaraitė J. Social comparisons in real time: A field experiment of residential electricity and water use // The Scandinavian Journal of Economics. 2021. Vol. 123 (2). P. 558-592.
138. Malthus Th. R. Population: The First Essay. Michigan: University of Michigan Press. 1959. 134 p.
139. Meadows D., Randers J., Meadows D., Behrens III W. W. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York: Universe Books. 1972. 211 p.
140. Nanda S., Reddy S., Mitra S. Kozinski J. The progressive routes for carbon capture and sequestration // Energy Science & Engineering. Vol. 4. Iss. 2. 2016. DOI 10.1002/ese3.117.
141. Ni'mah N. M., Wibisono B. H., Roychansyah M. S. Urban sustainability and resilience governance: review from the perspective of climate change adaptation and disaster risk reduction // Journal of Regional and City Planning. 2021. Vol. 32 (1). P. 83-98.
142. Prisecaru P. Challenges of the Fourth Industrial Revolution // Knowledge Horizons. Economics. 2016. Vol. 8(1). P. 57-62.
143. Romanovskaya A. A., Korotkov V. N., Polumieva P. D., Trunov A. A., Vertyankina V. Yu. & Karaban R. T. Greenhouse gas fluxes and mitigation potential for

managed lands in the Russian Federation // Mitigation and adaptation strategies for global change. 2020. Vol. 5. P. 661–687. DOI: 10.1007/s11027-019-09885-2.

144. Ruokamo E., Meriläinen T., Karhinen S., Rähkä J., Suur-Uski P., Timonen L., & Svento R. The effect of information nudges on energy saving: Observations from a randomized field experiment in Finland // Energy Policy. 2022. Vol. 161. P. 112731.

145. Saleth R. M., Dinar A. The institutional economics of water: a cross-country analysis of institutions and performance. World Bank Publications. 2004.

146. Shi L., Han L., Yang F., Gao L. The evolution of sustainable development theory: Types, goals, and research prospects // Sustainability. 2019. Vol. 11 (24). P. 7158.

147. Tan H., Li J., He M., Li J., Zhi D., Qin F., Zhang C. Global evolution of research on green energy and environmental technologies: A bibliometric study // Journal of Environmental Management. 2021. Vol. 297. P. 113382. DOI 10.1016/j.jenvman.2021.113382.

148. Thaler R., Sunstein C. Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth and Happiness. Yale University Press. 2009. 304 p.

149. Vogelpohl T., Aggestam F. Public policies as institutions for sustainability: potentials of the concept and findings from assessing sustainability in the European forest-based sector // European Journal of Forest Research. 2012. Vol. 131. P. 57-71.

150. Xu M., David J. M., Kim, S. H. The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges // International Journal of Financial Research. 2018. Vol. 9(2). P. 90–95.

Электронные ресурсы

151. Ассоциация «НП Совет рынка». Российская электроэнергетика. URL: <https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/rus/index.htm> (дата обращения: 20.10.2023)

152. Башмаков и др. Движение России к углеродной нейтральности: развилки на дорожных картах // ЦЭНЭФ-XXI. 2023. URL: https://cenef-xxi.ru/uploads/Roadmaps_46ea8e9def.pdf (дата обращения: 20.02.2024)

153. Бойко А. Правительственная комиссия займется адаптацией экономики России к энергопереходу // Ведомости. 2021. URL:

<https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2021/09/19/887328-pravitelstvennaya-komissiya-energoperehodu> (дата обращения: 20.03.2023)

154. В Дубае завершилась климатическая конференция ООН // ТАСС. 2023. URL: <https://tass.ru/obschestvo/19530963?ysclid=lrdnkcws6x579062055> (дата обращения: 13.01.2024)

155. Возобновляемая энергетика России: технологии энергоперехода. II ежегодная конференция // Ассоциация развития возобновляемой энергетики. 2024. URL: <https://rreda.ru/conference2024/?ysclid=m6926jpb10109714406> (дата обращения: 21.01.2025)

156. Восьмое национальное сообщение Российской Федерации представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции ООН об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. 2022. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NC-8_BR-5_rus.pdf (дата обращения: 04.07.2023)

157. Гайда И., Грушевенко Е. Сценарии декарбонизации России // Московская школа управления СКОЛКОВО. Москва. 2022. 19 с. URL: <https://www.skolkovo.ru/centres/senec/senec-research-russia-on-the-trajectory-of-carbon-neutrality/?ysclid=lhw5smsj2y627202372> (дата обращения: 03.02.2023)

