

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*На правах рукописи*



**ОСИНОВСКАЯ Ирина Владимировна**

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ  
ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА  
В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА  
И ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика  
(экономика промышленности)

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора экономических наук

Научный консультант  
доктор экономических наук, профессор  
Газеев Мансур Хамитович

Тюмень - 2026

## Оглавление

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение .....                                                                                                                            | 6   |
| Глава 1 Состояние и перспективы сбалансированного развития топливно-энергетического комплекса .....                                       | 24  |
| 1.1 Состояние и проблемы развития ресурсной базы страны и топливно-энергетического комплекса .....                                        | 24  |
| 1.2 Развитие ТЭК в системе взаимосвязанных императивов энергоперехода и цифровой трансформации .....                                      | 31  |
| 1.3 Роль возобновляемых источников энергии в развитии ТЭК .....                                                                           | 54  |
| 1.4 Структурно-иерархическое представление проблемного поля развития ТЭК через призму топливно-энергетического баланса .....              | 69  |
| Выводы по главе 1 .....                                                                                                                   | 95  |
| Глава 2 Концептуальная основа формирования прогнозного топливно-энергетического баланса .....                                             | 100 |
| 2.1 Структурно-декомпозиционное представление топливно-энергетического баланса .....                                                      | 100 |
| 2.2 Обоснование системы научных принципов формирования прогнозного ТЭБ в условиях энергоперехода и цифровой трансформации экономики ..... | 138 |
| 2.3 Теоретико-методические основы прогнозирования ТЭБ в условиях глобальных трендов .....                                                 | 166 |
| Выводы по главе 2 .....                                                                                                                   | 206 |
| Глава 3 Методологический базис формирования прогнозного ТЭБ в системе программно-целевого управления .....                                | 210 |
| 3.1 Алгоритм формирования прогнозного ТЭБ с высокими адаптивными и динамическими характеристиками .....                                   | 210 |

|                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2 Многоуровневое сценарное конфигурирование структуры топливно-энергетического баланса .....                                                | 245 |
| 3.3 Возможность применения форсайт-технологии на этапе формирования сценариев изменения ТЭБ .....                                             | 286 |
| Выводы по главе 3 .....                                                                                                                       | 291 |
| Глава 4 Прикладные аспекты структурного анализа ТЭБ в контексте повышения энергетической безопасности .....                                   | 293 |
| 4.1 Исследование практической реализации прогнозных моделей ТЭБ для Тюменской области и ХМАО-Югра .....                                       | 293 |
| 4.2 Практические механизмы повышения эффективности использования попутного нефтяного газа .....                                               | 306 |
| 4.3 Системная интеграция потенциала электропроизводства в развитие критической инфраструктуры цифровой экономики (на примере ХМАО-Югра) ..... | 318 |
| 4.4 Инструменты интеграции возобновляемых источников энергии в региональные энергобалансы через корпоративные структуры .....                 | 321 |
| Выводы по главе 4 .....                                                                                                                       | 328 |
| Глава 5 Электроэнергетический вектор цифровой экономики и его влияние на прогнозную структуру топливно-энергетического баланса ...            | 333 |
| 5.1 Обоснование необходимости интенсификации электропроизводства и электропотребления в условиях цифровизации.....                            | 333 |
| 5.2 Угольный тренд в обеспечении растущего цифрового спроса на электроэнергию .....                                                           | 348 |
| 5.3 Методологическая основа комплексной оценки эффективности структурных изменений прогнозного ТЭБ .....                                      | 362 |
| 5.4 Совершенствование государственного управления в области формирования и управления прогнозным ТЭБ .....                                    | 412 |
| Выводы по главе 5 .....                                                                                                                       | 416 |
| Заключение .....                                                                                                                              | 420 |

|                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Список литературы .....                                                                                                                                             | 424 |
| Приложение А (обязательное). Основные проблемы, существующие в области формирования ТЭБ.....                                                                        | 479 |
| Приложение Б (обязательное). Подходы к определению топливно-энергетического комплекса .....                                                                         | 481 |
| Приложение В (обязательное). Составляющие мирового топливно-энергетического комплекса .....                                                                         | 483 |
| Приложение Г (обязательное). Масштабы, динамика и структура потребления ТЭР различными странами мира в 2020 году .....                                              | 484 |
| Приложение Д (обязательное). Распределение ВИЭ-генерации и динамика выработки электроэнергии .....                                                                  | 486 |
| Приложение Е (обязательное). Информационная база структурного анализа .....                                                                                         | 488 |
| Приложение Ж (обязательное). Основные формы статистической отчетности, необходимые для формирования отчетного топливно-энергетического баланса .....                | 494 |
| Приложение И (обязательное). Концептуальная, теоретико-методологическая модель формирования прогнозного ТЭБ .....                                                   | 496 |
| Приложение К (обязательное). Актуальные проблемы в области формирования ТЭБ и направления их решения .....                                                          | 498 |
| Приложение Л (обязательное). Ранжирование субъектов РФ по среднегодовым темпам прироста энергоемкости ВРП в 2016–2022 г. ....                                       | 501 |
| Приложение М (обязательное). Основные блоки и связи модельно-информационного комплекса SCANNER .....                                                                | 502 |
| Приложение Н (обязательное). Федеральные и национальные проекты, которые могут оказать влияние на формирование национальной системы управления прогнозным ТЭБ ..... | 503 |
| Приложение П (обязательное). Прогнозный ТЭБ по сценариям энергетической стратегии до 2050 г. ....                                                                   | 505 |



|                                                                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Приложение Р (обязательное). Топливо-энергетический баланс Тюменской области .....                                                                                            | 507 |
| Приложение С (обязательное). Топливо - энергетический баланс Ханты-Мансийского автономного округа - Югры за 2021 год и на период 2022–2025 годов с оценкой до 2030 года ..... | 511 |
| Приложение Т (обязательное). Коэффициенты перевода в тонны условного топлива .....                                                                                            | 514 |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Экономика России проходит этап активной адаптации к внутренним условиям и внешним вызовам, что сопряжено с поиском направлений обеспечения устойчивого долгосрочного развития. Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) играет значимую роль в экономике страны и обеспечении ее энергетической безопасности. Энергетика является одной из основополагающих отраслей экономики, от её состояния зависит продуктивное функционирование всей хозяйственной системы. В условиях энергоперехода и становления цифровой экономики актуализируются вопросы развития отраслей ТЭК, особенно электроэнергетики, обладающей многократно большим мультипликативным эффектом по сравнению с другими отраслями.

В настоящее время на институциональном уровне отмечается приоритетная значимость обеспечения доступа к топливо-энергетическим ресурсам (ТЭР), развитости соответствующей инфраструктуры, эффективного управления не только запасами и добычей ресурсов, но и электроэнергетикой, развитием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с целью достижения требований глобального энергоперехода. Эти задачи можно рассматривать в качестве ключевых драйверов обеспечения энергетической и экономической безопасности. Управление ими возможно посредством формирования прогнозных топливо-энергетических балансов (ТЭБ) и в целом посредством перевода статуса ТЭБ из формального статистического документа в действенный гибкий инструмент превентивного управления.

Структурная трансформация ТЭБ в долгосрочном прогнозном периоде определяется совокупностью факторов, среди которых ключевое значение имеют глобальный энергопереход и цифровая экономика. Следует учитывать, что энергетический переход осуществляется одновременно с цифровой трансформацией экономики, сопоставимой с ним по глубине и масштабу системных изменений. Связанный с глубокими организационно-технологическими преобразованиями в сферах производства, передачи и потребления энергии,

энергопереход рассматривается как приоритетное направление государственной политики. Вместе с тем, его реализация в современных условиях невозможна без развития цифровых технологий, систем искусственного интеллекта и соответствующей цифровой инфраструктуры.

В этой связи представляется обоснованным выделение цифровых императивов энергоперехода как необходимого условия достижения его стратегических целей. Синергия энергетического перехода и цифровой трансформации обуславливает необходимость как содержательной и структурной адаптации ТЭБ, так и совершенствования методологии его формирования, прогнозирования структурных изменений, направленных на сбалансированное развитие системы «ТЭК – народное хозяйство».

Единого системного подхода к разработке прогнозных ТЭБ к настоящему времени не сформировалось. Сложность процесса составления и недостаточно полная проработка методологических вопросов требуют дополнительных исследований и подготовки соответствующих методических рекомендаций для разных уровней управления. В связи с этим актуализируются вопросы развития методологических аспектов формирования прогнозного ТЭБ, что может быть востребовано на различных управленческих уровнях при достижении широкого круга стратегических и тактических целей, направленных на обеспечение энергетической безопасности государства. Вышеизложенные обстоятельства определили актуальность и выбор темы диссертационного исследования.

**Степень разработанности научной проблемы.** Фундаментальной базой развития методологических аспектов формирования ТЭБ послужили работы И. А. Башмакова, В. В. Леонтьева, А. А. Макарова, В. А. Мелентьева, С. Д. Фельда и др. Разработка прогнозного ТЭБ непосредственно коррелирует с методологическими вопросами формирования и управления межотраслевым балансом (МОБ), который рассматривается в работах Е. Н. Ведуты, Н. И. Ведуты, И. Ф. Ветрова, Н. Г. Гудиевой, Е. Л. Торопцева и др.

Различные аспекты оптимизации структуры ТЭБ раскрываются в работах

М. В. Горяинова, А. Е. Ивановой, М. А. Иващенко, В. А. Кокшарова, И. П. Мамий, В. А. Минина, Н. В. Павлова, Т. Н. Петровой, Ю. А. Плакиткина, Л. С. Плакиткиной, И. Д. Ратмановой, В. А. Саркисян, Т. В. Спиридоновой, С. Е. Трофимова и др. Активно ведутся исследования в области компенсации дисбаланса между выработкой и потреблением энергии, что отражено в работах С. Armenta-Déu, L. Demas, Л. Д. Гительмана, В. В. Добродей, М. В. Кожевникова, Ю. К. Шафраника и др. Необходимость усиления значимости развития электроэнергетики в сценариях интенсификации развития экономики и энергетики России прослеживается в трудах Ф. В. Веселова, А. А. Макарова, В. А. Малахова.

Вопросам прогнозирования энергопотребления на различных уровнях (региональном, отраслевом, национальном), а также исследованиям взаимосвязи экономики и энергетики прогнозного характера посвящен ряд работ таких ученых, как И. В. Андропова, Е. В. Гальперов, Д. Ю. Кононов, Ю. Д. Кононов, В. А. Кулагина, О. В. Мазуров, А. А. Макаров, Т. А. Митрова, В.В. Пленкина, Ю.К. Шафраник и др.

Развитие методических основ прогнозирования отражено в работах не только отдельных ученых, но и авторских коллективов Международного научно-образовательного Форсайт-центра, Института научного форсайта и наукометрии, Национального центра социально-экономического и научно-технологического прогнозирования, Института народнохозяйственного прогнозирования РАН (ИНП РАН), Института энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН).

Критической важности учета особенностей цифровой экономики, а также оценке генерируемых мультипликативных эффектов посвящены работы А. О. Баранова, Н. А. Волынской, М. Х. Газеева, А. В. Гореева, В. А. Малахова, А. В. Рыбака и др. Прогнозная структура ТЭБ существенно зависит от уровня развитости межтопливной конкуренции, в том числе и при формировании энергобалансов на уровне компаний реального сектора экономики. Вопросы межтопливной конкуренции раскрываются, например, в работах М. В. Ляхновой, Д. Н. Щербакова и др. Выделение в структуре ТЭБ возобновляемых источников энергии, а также различные аспекты энергетического перехода, оказывающего существенное

влияние на структуру прогнозного ТЭБ, сценарное моделирование развития мировой нефтегазовой отрасли, рассматриваются в работах С. В. Алымова, Л. Д. Гительмана, В. В. Дребенцова, Н. А. Иванова, А. А. Ильинского, М. В. Кожевникова, Б. Е. Ратникова, В. В. Семикашева, Цайнэн Цзоу, L. Blum, K. Knosala, L. Kotzur, F.T. Röben , M. Robinius, P. Stenzel, D. Stolten и др.

Проблемы информационного обеспечения, и как следствие, снижения достоверности прогнозных ТЭБ описываются в работах Н. В. Железняк, С. Д. Коровкина, И. Д. Ратмановой. Также предпринимаются попытки разработки программного обеспечения для создания ТЭБ в удобном для анализа графическом представлении с возможностью оптимизации различных секторов потребления ТЭР, что находит свое отражение в работах Р. Н. Алмакаевой, Е. Б. Золотухиной, О. А. Прокопьева, И. Д. Эляковой и др.

Значительный вклад в развитие методологии формирования прогнозного ТЭБ, оптимизации его структуры, учета множества факторов, влияющих на него в условиях современных геополитических вызовов, внесли институты Российской академии наук: Центральный экономико-математический институт РАН (ЦЭМИН РАН), Институт энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН), Институт систем энергетики Сибирского отделения РАН (ИСЭМ СО РАН). Научно-координационный совет РАН по проблемам прогнозирования и стратегического планирования играет важную роль в выявлении и обозначении приоритетных исследовательских направлений.

Исследование проблем в области методологии формирования прогнозных ТЭБ в современных условиях развития ТЭК показало: 1) отсутствие единой системной методологической основы формирования прогнозного ТЭБ; 2) ограниченное восприятие ТЭБ как инструмента стратегического управления системой «ТЭК – народное хозяйство», что сужает его аналитический и управленческий потенциал в условиях структурной трансформации ТЭК; 3) преобладание консервативного подхода к прогнозированию, не в полной мере учитывающего структурные сдвиги, обусловленные глобальным энергетическим переходом; 4) слабый учет цифровых императивов энергоперехода и влияния

цифровой инфраструктуры на структуру и динамику энергопотребления; 5) недостаточный учет межотраслевых взаимосвязей, что ограничивает возможности комплексного отражения процессов трансформации ТЭК на уровне стратегического планирования.

Актуальность и недостаточная разработанность ряда теоретико-методологических положений, связанных с формированием прогнозных ТЭБ в условиях глобального энергетического перехода и цифровой трансформации, а также их высокая значимость для стратегического управления развитием системы «ТЭК – народное хозяйство» определили содержание цели и задач диссертационного исследования.

Гипотеза исследования состоит в том, что развитие методологической основы формирования прогнозных ТЭБ на основе системного подхода и комплексного использования сценарного моделирования, технологического прогнозирования, программно-целевого подхода и многокритериальной оптимизации позволит обеспечить более полный учет императивов глобального энергоперехода и последствий тотальной цифровизации, что повысит обоснованность стратегических решений в системе «ТЭК – народное хозяйство» и будет способствовать сбалансированному развитию энергетики и смежных отраслей в интересах энергетической безопасности страны.

**Объектом исследования** выступает прогнозный ТЭБ, рассматриваемый в качестве системообразующего элемента и ключевого инструмента стратегического управления взаимосвязями в системе «ТЭК – народное хозяйство».

**Предметом исследования** являются методологические подходы, модели и инструменты формирования прогнозного ТЭБ, а также механизм его использования в качестве управленческого инструментария при решении задач усиления энергетической безопасности государства в условиях глобального энергоперехода и цифровой экономики.

**Цель и задачи исследования.** Диссертационное исследование целеориентировано на развитие методологии формирования прогнозного ТЭБ как управленческого инструментария с учетом императивов глобального

энергоперехода и цифровой экономики на основе комплексного междисциплинарного подхода, направленного на повышение взаимосвязанности прогнозирования и стратегического планирования в системе «ТЭК – народное хозяйство» и обеспечивающего энергетическую безопасность государства.

Достижению поставленной цели служит решение комплекса исследовательских **задач**:

- обосновать роль прогнозного ТЭБ в управлении сбалансированным развитием ТЭК в условиях глобального энергоперехода и цифровой трансформации экономики, а также уточнить его содержательную характеристику как инструмента стратегического управления энергетической безопасностью государства;
- обосновать и систематизировать научные принципы формирования прогнозного ТЭБ в условиях глобального энергетического перехода и цифровой трансформации экономики;
- развить модельные основы методологии разработки прогнозного ТЭБ на основе синтеза научных методов и подходов;
- сформировать методологический подход к созданию многоуровневого сценарного конфигурирования структуры ТЭБ, отвечающего целям энергоперехода, условиям развития цифровой экономики и обеспечению энергетической безопасности;
- определить вклад возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в обеспечение растущего энергопотребления в условиях глобального энергоперехода, а также оценить целесообразность их выделения в прогнозной структуре ТЭБ;
- оценить необходимость интенсификации производства и потребления электроэнергии как одного из структурных вызовов, влияющего на прогнозную структуру ТЭБ и фактора обеспечения развития цифровой экономики;
- на примере электроэнергетики разработать методику комплексной оценки экономического эффекта развития отдельных секторов экономики, позволяющую

определять эффективность изменений в структуре прогнозного ТЭБ;

- обосновать направления и основные меры государственного регулирования, ориентированные на достижение необходимых структурных изменений в ТЭБ, позволяющие обеспечить опережающее электропроизводство над электропотреблением в контексте удовлетворения требований энергоперехода и развития критически важной инфраструктуры цифровой экономики.

#### **Теоретическая и методологическая основа исследования.**

Теоретической основой исследования послужили фундаментальные научные концепции и положения, содержащиеся в трудах отечественных и зарубежных авторов, анализирующие вопросы обеспечения сбалансированного развития ТЭК, проблемы формирования прогнозного ТЭБ, различные аспекты энергоперехода и цифровой трансформации экономики, энергообеспечения растущих потребностей общества, а также оценки возникающих мультипликативных эффектов в смежных отраслях экономики.

В процессе диссертационного исследования применялись *методы-подходы*: системный, программно-целевой, сценарный, ситуационный, балансовый, межотраслевой и синергетический; *методы-приемы*: логический, сравнительный, ретроспективный и комбинаторный анализ, многокритериальная оценка, социально-экономическое, технологическое прогнозирование, двухуровневая триадическая дешифровка; *методы-действия*: анализ, сопоставление, оценивание, прогнозирование и др.

**Информационно-эмпирическую базу диссертационного исследования составили:** официальные данные Федеральной службы государственной статистики; ведомственная отчетность профильных министерств и комиссий энергетического блока (Министерство энергетики РФ, региональные энергетические комиссии); официальные стратегические документы в сфере энергетической политики, включая энергетическую стратегию РФ; нормативно-правовые акты, регулирующие ТЭК; результаты научно-исследовательских работ профильных институтов (Института энергетических исследований РАН, Института народнохозяйственного прогнозирования РАН); энергетические



балансы за репрезентативный период; электронные информационные ресурсы профессиональных энергетических сообществ и аналитических центров.

**Обоснованность и достоверность результатов диссертационного исследования.** Обоснованность результатов, полученных в диссертационном исследовании, обуславливается принятой теоретико-методологической основой исследования закономерностей формирования прогнозных ТЭБ и достигается комплексным использованием известных, проверенных практикой теоретических и эмпирических методов исследования, а также согласованием новых положений с уже известными теоретическими положениями науки в области формирования ТЭБ. Достоверность результатов обуславливается содержанием сформированной информационной базы и достигается соблюдением требований непротиворечивости идей и выводов, соответствия эмпирическим данным, состоятельности при описании известных балансовых и экономических взаимосвязей. Обоснованность и достоверность результатов также подтверждается апробацией и публикацией материалов исследования.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** По своему содержанию, предмету и методам исследования работа соответствует специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика, направлениям исследований по специализации «Экономика промышленности»: п. 2.13. Топливо-энергетический баланс страны и административно-территориальных образований; п. 2.14. Проблемы повышения энергетической эффективности и использования альтернативных источников энергии.

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в развитии концептуальных основ и методологии формирования прогнозных ТЭБ, а также включении их в управленческий цикл обеспечения энергетической безопасности государства за счет повышения взаимосвязанности прогнозирования и стратегического планирования в системе «ТЭК – народное хозяйство» в условиях энергоперехода и цифровой трансформации экономики.