158. Глобальный «зеленый» новый курс – доклад // ЮНЕП. 2009. URL: https://www.uncclearn.org/wp-content/uploads/library/unep90_rus.pdf (дата обращения: 09.01.2024)

159. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2022 году // Минэкономразвития России. 2023. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya_deyatelnost/povyshenie_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy_doklad/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezeniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rossiyskoy_federacii_za_2022_god.html?ysclid=lxszaps11k644494898 (дата обращения: 20.01.2024)

160. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2021 году //

Минэкономразвития России. 2022. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya_deyatelnost/povyshenie_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy_doklad/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rossiyskoy_federacii_za_2021_god.html?ysclid=lpb7rvgclk503267781 (дата обращения: 20.10.2023)

161. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2020 году // Минэкономразвития России. 2021. URL: https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rf_za_2020_god.html (дата обращения: 13.09.2022)

162. Деготькова И., Ткачев И. О чем 200 стран договорились по итогам климатического саммита в Глазго // РБК. 2021. URL: <https://www.rbc.ru/economics/15/11/2021/618e742f9a794783e59910b8> (дата обращения: 15.11.2022)

163. Деламейд Д. Германия дебютировала на рынке «зеленых» облигаций // Investing.com. 2020. URL: <https://ru.investing.com/analysis/article-200273454?ysclid=lth86tr17p147555323> (дата обращения: 09.02.2024)

164. Доклад о состоянии конкуренции в Российской Федерации за 2023 год // Федеральная антимонопольная служба. 2024. URL: <https://fas.gov.ru/documents/689569> (дата обращения: 20.01.2025)

165. Доклад о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2020 году // Минэнерго России. 2021. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/22832> (дата обращения: 17.03.2024)

166. Заседание наблюдательного совета АСИ // Президент России. 2025. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/76147> (дата обращения: 24.01.2025)

167. Информационно-аналитический обзор О развитии государственно-частного партнерства в Российской Федерации // Минэкономразвития России. 2020. URL:

<https://www.economy.gov.ru/material/file/6b5f12f3140cf044f1f715d18dfdef0a/gchp%2021.02.2020.pdf.pdf?ysclid=lp824y9c2u679643455> (дата обращения: 21.11.2023)

168. Карбоновые полигоны России: настоящее и будущее // Центр стратегических разработок. 2022. URL: <https://www.csr.ru/ru/research/karbonovye-poligony-rossii-nastoyashchee-i-budushchee/> (дата обращения 10.03.2023)

169. Карбоновые Полигоны Российской Федерации. 2023. URL: <https://carbon-polygons.ru/?ysclid=lotohkauo586121018> (дата обращения 10.11.2023)

170. Конференция ООН по проблемам окружающей человека среды // Организация объединенных наций. 5–16 июня 1972 года, Стокгольм, Швеция. URL: <https://www.un.org/ru/conferences/environment/stockholm1972> (дата обращения: 06.02.2024)

171. Круглый стол Комитета Госдумы по энергетике "Роль топливно-энергетического комплекса в реализации новой климатической политики Российской Федерации. Наилучшие корпоративные практики" // ООО «ТЕХЭКСПЕРТ-ЛАЙН». 29.01.2024. URL: <https://spb.kodeks.ru/news/read/kruglyy-stol-komiteta-gosdumy-po-nergetike-rol-toplivno-nergeticheskogo-kompleksa-v-realizacii-novoy-klimaticheskoy-politiki-rossiyskoy-federacii-nailuchshie-korporativnye-praktiki/novosti-energetiki> (дата обращения: 02.04.2024)

172. Кузнецов М. Станет ли популярной биржевая торговля углеродными единицами // Ведомости. 2022. URL: <https://www.vedomosti.ru/investments/articles/2022/09/27/942629-stanet-li-populyarnoi-torgovlya-ulgerodnimi-edinitsami> (дата обращения 20.03.2023)

173. Кутузова М. «Зеленая стратегия» Германии // НАНГС. 2021. URL: <https://nangs.org/news/renewables/zelenaya-strategiya-germanii?ysclid=lth8btkn6t61987339> (дата обращения: 09.02.2024)

174. Макаренко Н. Опасны ли солнечные панели? «Зеленая» энергетика и жизнь // Наука и техника. 2020. URL: <https://naukatehnika.com/naskolko-bezopasnaya-zelenaya-energetika-solnechnyh-panelej.html?ysclid=lldw6cl8ca552164918> (дата обращения: 23.04.2023)

175. Милькин В., Волобуев А. В России к 2050 году доля угля в генерации энергии может вырасти. // Ведомости. 2023. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/08/25/991818-v-rossii-k-2050-godu-dolya-uglya-v-generatsii-energii-mozhet-virasti?ysclid=lrhiu2seza830284200> (дата обращения: 20.12.2023)