**Результаты исследования, составляющие научную новизну и отражающие личный вклад автора, заключаются в следующем:**

- предложена авторская интерпретация понятия «прогнозный топливно-энергетический баланс» как системы научно обоснованных показателей структуры приходной и расходной частей по видам ТЭР на прогнозный период с учетом технологического развития и сценарного форсайта в энергетике и смежных отраслях, приоритетных направлений социально-экономического развития страны, обеспечивающих сбалансированность внутреннего спроса и экспортных поставок ТЭР с объемами их поступления. Содержательно интерпретация понятия «прогнозный топливно-энергетический баланс» выполнена в исследовании в порядке реагирования на выявленные ключевые проблемы, выраженные, в том числе, в структурной диспропорции производства и потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), что позволило обозначить необходимые условия для обеспечения сбалансированного развития ТЭК, а именно достаточность ресурсной базы, структурной согласованности процессов производства, преобразования и потребления энергетических ресурсов, а также соблюдение требований энергетического перехода и цифровой экономики. Авторская интерпретация понятия «прогнозный ТЭБ» даст основание рассматривать его не только как статистический документ, но и как эффективный инструмент превентивного управления сбалансированным развитием ТЭК и энергетической безопасностью государства (пункт 2.13. Топливо-энергетический баланс страны и административно-территориальных образований паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика);

- определена совокупность базовых принципов разработки прогнозного ТЭБ, а именно: цифрообусловленность, системность, адаптивность, вариативность, развитие, самоорганизация и структуризация с целью более глубокого понимания и отражения внутренней причинно-следственной динамики его формирования в условиях глобального энергетического перехода и цифровой трансформации экономики. В этой совокупности важнейшим принципом является цифрообусловленность ТЭБ в соответствии с приоритетами цифровизации. Предложенный набор базовых принципов обеспечит увязку процесса формирования прогнозного ТЭБ с комплексной экономической оценкой его

структуры, включающей совокупность прямых эффектов, возникающих в процессе реализации инновационных проектов в области энергетики, и сопряженных эффектов, возникающих в смежных отраслях, а также в области экологии, энергетической безопасности и социальной сфере. Обязательное использование базовых принципов позволит повысить качество подготовки прогнозного ТЭБ и, как следствие, обеспечить достижение национальных целей в обеспечении энергетической безопасности страны (пункт 2.13. Топливо-энергетический баланс страны и административно-территориальных образований паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика);

- предложена концептуальная теоретико-методологическая модель формирования прогнозного ТЭБ, ориентированная на многовариантную разработку его прогнозной структуры с учетом сформировавшихся мегатрендов и применением комплекса научных методов, сгруппированных по целевой направленности отдельных блоков модели. Первый блок включает проработку рамочных параметров формирования альтернативных вариантов прогнозной структуры ТЭБ, учитывающих результаты трендового анализа; второй блок ориентирован на разработку целевых программных мер по управлению структурой ТЭБ на основе синтеза системного, программно-целевого и многокритериального подходов, а также многоуровневого сценарного конфигурирования прогнозного ТЭБ; третий блок является оценочным и представляет собой систему оценки ожидаемых мультипликативных эффектов от структурных изменений ТЭБ.

Рекомендованная автором модель позволит реализовать «бесшовный» принцип формирования ТЭБ, повысить эффективность управления его структурными изменениями, а также обосновывать целесообразность реализации со стороны государства мер поддержки (льготирование, преференции, создание условий для развития благоприятной инвестиционной среды и т. д.) для приоритетных отраслей и секторов экономики (пункт 2.13. Топливо-энергетический баланс страны и административно-территориальных образований паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика);

- предложен методологический подход многоуровневого сценарного

конфигурирования структуры прогнозного ТЭБ, позволяющий обеспечить согласование результатов прогнозирования посредством интеграции существующих методик и эмпирические данные, иерархическую взаимоувязку показателей и сценариев на национальном и региональном уровнях. Сделанные предложения позволят формализовать процесс включения технологических, экономических, климатических и геополитических факторов в прогнозную модель, путем создания нормативно-методологической основы для унификации процедур формирования прогнозных ТЭБ с учетом императивов энергоперехода и цифровой трансформации экономики (пункт 2.13. Топливо-энергетический баланс страны и административно-территориальных образований паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика);

- обоснована целесообразность выделения в качестве элемента предиктивной аналитики структурной перестройки ТЭБ доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и необходимость формирования программных мер, направленных на ее поддержание как на уровне национальной экономики, так и на уровне регионов. Достижение необходимой доли ВИЭ обеспечит соблюдение принципа конгруэнтности целей всех заинтересованных лиц в контуре управления структурообразующими элементами ТЭБ и в контексте выделенных отраслевых трендов, таких как рост потребления электроэнергии, модернизация существующих мощностей, строительство новой генерации, развитие ВИЭ, усиление государственной поддержки в области приращения ТЭР и расширения инфраструктуры для диверсификации их потребления в прогнозном диапазоне до 2050 года (пункт 2.14. Проблемы повышения энергетической эффективности и использования альтернативных источников энергии паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика);

- доказано, что достижение структуры прогнозного ТЭБ сопряжено с ключевым вызовом, диктующим необходимость интенсификации производства электроэнергии, в первую очередь, за счет увеличения доли ВИЭ, АЭС, ГЭС<sup>1</sup>, а также роста ее потребления во всех отраслях в условиях энергоперехода, развития

---

<sup>1</sup> ВИЭ – возобновляемые источники энергии, АЭС – атомные электростанции, ГЭС - гидроэлектростанции

цифровой экономики и повышения энергобезопасности. В условиях низких ежегодных темпов прироста генерирующих мощностей, обусловленных технико-технологическим отставанием в области электроэнергетики, первоочередной задачей является обеспечение опережающего развития производства электроэнергии по сравнению с электропотреблением за счет повышения ввода новых генерирующих мощностей и активного внедрения инновационных решений. Обоснована целесообразность строительства центров обработки данных в регионах с избыточным электропроизводством, например, в ХМАО-Югре. Превентивная разработка мер, ориентированных на достижение структуры прогнозного ТЭБ, позволит обеспечить не только рост конкурентоспособности экономики России, но и стабильность в области энергетической безопасности (пункт 2.14. Проблемы повышения энергетической эффективности и использования альтернативных источников энергии паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика);

- предложен критерий комплексной оценки эффективности изменений структурообразующих элементов прогнозного ТЭБ, включающий прямой эффект, эффект смежных отраслей, эффект в области экологии, социальной сферы и энергетической безопасности. Критерий позволяет учитывать изменение народнохозяйственных мультипликаторов в условиях энергоперехода и цифровой экономики. В качестве количественного измерителя системных эффектов целесообразно использовать дополнительный рост ВВП в прогнозном периоде, обусловленный реализацией различных программных мер как на уровне государства, регионов, так и на уровне отдельных энергетических компаний и компаний смежных отраслей. При этом акцент делается на мультипликативном эффекте, формирующемся за счет развития смежных отраслей, инфраструктуры и социальной сферы в регионах размещения новых энергообъектов, а также за счет повышения эффективности и конкурентоспособности экономики благодаря надежному и современному энергообеспечению (пункт 2.13. Топливо-энергетический баланс страны и административно-территориальных образований паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика);

- обоснованы направления и основные меры государственного регулирования, ориентированные на обеспечение условий, способствующих достижению необходимых изменений в структурообразующих элементах прогнозного ТЭБ за счет реализации управленческих решений, направленных на создание, модернизацию действующих генерирующих мощностей в сегменте электропроизводства на основе современных инновационных технико-технологических решений, отвечающих требованиям энергетического перехода, способствующих развитию критической инфраструктуры цифровой экономики и обеспечению энергетической безопасности страны, а именно:

- закрепление на уровне государства практики использования механизма целевого направления части дивидендных потоков, выплачиваемых государственными энергетическими компаниями в федеральный бюджет, на финансирование стратегических инфраструктурных проектов в регионах их присутствия;
- обеспечение условий более быстрой окупаемости инвестиций в создание генерирующих мощностей на основе инновационных технологий за счет введения целевых инвестиционных и налоговых льгот, субсидирования процентных ставок по кредитам на закупку высокотехнологичного оборудования с последующим реверс-инжинирингом;
- формирование консорциумов по образцу успешных зарубежных моделей с участием генерирующих компаний, машиностроительных заводов, научно-исследовательских институтов и партнеров из дружественных стран для локализации технологий (пункт 2.13. Топливо-энергетический баланс страны и административно-территориальных образований паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика).

**Теоретическая и практическая значимость исследования** определяется развитием теоретико-методологической основы формирования прогнозных ТЭБ, расширением понятийного аппарата, уточнением дефиниции «прогнозный ТЭБ», разработкой методики комплексной оценки экономических эффектов от развития различных секторов экономики в привязке к структурным изменениям прогнозного

ТЭБ. Сделанные предложения могут быть использованы при подготовке нормативно-правовых документов и методических материалов на уровне органов государственной власти, в том числе для реализации процедуры отбора приоритетных программных мер, направленных на покрытие потребностей в ТЭР для обеспечения энергетической безопасности в условиях энергетического перехода и развития цифровой экономики.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационного исследования обсуждались на научно-практических конференциях в России и за рубежом, проходивших в 2013-2026 гг., в том числе на: Всероссийской научно-практической интернет-конференции «Информационные технологии в экономике» (Луганск, 2026), Международной научно-практической конференции «Современные технологии и экономика энергетики» (Санкт-Петербург, 2026), Всероссийской научно-практической конференции «Инженерное лидерство России» (Брянск, 2025), Международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация: тенденции и перспективы» (Москва, 2025), International Conference on «Mathematical Techniques in Engineering Applications (ICMTEA2025)» (Индия, 2025), Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий» (Тюмень, 2023), Международной научно-практической конференции «Научная территория: технологии и инновации» (Тюмень, 2022), Международной научно-практической конференции «Цифровая экономика и финансы» (Санкт-Петербург, 2021), Международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д. И. Менделеева (Тюмень, 2019), Международной научно-практической конференции «Нефть и газ Западной Сибири» (Тюмень, 2017), Всероссийской научно-практической конференции «Бизнес и окружающая среда: баланс интересов» (Тюмень, 2013).

Научные положения и решения, полученные автором, были апробированы в ходе выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ (НИОКТР), зарегистрированных в единой государственной информационной системе учета научно-исследовательских, опытно-

конструкторских и технологических работ по темам: «Технологическое прогнозирование в управлении энергетической безопасностью страны» (рег. номер 120110390036–8, период выполнения 2020–2025 гг.); «Методологические основы управления топливно-энергетическим балансом страны» (рег. номер 125062007351-0, период выполнения 2025 – 2028 гг.). Полученные результаты внедрены в научно-образовательный процесс Тюменского индустриального университета, что подтверждается разработкой и чтением дисциплины «Технологическое прогнозирование».

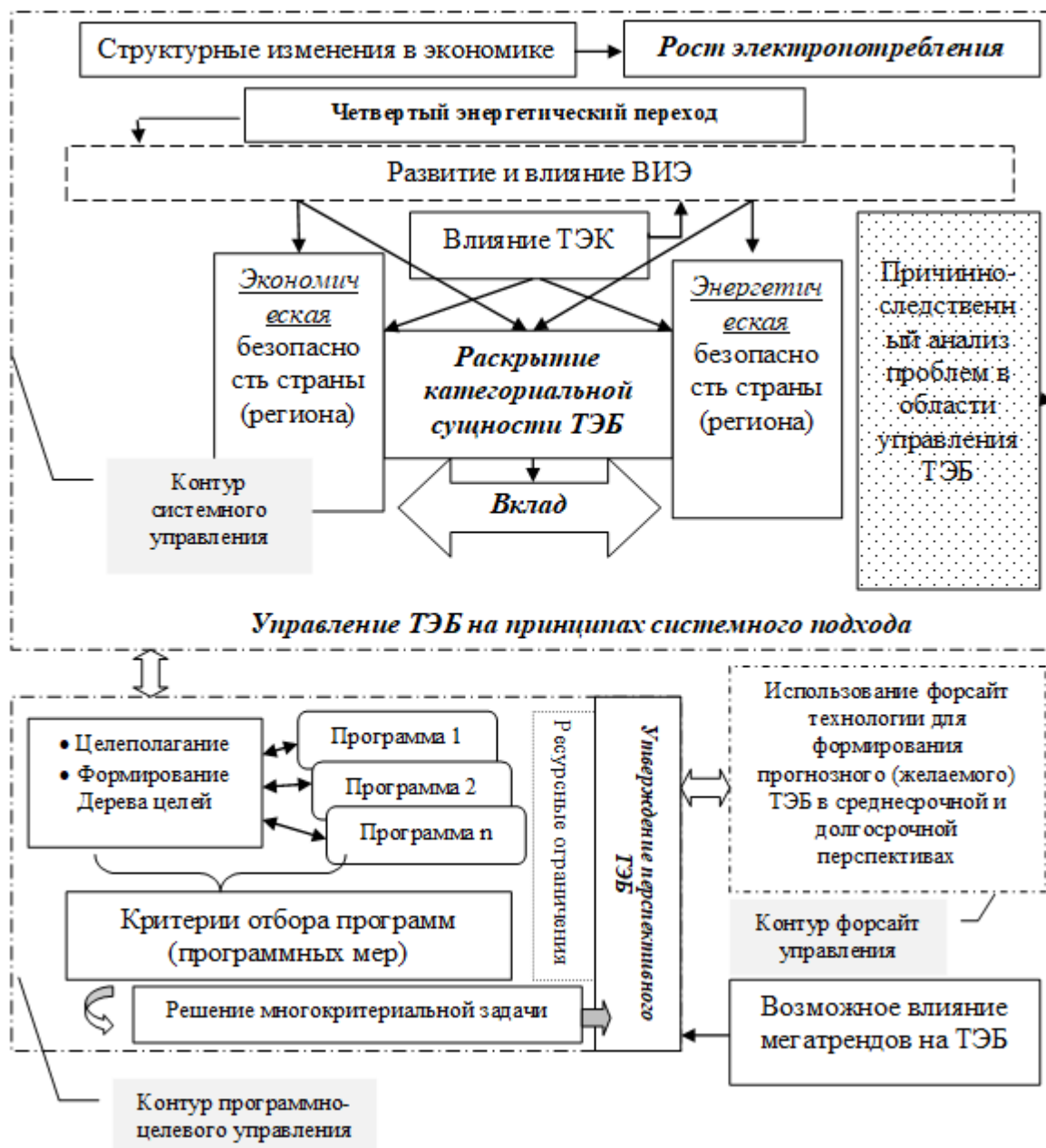
**Публикации.** Результаты диссертационного исследования отражены в 23 научных публикациях общим объемом 12,1 п.л. (авт. 7,51 п.л.). Из них 18 статей в объеме 6,01 п.л. опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 5 статей напечатаны в научных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus. Кроме того, результаты исследования отражены в 3 монографиях (общим объемом 30,8 п. л., из них 20,1 п. л. авт.).

Опираясь на высокую важность и актуальность вопросов формирования оптимального в определенных условиях ТЭБ целесообразно рассмотреть логику проводимого исследования, посредством составления его структурно-логического профиля, в формализованном виде отраженного на рисунке.

Ключевое значение имеет тот фактор, что методологически ТЭБ формируется на предложениях крупных энергетических компаний, а его необходимо формировать согласно экономическим законам исходя из спроса. Несоответствие приводит к ошибкам в инвестиционных программах компаний [356].

Структурно-логический профиль проводимого исследования включает необходимость раскрытия трактовки топливно-энергетического баланса и его роли в обеспечении экономической и энергетической безопасности страны или отдельно взятого региона, опираясь на Доктрину энергетической безопасности РФ [146].





Источник: составлено автором.

Рисунок - Структурно-логический профиль исследования основных вопросов формирования топливно-энергетического баланса

Так, П. Засадный во время круглого стола на тему «Формирование топливно-энергетических балансов России и регионов» в 2017 году отметил, что «энергетическая и экономическая безопасность страны напрямую зависит от сбалансированности спроса и возможностей отраслей ТЭК в добыче и производстве основных видов топлива, а также от структуры их потребления. В

связи с этим, формирование топливно-энергетического баланса имеет стратегически важное значение для социально-экономического развития регионов и страны в целом» [355].

Процесс управления ТЭБ, согласно авторской логике, является многоконтурным и включает в себя три контура: контур системного управления, контур программно-целевого управления, контур форсайт управления с опорой на результаты анализа мегатрендов. Выделенные контуры взаимосвязаны между собой и взаимообусловлены.

Контур системного управления предполагает управление на принципах системного подхода, позволяет отразить взаимосвязь отдельных подсистем, связанных с различными аспектами формирования и использования ТЭБ, с выстраиванием причинно-следственных связей между возникшими проблемами в области формирования и управления ТЭБ и возможными исходами в случае принятия тех или иных управленческих решений или их отсутствия, а также уровнем формирующейся экономической и энергетической безопасности страны.

В публикациях, посвященных вопросам формирования ТЭБ прослеживается ряд проблем, которые существуют в этой области. В системном виде они представлены в приложении А.

Второй выделенный контур – это контур программно-целевого управления. Соответственно существует необходимость в более детальной проработке методологического подхода к его практической реализации. Основная цель формирования рационального ТЭБ зафиксирована в энергетической стратегии России до 2030 года с пролонгацией в стратегии до 2050 года: «Стратегической целью государственной энергетической политики в области формирования рационального топливно-энергетического баланса является оптимизация структуры производства, внутреннего потребления и экспорта топливно-энергетических ресурсов с учетом требований обеспечения энергетической безопасности, экономической и энергетической эффективности, усиления внешнеэкономических позиций страны» [320].

Заданный целевой ориентир предопределяет, например, на уровне регионов реализовать программы, направленные на достижение данной цели, возникает необходимость в более тщательной подготовке альтернативных программ, разработке системы оценочных критериев для выбора более приоритетных программ с обеспечением дальнейшей их практической реализацией в условиях ограниченных ресурсов. В целом же отбор программ может быть сведен к решению многокритериальной задачи. Обозначенные аспекты достаточно эффективно позволяет достичь программно-целевой подход с точечным внедрением в процесс элементов цифровизации и цифровой трансформации управления ТЭБ на различных уровнях управления.

Третий контур – это контур форсайт управления с использованием результатов анализа мегатрендов с целью более качественного формирования ТЭБ и обеспечения желаемой рациональной структуры ТЭБ для конкретного региона и страны в целом в долгосрочном периоде. Форсайт сессии позволят на основе мнения и совместной работы высококвалифицированных экспертов описать рациональную структуру, к которой необходимо прийти в долгосрочном периоде и соответственно какие программы и программные меры должны быть реализованы уже сейчас на уровне региона и страны. В методологическом аспекте данный вопрос также недостаточно проработан и требует более глубоких теоретико-методологических исследований.

Таким образом, составленный структурно-логический профиль исследования основных вопросов формирования топливно-энергетического баланса позволит в комплексе проработать обозначенный теоретико-методологический аспект.

## **ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ БАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

### **1.1 Состояние и проблемы развития ресурсной базы страны и топливно-энергетического комплекса**

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) является важным элементом, обеспечивающим стабильность экономики России, ее поступательное и устойчивое развитие. На совещании по вопросам развития ТЭК [340] В. В. Путиным обозначена существенная роль ТЭК в достижении национальных целей России, отраженных в Указе от 7 мая «О национальных целях развития России на период до 2030 года и на более отдаленный срок, до 2036 года» [356].

«Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) страны является крупным межотраслевым комплексом, в состав которого входят такие отрасли промышленности, как электроэнергетика, теплоэнергетика, угольная, нефтяная, нефтеперерабатывающая и газовая промышленность, а также энергетическое хозяйство» [337]. Бесперебойное функционирование выделенных отраслей обеспечивает надежное снабжение всех потребителей ТЭР и как следствие энергетическую безопасность государства [230].

По словам президента: «Несмотря на санкции, сильную волатильность на глобальном и региональных энергетических рынках, отечественный ТЭК развивается стабильно, открывает новые экспортные направления и, что принципиально важно и является для нас приоритетом, надёжно, в полной мере обеспечивает растущие внутренние потребности. Экономика России растёт, потребности увеличиваются, и они обеспечиваются ТЭКом» [356].

В рамках обеспечения долгосрочного развития ТЭК ключевым ориентиром для формирования стратегических и оперативных планов деятельности предприятий отрасли является утвержденная Энергетическая стратегия РФ на период до 2050 года.

С целью лучшего понимания взаимосвязи ТЭК и топливно-энергетического баланса (ТЭБ) необходимо на понятийном уровне раскрыть сущность ТЭК.

Изучению дефиниции ТЭК посвящено достаточно много научных исследований, например, она раскрывается в работах В. Крюкова, Р. Лещинера, Т. К. Салиной, Е. В. Видищевой, О. А. Бугаенко, М. А. Селиверстовой и других авторов [195, 207, 333, 102]. Подходы к определению ТЭК представлены в приложении Б. Дефиниция, раскрывающая актуальное содержание ТЭК в более широком смысле представлена в работе Е. В. Видищевой, где «ТЭК – это совокупность общественно-экономических отношений в рамках функционирования отраслей топливной и энергетической промышленности, направленных на обеспечение национальной безопасности и суверенитета страны, а также поддержание необходимого для нормальной жизнедеятельности населения уровня энергоснабжения» [102]. По мнению автора диссертационного исследования данную трактовку можно взять за основу для отражения взаимосвязи ТЭК с топливно-энергетическим балансом. Основу ТЭК составляют ТЭР, подразделяющиеся на следующие категории: топливные ресурсы (уголь, нефть, природный газ, горючие сланцы, торф); гидроэнергетические ресурсы (энергия падающей воды, приливов и отливов); атомные ресурсы; нетрадиционные ВИЭ (энергия солнца, ветра, геотермальная энергия).