176. Минстрой: более половины концессий в ЖКХ – "пустышки" // РИА Недвижимость. 2020. URL: <https://realty.ria.ru/20200916/minstroy-1577302687.html?ysclid=lp821dkah5470650590> (дата обращения: 22.10.2023)

177. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 - 2021 гг. // Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля. 2023. URL: <http://www.igce.ru/2023/04/18-%D0%B0%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F-2023-%D0%B3-%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D1%84%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81/> (дата обращения: 10.07.2023)

178. «Низкоуглеродное развитие» // Министерство экономического развития Российской Федерации. 2025. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/np_effektivnaya_i_konkurentnaya_ekonomika/fp_nizkouglerodnoe_razvitie/ (дата обращения: 10.02.2025)

179. О модели «альтернативной котельной» // Минэнерго России. 2021 URL: <https://p4energy.ru/wp-content/uploads/2021/01/document-141653.pdf> (дата обращения: 23.02.2024)

180. Основные тренды и статистика рынка ГЧП по итогам 2022 года. Аналитический дайджест // Центр ГЧП. 2022. URL: https://econ.lenobl.ru/media/content/docs/1586/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%B%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A0%D0%9E%D0%A1%D0%98%D0%9D%D0%A4%D0%A0%D0%90_2022.pdf (дата обращения: 23.10.2022)

181. Отчет о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2021 году // РЭА Минэнерго России. 2022. URL:

https://minenergo.gov.ru/upload/iblock/166/Doklad_po_teplyu_za_2021_god.pdf?ysclid=lyqx32bsr3496785769 (дата обращения: 17.06.2024)

182. Парфененкова М. Лесоклиматические проекты спасают планету // Ведомости. 2022. URL:

<https://www.vedomosti.ru/esg/climate/articles/2022/12/22/956576-lesoklimaticheskie-proekti-spasayut-planetu> (дата обращения 19.03.2023)

183. Первый крупный аукцион по продаже углеродных единиц состоялся на Национальной товарной бирже // Московская биржа. 2023. URL:

<https://www.moex.com/n65746> (дата обращения: 10.12.2023)

184. Петров К. Россию ждет ренессанс деловой активности // Ведомости. 2025. URL:

<https://www.vedomosti.ru/legal/practice/columns/2025/02/03/1089537-renessans-delovoi-aktivnosti> (дата обращения: 05.02.2025)

185. Рахимов Т. Итоги цифровизации в энергетическом секторе в 2022 году // Elec.ru. 2022. URL:

<https://www.elec.ru/news/2022/12/23/itogi-cifrovizacii-v-energeticheskom-sektore-v-202.html?ysclid=lefky67m5u547551791> (дата обращения 20.04.2023)

186. Реестр углеродных единиц. URL: <https://carbonreg.ru/ru/> (дата обращения 18.02.2025)

187. Руслан Эдельгериев провел ряд двусторонних встреч на полях 29-й сессии Конференции Сторон // Президент России. 2024. URL:

<http://www.kremlin.ru/events/administration/75786> (дата обращения: 21.01.2025)

188. СПАРК-Интерфакс. URL: <https://spark-interfax.ru/> (дата обращения: 25.05.2023)

189. Стало известно, сколько денег потребуется на исполнение послания президента // РИА Новости. 2024. URL:

<https://ria.ru/20240302/poslanie-1930673819.html?ysclid=ltlvi89lte667683569> (дата обращения: 10.03.2024)

190. Степанова М. Разбор проекта операционного плана реализации низкоуглеродной стратегии // EnergiaVita. 2022. URL: <https://energiavita.ru/2022/02/12/razbor-proekta-operacionnogo-plana-realizacii-nizkouglerodnoj-strategii/> (дата обращения: 10.09.2023)
191. США сообщили ООН, что выходят из Парижского соглашения по климату // ТАСС. 2025. URL: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/22996165> (дата обращения: 06.02.2025)
192. Технологии улавливания, полезного использования и хранения двуокси углерода (CCUS) / под ред. А. Осипцов, И. Гайда, Е. Грушевенко, С. Капитонов. Проектный центр по энергопереходу, Сколтех, 2022. URL: <https://www.skoltech.ru/app/data/uploads/2022/11/CCUS-Skolteh-2022-11-10.pdf> (дата обращения: 09.03.2023)
193. ФАС в СМИ: Существующая система концессионных соглашений в сфере ЖКХ довольна неоднозначна. // ФАС России. 2020. URL: <https://fas.gov.ru/publications/21735?ysclid=lp823yfua0313216182> (дата обращения: 22.10.2023)
194. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 22.01.2023)
195. Ханов М. Нефтяной фонд Норвегии уходит в "зеленую" энергетику. Эпоха нефти и газа кончилась? // ТАСС. 2019. URL: <https://tass.ru/opinions/6558969?ysclid=ltharkhthc623303966> (дата обращения: 02.02.2024)
196. Цирулева Ю. Страны с самыми дорогими услугами ЖКХ // РБК. 2019. URL: <https://realty.rbc.ru/news/5c801cfd9a79476fcce7d0a0> (дата обращения: 05.11.2023)
197. Цифровое видение 2030 // Росатом. 2023. URL: <https://digitalrosatom.ru/about> (дата обращения: 20.10.2023)
198. Цуверкалова О. Ф. Анализ текущего состояния в сфере теплоснабжения в РФ // РосТепло.ру. 2021. URL:

https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4228 (дата обращения: 19.10.2023)

199. Численность «зеленых» растет в ФРГ на фоне протестов против правого экстремизма // ТАСС. 2024. URL: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/19806631?ysclid=lth0bhgglz662548815> (дата обращения: 16.03.2024)

200. Число заключенных в сфере ЖКХ концессий выросло на 35% с 2018 года // ТАСС. 2022. URL: <https://tass.ru/nedvizhimost/13490819?ysclid=lp8207k8pe996171054> (дата обращения: 22.10.2023)

201. Чугунов А. Углеродно нейтральное действие // Коммерсантъ. 2023. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6310338?ysclid=lq2hb1tjf2848892868> (дата обращения: 06.12.2023)

202. Энерджинет. URL: <https://energynet.ru/> (дата обращения 07.10.2023)

203. A European Green Deal // European Commission. 2019. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата обращения: 10.05.2023)

204. Bean G., Davies C. Digitization of the Energy Industry // UH Energy White Paper Series No. 01.2020. URL: <https://uh.edu/uh-energy/research/white-papers/white-papers-files/digitization-of-energy-industry-web.pdf> (дата обращения 21.04.2023)

205. Booth A., Patel N., Smith M. Digital Transformation in Energy: Achieving Escape Velocity. McKinsey&Company. 3 September 2020. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/digital-transformation-in-energy-achieving-escape-velocity> (дата обращения 22.04.2023)

206. Buchner B., Naran B., Padmanabhi R. et al. Global Landscape of Climate Finance 2023. Climate Policy Initiative. 2 November 2023. URL: <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2023/> (дата обращения: 20.05.2024)

207. Building innovation networks to transform the energy landscape // International Renewable Energy Agency. 2017. URL:

<https://irena.org/newsroom/articles/2017/Dec/Building-innovation-networks-to-transform-the-energy-landscape> (дата обращения 18.04.2023)

208. Buli N., Adomaitis N. Norway's plans to raise carbon tax draw oil industry ire // Reuters. 2021. URL: <https://www.reuters.com/article/us-climate-change-norway-idUSKBN29D1BD/> (дата обращения: 05.02.2024)

209. Carbon Sequestration – Methods, Types & Credits // Cool Effect. 2021. URL: <https://www.cooleffect.org/carbon-sequestration> (дата обращения 10.03.2023)

210. Changing energy behaviour – what works? // SEAI Behavioural Economics Unit. 2019. URL: <https://www.seai.ie/> (дата обращения: 29.11.2023)

211. Chinese Carbon Market // European Energy Exchange AG. URL: <https://www.eex.com/en/markets/environmental-markets/china-carbon> (дата обращения: 21.01.2025)

212. Climate Action Plan 2050: Principles and goals of the German government's climate policy // Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety. 2016. Public Relations Division. 11055 Berlin. Germany. URL: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies> (дата обращения: 18.04.2022)

213. Earth Overshoot Day // Global Footprint Network– URL: <https://overshoot.footprintnetwork.org/> (дата обращения: 05.02.2024)

214. Emission gap report 2022 // United Nations Environment Programme <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022> (дата обращения: 09.12.2023)

215. Fostering Effective Energy Transition. 2021 Edition. Insight report // World Economic Forum. 2021. URL: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2021/> (дата обращения: 06.11.2023)

216. Global Development Initiative – Building on SDGs for Stronger, Greener and Healthier Global Development // Ministry for Foreign Affairs. The People’s Republic of China. 2021. URL: https://www.fmprc.gov.cn/eng/zy/jj/GDI_140002/wj/202406/P020240606606193448267.pdf (дата обращения: 21.01.2025)