В рамках реализации энергетической стратегии предусмотрено формирование индикативного прогнозного топливно-энергетического баланса (ТЭБ), который представляет собой описание ожидаемых параметров развития ТЭК на долгосрочную перспективу. Многовариантность прогноза получена на основе сценарного анализа развития внутренней (страновой) и внешней (мировой) среды с последующим моделированием структурообразующих элементов прогнозного ТЭБ и установлением целевых показателей. При этом включенные в энергетическую стратегию сценарии имеют разную степень вероятности реализации, что характерно для всех долгосрочных прогнозов в силу того, что предусмотреть влияние всех возможных факторов и проиграть все траектории развития среды не представляется на сегодняшний день возможным и не является непосредственной целью. Тем не менее, представленные сценарные варианты прогнозного ТЭБ ориентированы на достижение приемлемого уровня

энергетической безопасности государства.

В данном контексте, по мнению автора, ТЭБ представляет собой перспективный и действенный инструмент управления энергетической безопасностью государства, отражающий баланс между различными источниками энергии, ориентированными на удовлетворение растущих ресурсных потребностей национальной экономики и населения. Стабильность и устойчивость энергетической системы, являющейся основой энергетической безопасности, зависит от эффективности управления структурообразующими элементами прогнозного ТЭБ. При этом достижение прогнозной структуры ТЭБ непосредственно зависит от темпов и уровня развития ТЭК. Можно сказать, что ТЭБ и ТЭК – это две взаимосвязанные и взаимообусловленные сложные системы. ТЭК выступает основой для обеспечения доступности ТЭР и достижения прогнозной структуры ТЭБ. Обоснованная прогнозная структура ТЭБ на долгосрочный период непосредственно приведет к трансформации ТЭК в настоящем и среднесрочном периодах. Важным аспектом является обеспечение качества и эффективности стратегического планирования и управления ТЭР, что позволит достичь баланса между внутренним производством и потреблением, а также снизить зависимость от внешних поставщиков.

Взаимосвязь отраслей внутри самого ТЭК носит достаточно сложный характер — изменения в одной подсистеме неизбежно приведут к структурным сдвигам во всем ТЭБ. Так в работе М. В. Ляхновой совершенно верно отмечено, что «отрасли ТЭК достаточно сильно связаны между собой. Рост объемов генерации и потребления одних видов энергоресурсов приводит к соответственному уменьшению производства и потребления других видов в определенных пропорциях. Увеличение или сокращение макроэкономических показателей экспортирующих и импортирующих стран приводит к изменению ТЭБ, к изменению состояния энергетических рынков» [212].

Происходит постоянное изменение энергетических потребностей человечества, которые в настоящее время очень сильно коррелируют с реализацией глобального энергоперехода [91] и развитием цифровой экономики. Изменение

спроса на определенный первичный источник энергии могут вызывать различные факторы, например, такие, как ограничения, связанные с загрязнением окружающей среды, цена на энергоресурсы, изменение технологий, тотальная цифровизация во всех секторах экономики, изменение законодательства. Совокупное действие этих факторов создает среду, в которой различные энергоносители вынуждены конкурировать друг с другом (как с экономической, так и с технологической точки зрения), что отражается на их доле в структуре ТЭБ. Именно эта конкуренция и составляет суть межтопливной конкуренции, которая, в свою очередь, обладает некоторой специфичностью по сравнению с обычной конкуренцией на рынках товаров и услуг [386]:

1) она зависит от принятия долгосрочных инвестиционных решений (например, таких как использование определенного топлива);

2) возможности такой конкуренции имеют сильную зависимость от сектора, использующего энергетические ресурсы (иногда вид топлива практически незаменим);

3) из-за сильного влияния государственного сектора в сфере энергетики, межтопливная конкуренция не всегда эффективна при максимизации прибыли компаний.

Структурные диспропорции в производстве и потреблении ТЭР, усиливающиеся под воздействием глобального энергетического перехода и цифровой трансформации экономики, указывают на недостаточную сбалансированность развития ТЭК, который также подвержен цифровой трансформации [319]. В системном виде структурные диспропорции представлены в таблице 1.1.

К числу основных структурных диспропорций в производстве и потреблении ТЭР согласно авторской логике целесообразно отнести: несоответствие между структурой производства ТЭР и трансформирующейся структурой конечного спроса; неравномерность темпов технологической модернизации добычи, генерации, сетевой инфраструктуры и конечного потребления; сохранение высокой доли углеродоемких энергоносителей при официально декларируемом

переходе к низкоуглеродной модели развития; выраженная дифференциация отраслей-потребителей по уровню энергоемкости и технологической готовности; усиление пространственной неоднородности в обеспеченности энергоресурсами и инфраструктурой; а также нарастающее расхождение между развитием цифровой инфраструктуры и возможностями энергетической системы по обеспечению новых типов нагрузки, включая центры обработки данных, телекоммуникационные узлы и иные энергоемкие элементы цифровой экономики.

Таблица 1.1 - Структурные диспропорции в производстве и потреблении ТЭР

| Направление диспропорции                                                                         | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Комментарий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Диспропорция между структурой производства и структурой конечного спроса                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- сохраняется ориентация производства на традиционные энергоносители при изменяющейся структуре спроса;</li> <li>- рост спроса на электроэнергию, низкоуглеродные и высокотехнологичные энергоносители не всегда обеспечивается соответствующим предложением;</li> </ul> | Сохранение диспропорции между производством и спросом не является временным явлением, а отражает более глубокий структурный разрыв между разными временными горизонтами инвестиционных циклов и скоростью изменения потребительских предпочтений. Управление этой диспропорцией требует не просто корректировки прогнозных показателей, а фундаментального пересмотра методологии прогнозирования и планирования — перехода от статического ТЭБ к динамическому управлению трансформацией всей энергетической системы через оптимизацию структуры прогнозного ТЭБ. Ключевым |
| Диспропорции между топливной структурой энергопотребления и технологическим уровнем потребителей | <ul style="list-style-type: none"> <li>- сохраняется высокая доля углеродоемких источников энергии;</li> <li>- низкоуглеродные технологии внедряются неравномерно;</li> <li>- между стратегическими целями декарбонизации и</li> </ul>                                                                          | становится не точность прогноза объемов, а способность системы к адаптации в условиях высокой неопределенности траекторий энергоперехода. Необходимо обеспечить условия, в которых рыночные сигналы, технологические инновации и институциональные рамки совместно формируют траекторию движения к низкоуглеродному будущему. Критически важным становится в большей степени не точность количественных прогнозных показателей, а именно способность системы «ТЭК — народное хозяйство»                                                                                     |
|                                                                                                  | фактической структурой ТЭБ возникает разрыв - отдельные отрасли сохраняют высокую энергоемкость;                                                                                                                                                                                                                | к адаптации, посредством формирования различных конфигураций структурообразующих подсистем ТЭК и элементов ТЭБ в условиях высокой неопределенности, связанной с процессами энергетического                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



Продолжение таблицы 1.1

| 1                                                                                            | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                              | <p>- цифровая трансформация экономики формирует новые центры энергопотребления, например, центры обработки данных (ЦОД). Однако это не всегда учитывается в прогнозных моделях</p>                                                                                                                                                                                 | <p>перехода и цифровой трансформации экономики. Формирование новых центров энергопотребления в условиях цифровой трансформации экономики, обуславливает методологическую ограниченность традиционных моделей и подходов к формированию прогнозной структуры ТЭБ. Они не учитывают качественные изменения в структуре формирования спроса и повышенные требования к надежности энергоснабжения, характерные для данных объектов. Выявленная диспропорция требует перехода к усилению системного, программно-целевого подходов, использованию сценарных форсайтов в прогнозировании ТЭБ. При этом технологическое прогнозирование целесообразно рассматривать в качестве необходимого условия для определения корректных целевых ориентиров трансформации всей энергетической системы.</p> |
| <p>Диспропорции между развитием цифровой инфраструктуры и энергетической обеспеченностью</p> | <p>- рост ЦОД, телекоммуникационной инфраструктуры, вычислительных мощностей и цифровых сервисов увеличивает спрос на электроэнергию;<br/>- энергетическая система не всегда подготовлена к обслуживанию новых типов концентрированной и высоконадежной нагрузки;<br/>- цифровая инфраструктура становится новым фактором структурного изменения спроса на ТЭР</p> | <p>Несоответствие энергетической инфраструктуры потребностям новых центров потребления, обусловленных развитием цифровой экономики, свидетельствует о необходимости методологической адаптации существующих подходов прогнозирования, которые позволяли бы учитывать нелинейный характер изменения цифровых технологий и их влияние на энергетический спрос.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

В этих условиях особую значимость приобретает ТЭБ как инструмент стратегического управления системой «ТЭК – народное хозяйство». Задача формирования целевого ТЭБ на прогнозный период должна рассматриваться совместно с оптимизационной задачей эффективного достижения параметров его структурообразующих элементов. Достижимость обеспечивается реализацией программ комплексного и сбалансированного развития ТЭК страны.

Разработку ТЭБ и комплексную программу развития ТЭК следует

рассматривать как многокритериальную оптимизационную задачу большой размерности, нацеленную на долгосрочное обеспечение собственной потребности страны и выполнение экспортных контрактов. Это возможно при условии сбалансированного развития ТЭК, а именно, его способности произвести требуемые объемы энергоресурсов суммарно по стране и по каждому административно-территориальному субъекту с учетом ожидаемых временных и финансовых ограничений [159].

Для обеспечения энергетической безопасности необходимо не только контролировать текущий баланс, но и предвидеть его изменения, управлять им в долгосрочной перспективе. Это включает развитие инфраструктуры, внедрение возобновляемых источников, повышение энергоэффективности и диверсификацию источников энергии. В итоге, стабильность и безопасность энергетической системы зависят от способности управлять ТЭБ, который в свою очередь формируется и поддерживается ТЭК. Основные проблемы, существующие в области формирования ТЭБ отражены в приложении А.

Минэнерго России, как регулятор ТЭК России, имеет в числе своих полномочий формирование ТЭБ и принимает участие в наиболее значимых мероприятиях по этим вопросам [77]. Оно осуществляет постоянный поиск приоритетных направлений прогнозирования ТЭБ, учитывающего развитие возобновляемых источников энергии [160], что на сегодняшний день выступает в качестве одного из значимых императивов глобального энергоперехода.

Вместе с тем современная трансформация экономики не ограничивается изменением структуры и ростом доли ВИЭ. Она развивается под воздействием более широкой совокупности факторов, включая глобальный энергетический переход и цифровую трансформацию экономики. В этой связи развитие ТЭК целесообразно рассматривать в системе взаимосвязанных императивов энергоперехода и цифровизации.

## **1.2 Развитие ТЭК в системе взаимосвязанных императивов энергоперехода и цифровой трансформации**

Современное развитие мировой энергетики характеризуется формированием новой парадигмы, обусловленной комплексным воздействием трех взаимосвязанных мегатрендов: глобального энергетического перехода, цифровой трансформации и эволюции подходов к энергетической безопасности. Эти процессы создают принципиально новые условия функционирования ТЭК, требуя переосмысления его стратегических траекторий развития. Составляющие мирового топливно-энергетического комплекса представлены в приложении В.

Глобальный энергопереход представляет собой не просто технологическую замену энергоносителей, а глубокую структурную трансформацию энергетических систем, направленную на декарбонизацию, децентрализацию и повышение устойчивости. Этот процесс предполагает фундаментальное изменение роли традиционных ТЭР в структуре ТЭБ и формирование новых моделей генерации, распределения и потребления энергии.

В работе В. Смила энергопереход рассматривается как «изменение структуры первичного энергопотребления и постепенного перехода от существующей схемы энергообеспечения к новому состоянию энергетической системы, предполагающей изменение доли энергоносителя в энергобалансе на 10% за 10 лет» [338].

Текущий энергопереход, связанный со сменой энергетической парадигмы в направлении безуглеродного развития, рассматривается экспертами как четвертый по счету — после периодов преимущественного потребления биомассы (древесины), угля, нефти и природного газа [180, 369].

В рамках данного перехода возобновляемые источники энергии (ВИЭ) рассматриваются как структурный компонент более широкой системной трансформации, сопровождающейся устойчивым ростом их технологического потенциала и экономической значимости. Их развитие детерминировано совокупностью глобальных целей, среди которых ключевое место занимают

достижение углеродной нейтральности к середине XXI века, а также укрепление энергетической безопасности и суверенитета национальных экономик через диверсификацию источников генерации и снижение зависимости от импорта ископаемого топлива.

Параллельно цифровизация выступает ключевым катализатором и инструментом адаптации ТЭК к новым условиям. Цифровые технологии обеспечивают оптимизацию управления сложными энергосистемами с высокой долей нестабильной генерации от возобновляемых источников, развитие интеллектуальных сетей и платформ для управления спросом, а также создание основ для новых бизнес-моделей в энергетике. Актуальное понимание энергетической безопасности выходит за рамки исключительно надежности поставок и включает три взаимосвязанных измерения: технологическую безопасность критической инфраструктуры, кибербезопасность цифровых систем управления, а также устойчивость энергосистем к климатическим рискам и внешним шокам.

Обеспечение сбалансированного развития ТЭК сталкивается с системными противоречиями, к которым в первую очередь целесообразно отнести: необходимость ускоренной декарбонизации и сохранение экономической стабильности регионов, зависящих от традиционной энергетики; ускорение цифровизации и развитие критической инфраструктуры; глобальные климатические цели и национальные приоритеты энергобезопасности.

В этой связи возникает потребность в концептуализации и систематизации ключевых императивов прогнозирования ТЭБ и развития ТЭК в условиях глобального энергетического перехода. Термин «императив» в данном контексте следует понимать как объективную необходимость, обязательное условие, без реализации которого успешная трансформация энергетических систем оказывается невозможной. Их систематизация позволит, с одной стороны, обеспечить холистическое<sup>2</sup> понимание перехода как многоуровневой системы

---

<sup>2</sup> Принцип холизма (от греческого *holos* — «целый, цельный») — ключевая идея, что целое больше, чем сумма его частей.

взаимосвязанных преобразований – технологических, институциональных, экономических и социальных. С другой – их идентификация служит основой для приоритизации политических мер и инвестиционных решений, позволяя отличить стратегические обязательные действия от тактических или второстепенных задач, сосредоточив ограниченные ресурсы на критически важных направлениях.

Ряд императивов глобального энергетического перехода взаимосвязанных и обуславливающих друг друга отмечен на конференции ООН по торговле и развитию, а именно [189]:

*«срочность и необратимость сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. Необходимость активизации усилий по коллективному сокращению выбросов путем ускорения действий и осуществления внутренних мер по предотвращению изменения климата в соответствии с Парижским соглашением»;*

*«институционально-управленческий императив».* Широкое декларирование долгосрочных целей по достижению углеродной нейтральности на уровне стран, регионов, городов и корпораций создало критическую массу политических намерений. Однако сам по себе факт взятия обязательств не является достаточным условием для перехода. Возникает насущная потребность в трансформации этих деклараций в конкретные, измеримые, реализуемые и подотчетные планы действий.

В отраслевом и структурном аспекте необходимо выделить *императив приоритетной и полномасштабной трансформации энергетического сектора* как системной основы декарбонизации. Поскольку ТЭК является доминирующим источником глобальных выбросов парниковых газов (более 73 %), его радикальная и всеобъемлющая декарбонизация представляет собой не один из возможных путей, а абсолютно необходимое условие для достижения любых климатических целей, что будет вписываться в утвержденную Климатическую доктрину [178]. Без фундаментального преобразования этого сектора все остальные усилия будут недостаточными, что признается и в мировом сообществе [179]. Необходимо обеспечить обязательность включения всех подсистем (электроэнергетика,

транспорт, нефтегазовая отрасль и др.) в целевые показатели по достижению чистого нуля. Исключение любого из них делает цель недостижимой.

Требование «радикального» изменения, что подразумевает не модернизацию, а замену технологической базы (переход с ископаемого топлива на ВИЭ, электрификацию, водород).

Согласно авторской логике на сегодняшний день не целесообразно рассматривать развитие ТЭК без системной привязки не только к глобальному энергетическому переходу, но и к цифровой трансформации. При формировании направлений развития ТЭК необходимо учитывать цифровой императив энергетического перехода. В большей степени автор считает, что именно сейчас происходит формирование и развитие процесса коэволюции энергетических и цифровых систем, предполагающего их взаимосвязанность и взаимообусловленность, а создание энергосистем нового поколения должно одновременно учитывать безопасную эксплуатацию, надежное энергоснабжение, экономическую эффективность и цифровую трансформацию.

Необходимость учета коэволюции развития отражается и в научных трудах ученых. Так, например, в работе Yu. Wang, Yu. Su, F. Liu и др. изучается эволюционный путь трансформации новой энергетической системы с точки зрения функционирования энергосистемы и ограничений по выбросам углерода, с учетом влияния синергетических взаимосвязей между участниками процесса на эволюцию системы [20].

В современных условиях цифровизация перестала восприниматься как инструмент повышения эффективности энергосистемы, трансформировавшись в необходимое инфраструктурное условие ее функционирования. Это позволяет перевести в статус концепции «цифровой императив», как безусловное требование к технологическому базису, обеспечивающему реализацию глобального энергетического перехода. Вектор цифровой трансформации в энергетической сфере фокусируется на интеллектуальных цифровых решениях и создании соответствующих энергетических систем, предполагающий развитие национальной цифровой инфраструктуры, основой которой являются центры

обработки данных (ЦОД).

По мнению С. Е. Трофимова: «четвертая промышленная революция, в наиболее общем виде сводящаяся к цифровизации экономики, повсеместному внедрению систем искусственного интеллекта и технологий распределенного реестра (блокчейн), в непосредственной степени затронула и ТЭК. Ее совокупный эффект, проявляющийся в многократном увеличении производительности труда и, вследствие этого, существенном росте мирового ВВП, позволяет говорить о росте мирового энергопотребления и существенной корректировке его структуры. На современном этапе в ТЭК происходят масштабные структурные трансформации, затрагивающие все сферы производства и направлений деятельности. Одним из критериев технологической развитости государства является объем денежных средств, высвобождаемый на развитие ТЭК, включая направления энергоэффективности, развития технологий энергопроизводства, добычи, освоения перспективных территорий и так далее» [354].

Энергетический сектор в современной экономической системе выполняет роль системообразующего драйвера, чье функционирование и траектория развития определяют результативность перехода к новому технологическому укладу. Он формирует спектр возможностей и накладывает структурные ограничения на реализацию стратегии Индустрии 4.0 в национальном масштабе. Такая ситуация определяется амбивалентной ролью энергетических компаний, которые одновременно производят и потребляют энергию, влияют на спрос и предложение на энергетическом рынке, воздействуют на инфраструктурные и технологические составляющие конкурентоспособности хозяйствующих субъектов в промышленности, в том числе, проецируя на них свой уровень энергетической эффективности и безопасности [240].

Автор согласен с мнением С. Е. Трофимова, который отмечает, что «трансформация на мировом энергетическом рынке, развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в долгосрочном периоде обусловили целую систему исследований сценарного характера, направленных на формирование прогнозов структурных изменений в ТЭБ. Некоторые прогнозы, составленные еще в прошлые

периоды, не предполагали отказ от потребления углеводородов, в них наблюдается планомерный переход от нефти к природному газу» [354] (рисунок 1.1).