217. Global Historical Emissions // Climate Watch. 2024. URL: <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions> (дата обращения: 07.05.2024)
218. Global primary energy consumption by source // Our World in Data. 2024. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/global-energy-substitution> (дата обращения: 01.05.2024)
219. Hans Carl von Carlowitz and “Sustainability” // Environment & Society Portal. URL: <https://www.environmentandsociety.org/tools/keywords/hans-carl-von-carlowitz-and-sustainability> (дата обращения: 05.02.2024)
220. Igini M. COP28 Chief Al Jaber calls for phase-out of fossil fuel emissions, Promises to ‘supercharge’ climate // Earth. 2023. URL: <https://earth.org/cop28-chief-berlin/> (дата обращения: 07.07.2023).
221. Inflation Reduction Act // USDA. 2022. URL: <https://www.usda.gov/ira> (дата обращения: 09.02.2024)
222. Innovation landscape brief: Utility-scale batteries // International Renewable Energy Agency. 2019. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Enabling-Technologies_Collection_2019.pdf (дата обращения 18.04.2023)
223. Joseph L. Bower, Clayton M. Christensen. Disruptive Technologies: Catching the Wave” // Harvard Business Review. January-February 1995. URL: <https://hbr.org/1995/01/disruptive-technologies-catching-the-wave> (дата обращения: 04.05.2022)
224. Long-term strategies portal // United Nations Framework Convention on Climate Change URL: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies> (дата обращения: 17.01.2024)
225. Lotze K. How the Energy Sector Is Using the Industry Cloud // ZDNet. 2019. URL: <https://www.zdnet.com/article/how-the-energy-sector-is-using-the-industry-cloud/> (дата обращения: 15.07.2022)
226. Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge. URL: <https://www.miteco.gob.es/en.html> (дата обращения: 25.02.2024)

227. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector // International Energy Agency. 2021. URL: <https://www.iea.org> (дата обращения: 15.10.2022)

228. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4th Edition. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. OECD Publishing. Paris/Eurostat. Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>. (дата обращения: 15.06.2022)

229. Our Common Future // World Commission on Environment and Development. 1987. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата обращения: 07.02.2024)

230. Outcome of the first global stocktake. Draft decision -/CMA.5. Proposal by the President // United Nations Framework Convention on Climate Change. 2023. URL: <https://unfccc.int/documents/636608> (дата обращения: 12.01.2024)

231. Scope of the EU Emission Trading System. URL: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/scope-eu-emissions-trading-system_en (дата обращения: 09.02.2024)

232. Shetty S. India launches joint center with TERI for sustainable energy transition and renewable energy innovation // SolarQuarter. 2024. URL: <https://solarquarter.com/2024/02/13/india-launches-joint-center-with-teri-for-sustainable-energy-transition-and-renewable-energy-innovation/> (дата обращения: 25.02.2024)

233. Statistical Review of World Energy // BP. 2022. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html?ysclid=lpaxkl8cx7694695775> (дата обращения: 22.06.2022)

234. Sustainable Development Goals // United Nations Development Programme. URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (дата обращения: 10.02.2022)

235. The Global Risk Report 2023, 18th Ed. // World Economic Forum. 2023. URL: <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2023/> (дата обращения: 16.01.2024)

236. The Kyoto Protocol // United Nations Framework Convention on Climate Change. 1997. URL: https://unfccc.int/kyoto_protocol (дата обращения 06.05.2023)
237. The Long-Term Strategy under the Paris Agreement // The Government of Japan. 2021. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Japan_LTS2021.pdf (дата обращения: 18.04.2022)
238. The Ministry of Ecological Transition and Territorial Cohesion. URL: <https://www.ecologie.gouv.fr/> (дата обращения: 25.02.2024)
239. The Paris Agreement // United Nations Framework Convention on Climate Change. 2015. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (дата обращения 08.05.2023)
240. Top 10 energy saving tips // State Government of Victoria. 2023. URL: <https://www.energy.vic.gov.au/for-households/save-energy-and-money/top-10-energy-saving-tips#:~:text=Switch%20off%20lights%20and%20electrical,bed%20or%20leave%20the%20house> (дата обращения: 12.11.2023)
241. Versailles Statement: The crucial decade for energy efficiency // IEA. 2023. URL: <https://www.iea.org/news/versailles-statement-the-crucial-decade-for-energy-efficiency> (дата обращения: 05.12.2023)
242. World Energy Balances // IEA. 2021. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances> (дата обращения: 07.07.2023)
243. World Energy Trilemma 2024: Evolving with resilience and justice // World Energy Council. 2024. URL: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/energy-index> (дата обращения: 23.09.2024)