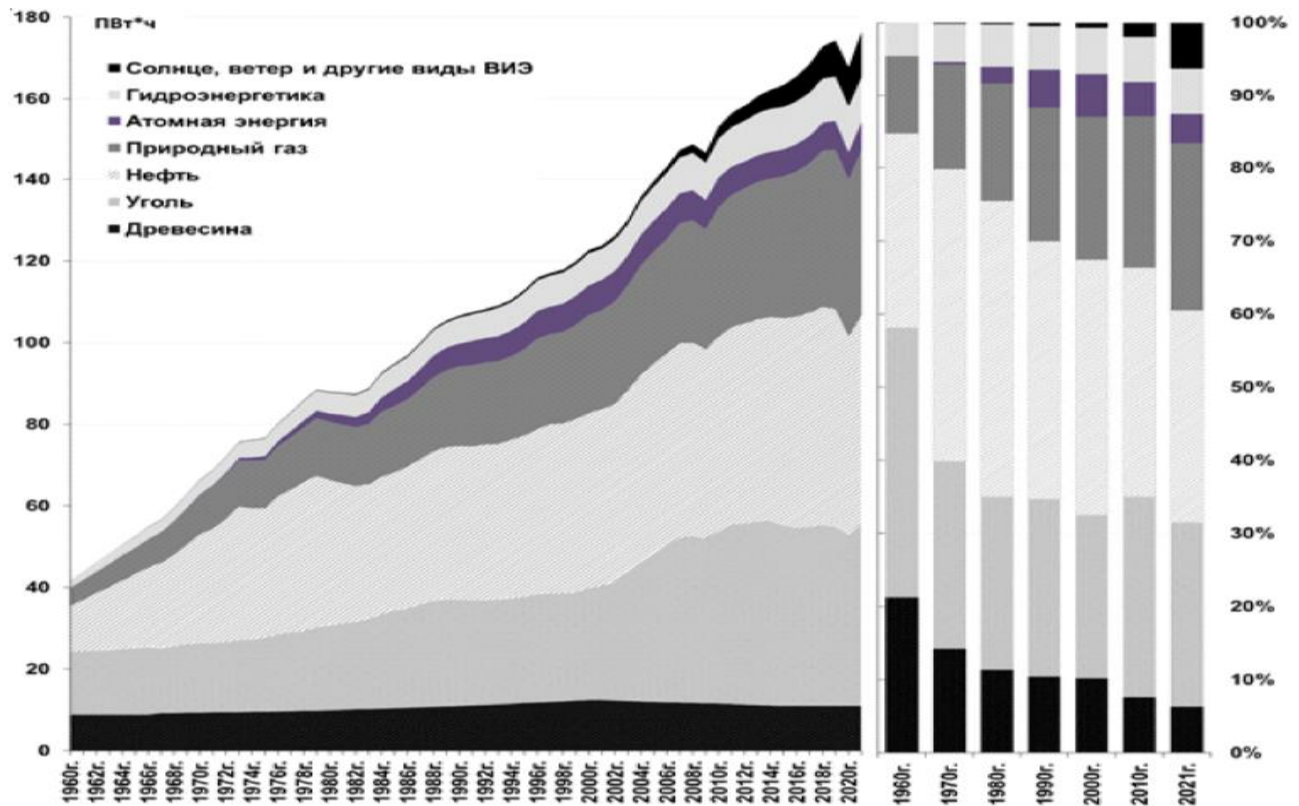


Рисунок 1.1– Изменение структуры первичных ТЭР в мировом энергобалансе за период 1960–2021 гг. [141]

Наиболее вероятным представляется сценарий, в рамках которого доля нефтегазового комплекса в структуре глобального ТЭБ в долгосрочном периоде незначительно сократится, тогда как абсолютный объем потребления будет медленно, но устойчиво возрастать. Как отмечается в работе А. П. Дзюба и Д. В. Конопленко «за исследуемый 61 год в структуре мирового ТЭК начали участвовать новые виды первичной энергии, а именно ВИЭ. Если доля ВИЭ в 1990 году составляла 0,4 % от объема мирового энергопотребления, то в 2021 году доля мировых потребляемых энергоресурсов на 6,3 % состоит из энергии, выработанной на основе ВИЭ. В приложении Г представлена динамика изменения энергопотребления различными странами мира за период 2000–2020 гг.



Указанные тенденции изменения структуры мирового энергобаланса свидетельствуют о дальнейших сдвигах в мировом ТЭК, а также о постоянных динамично-развивающихся процессах в мировой энергетике. На рост спроса на потребление ТЭР в мире в первую очередь оказывает влияние постоянное увеличение масштабов экономической деятельности, увеличение количества промышленных предприятий, рост численности городского населения, развитие транспортной инфраструктуры, цифровизация и развитие цифровой инфраструктуры, а также увеличение благосостояния людей» [141].

По мнению С. Е. Трофимова «в долгосрочной перспективе в структуре глобального ТЭБ заметно увеличится доля природного газа как более экологически чистого вида топлива по сравнению с нефтью и углем, доля которых снизится. Это обусловлено, в том числе, ростом мирового потребления энергии: согласно прогнозам крупнейших нефтегазовых корпораций и аналитических агентств, альтернативные источники энергии, несмотря на их постепенно возрастающую роль, не будут играть доминирующую роль на глобальном топливно-энергетическом рынке. Также общемировыми тенденциями выступают увеличение доли электроэнергии, развитие рынков газомоторного топлива и СПГ, их экспорта в страны Восточной Европы и Северо-Восточной Азии. В Китае, Индии, Японии, а также на Корейском полуострове прогнозируется рост потребления нефтегазовых ресурсов».

С целью корректного раскрытия роли ТЭБ в обеспечении экономической безопасности страны, по мнению автора, необходимо рассмотреть различные точки зрения на трактовку термина «экономическая безопасность». В научной сфере специалисты, занимающиеся исследованиями в области экономической безопасности трактуют данное понятие как совокупность необходимых для защиты экономики страны от внешних и внутренних угроз, условий, и как такое состояние экономики страны и органов государственной власти позволит обеспечить защищенность национальных интересов государства, устойчивость социального направления внутренней политики, высокую эффективность оборонного потенциала страны даже в тех ситуациях, если внешние и внутренние

экономические и политические процессы имеют неблагоприятное развитие. Исходя из понимания сущности экономической безопасности страны возникает целесообразность ее представления как сложного социально-экономического механизма, где постоянно могут изменяться условия производства, внешние и внутренние угрозы национальной экономики. Она напрямую зависит от состояния производительных сил, составляющими которых являются средства производства и люди, социально-экономических отношений, масштаба научно-технического прогресса, структуры внешнеэкономических отношений. Степень развития промышленности и сельского хозяйства, географическое положение, объемы природных ресурсов, социально-демографическое состояние, качество управления государством – все это также является определяющими факторами экономической безопасности страны [158].

Стратегией национальной безопасности РФ определено, что главными стратегическими угрозами для экономической безопасности страны являются:

- низкая конкурентоспособность РФ;
- преобладание экспортно-сырьевой модели развития экономики РФ, при этом отмечено ухудшение состояния добывающей отрасли, исчерпание сырьевых запасов, снижение объемов добычи и запасов полезных ископаемых, имеющих важное стратегическое значение. Это положение в отрасли непосредственно касается предприятий ТЭК [248].

Отмечено, что на экономическую безопасность страны негативное воздействие оказывает нестабильное снабжение предприятий тепловыми и энергетическими носителями, растущий дефицит природных минерально-сырьевых ресурсов, в том числе водных и биологических. В связи с чем, одним из главных приоритетов в обеспечении экономической безопасности, является энергетическая безопасность [92, 153], где основное направление деятельности заключается в обеспечении устойчивости энергообеспечения внутреннего спроса качественными энергоносителями, внедрении и развитии энергоэффективных и энергосберегающих технологий, создании условий для конкурентоспособности российских компаний ТЭК, предупреждении дефицита ТЭР, формировании

стратегических запасов топлива, развитии производства отечественного комплектующего оборудования, бесперебойном тепло – и энергоснабжении.

Важнейшее условие, которое может обеспечить возможность реализации социально-экономической политики и противодействия угрозам экономической безопасности страны, является наработка и создание такого объема стратегического резерва ТЭР, которое было бы гарантированно достаточным для мобилизационных и экономических потребностей РФ в долгосрочной перспективе.

Другим важнейшим условием для обеспечения национальной безопасности является рациональное природопользование, и это тоже напрямую связано с добывающей подсистемой ТЭК. Негативное воздействие на экологическое состояние природных систем и качество окружающей среды оказывает, как отмечено в документе, преимущественное развитие добывающих и ресурсоемких отраслей экономики и малоэффективное использование минерально-сырьевых ресурсов [209].

С позиции потребления первичной энергии РФ можно сделать вывод о существенной его дифференциации: он включает природный газ, уголь, нефтепродукты, гидроэнергию, атомную энергию и возобновляемые источники энергии. Объем потребления «не углеводородной» первичной энергии (гидроэнергия, ядерное топливо и ВИЭ) прирастает в среднем на 1,5 % ежегодно с 2015 г. Абсолютным лидером по темпам роста становится сегмент СЭС и ВЭС, который прибавляет в объеме около 13% в год.

С учетом проводимой Правительством Российской Федерации политики по поддержке ВИЭ ожидается сохранение положительной динамики на протяжении как минимум ближайших 10 лет. Более 80 % совокупного потребления ТЭР приходится на ряд наиболее энергоемких секторов экономики РФ: электро- и теплоэнергетика (27,6 %), обрабатывающая промышленность (19,6 %), транспорт (16,1%), также население (17,1 %), (рис. 1.2).

В 2022 г., как и годом ранее, технологический фактор способствовал росту потребления энергии в электроэнергетике почти на 3 млн т. у. т. — в основном за счет роста удельных расходов топлива на генерацию электроэнергии и роста доли

выработки электроэнергии на АЭС, где КПД производства первого энергоносителя (пара) равен только 33%. Это замедляло снижение энергоемкости ВВП. Вклад технологического фактора равен 8,2 млн т. у. т. Снижение удельных расходов топлива на дизельных станциях способствовало замедлению роста потребления энергии. В силу того, что ТЭК оказывает существенное влияние как на формирование ТЭБ, так и на обеспечение структурных сдвигов в нем, то целесообразно привести обзор долгосрочных прогнозов его развития.

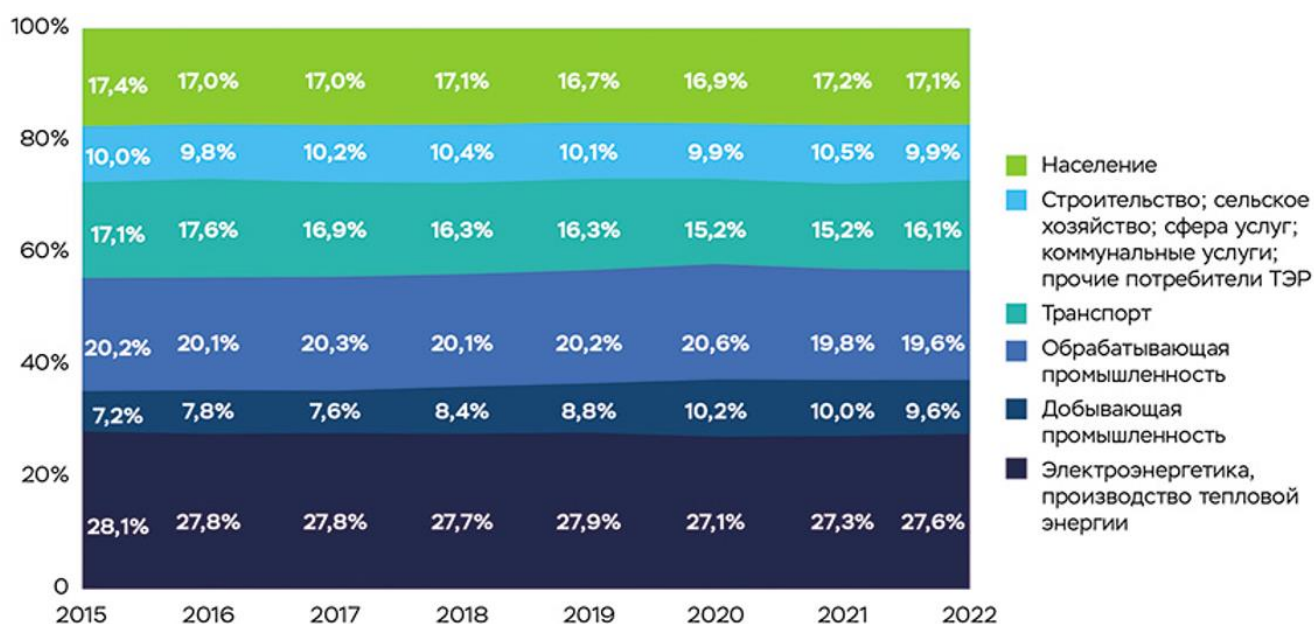


Рисунок 1.2 – Динамика структурных преобразований потребления первичной энергии в 2015–2022 гг. [119]

Для формирования прогнозных ТЭБ имеет существенное значение одновременный учет как процессов декарбонизации, так и сохранения значительной роли углеводородных ресурсов в долгосрочной перспективе. По мнению А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина, «очередная отсрочка угрозы окончания «эры нефти» без опасного роста цен энергии, влечет за собой следующие серьезные последствия» [214]:

- «снизится влияние основных факторов эксклюзивности углеводородов с обусловленными ими угрозами национальной энергетической безопасности и геополитическими конфликтами» [394] (подробнее отражено в работе «Энергетика

и геополитика»);

- изменится баланс сил на мировом нефтяном рынке с вероятным снижением роли картеля производителей;
- увеличится разрыв между ценами нефти и газа из-за развития конкуренции;
- сократятся мотивы для государственных дотаций энергосбережения и использования дорогих возобновляемых источников энергии;
- уменьшатся шансы на проведение согласованной политики мирового сообщества по сокращению эмиссии парниковых газов, тем более что уже в ближайшие годы будет пройдена «точка невозврата» в предотвращении приписываемого этому потепления климата [65];
- уменьшатся конкурентные и геополитические преимущества традиционных производителей нефти и газа».

Вместе с тем, как отражено в работе А. А. Макарова «прогноз позволил определить состав и количественные характеристики основных угроз развитию российской нефтяной и особенно газовой отраслей, которые для сохранения конкурентоспособности на внешних рынках должны расширить и улучшить свою сырьевую базу, освоить новые технологии разведки, добычи, транспорта и переработки углеводородов и существенно увеличить ассортимент товарной продукции. Потребуется пересмотреть Генеральные схемы развития этих отраслей, выбирая состав и мощности инвестиционных проектов по критериям экономической эффективности с уменьшением все менее действенных политических мотиваций и обусловленных ими мер государственной поддержки. Прогноз также выявил причины и темпы проявления уже обозначившейся тенденции утраты российским ТЭК выполняемой почти 20 лет роли локомотива сначала удержания, а затем развития нашей экономики и важного инструмента геополитики. Это очерчивает временные рамки и показывает меру настоятельности смены стратегических целей и средств экономического развития России для сохранения ее в числе ведущих стран мира» [214].

В ближайшие 50 лет по прогнозам возрастет многоукладность мировой

энергетики за счет вовлечения в мировой ТЭБ новых видов энергоресурсов. Вместе с тем, в мировом ТЭБ, вероятно, сохранится доминирование ископаемых видов топлива (уголь, нефть и газ). Так, МЭА предполагает, что при реализации консервативного сценария технологического развития в энергетике, доля ископаемых топлив в структуре мирового ТЭБ вплоть до 2050 г. будет превышать 75 %. Однако, по мере развития новых энергетических технологий, возрастают шансы реализации «технологического» сценария развития мировой энергетики, в соответствии с которым доля ископаемых топлив через 50 лет может упасть до 45–50 %, а доля ВИЭ вырасти до 40–45 % [395].

Развитие ТЭК в настоящее время и в долгосрочном периоде будет происходить при непосредственном и одновременном влиянии энергетического перехода и цифровой трансформации экономики, что предполагает существенные системные изменения управленческих аспектов, как в контексте технологических, институциональных, так и инфраструктурных направлений. Учитывая тот факт, что в российской экономике роль ТЭК по-прежнему остается достаточно значимой, системообразующей, то реализация обозначенных изменений достаточно сложный процесс, требующий усилий как со стороны государства, так и со стороны компаний ТЭК. Именно ТЭК формирует отраслевую специализацию отдельных регионов и одновременно оказывается объектом нарастающего внешнего и внутреннего давления, связанного с климатической повесткой, изменением структуры мирового спроса на энергоресурсы, технологической конкуренцией и изменением логики глобальных цепочек стоимости. В этой связи особый интерес представляет сопоставление различных сценарных подходов к будущему мировой энергетики и места России в этих трансформациях.

Прогноз развития энергетики мира и России до 2050 года, представленный в работе В. А. Кулагина, Д. А. Грушевенко, А. А. Галкина предполагает возможное развитие энергетики в контексте трех дескриптивных сценариев: «туман», «раскол» и «клон» (рис.1.3, таблица 1.2).

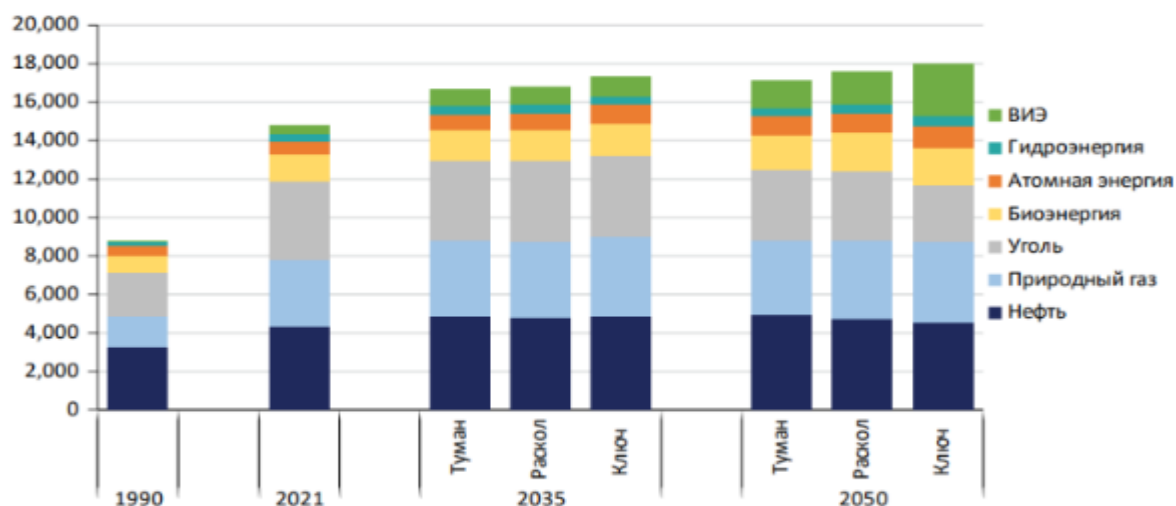


Рисунок 1.3 – Сценарный прогноз объема потребления первичной энергии в мире по видам энергоресурсов, млн. т. н. э. [309]

На фоне замедления экономического роста (в 1,4–1,8 раз в 2022–2050 гг. в сравнении с 1990–2021 гг.) и замедления роста численности населения (в 2 раза от уровня 2021 г.) во всех рассмотренных сценариях ожидается сокращение темпов роста потребления первичной энергии и электроэнергии [309].

Таблица 1.2 – Сущность сценарных прогнозов объема потребления первичной энергии в мире по видам энергоресурсов

| Сущностный аспект дескриптивных сценариев                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Туман                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Раскол                                                                                                                                | Клон                                                                                                                                                       |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                                                     | 3                                                                                                                                                          |
| Мировая торговля продолжает вестись с определенными ограничениями, вопросы глобального развития являются второстепенными. Направление международного регулирования характеризуется не достаточным приложением усилий для повышения эффективности. Повышенная приоритизация собственных интересов в контексте климатической политики страны. Существенные ограничения относительно трансфера технологий. | Существенные торговые барьеры установлены между двумя полюсами, в то время как внутри каждого из них торговля ведется без ограничений | Существование институциональных механизмов, позволяющих выходить на согласованные решения по вопросам глобального развития, включая климатическую повестку |

Окончание таблицы 1.2

| 1                                                                                                                       | 2                                                                                                                                       | 3                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контекст императивов энергоперехода                                                                                     |                                                                                                                                         |                                                                                                                          |
| Низкие темпы роста цен CO <sub>2</sub> К 2050 г. составляют 120–135 долл. 2023/т, в развивающихся — 35–60 долл. 2023/т. | Цены CO <sub>2</sub> в развитых странах к 2050 г. составляют 100–150 долл. 2023/т, в развивающихся странах остаются на нулевых отметках | Цены CO <sub>2</sub> в развитых странах к 2050 г. составляют 180–200 долл. 2023/т, в развивающихся — 70–150 долл. 2023/т |
| Императивы энергобезопасности                                                                                           |                                                                                                                                         |                                                                                                                          |
| Доступность энергии как с точки зрения экономической составляющей, так и в физическом аспекте                           | х                                                                                                                                       | х                                                                                                                        |
| Цифровой императив энергоперехода                                                                                       |                                                                                                                                         |                                                                                                                          |
| -                                                                                                                       | -                                                                                                                                       | -                                                                                                                        |
| Темпы экономического роста, % (к 2050 г.)                                                                               |                                                                                                                                         |                                                                                                                          |
| 1,9                                                                                                                     | 2,2                                                                                                                                     | 2,5                                                                                                                      |
| Потребление электроэнергии, %                                                                                           |                                                                                                                                         |                                                                                                                          |
| В среднем на 0,4-1,5 ежегодно                                                                                           |                                                                                                                                         |                                                                                                                          |

Источник: составлено автором на основе работы [146].

На рис 1.4. представлен прогноз объемов производства электроэнергии.

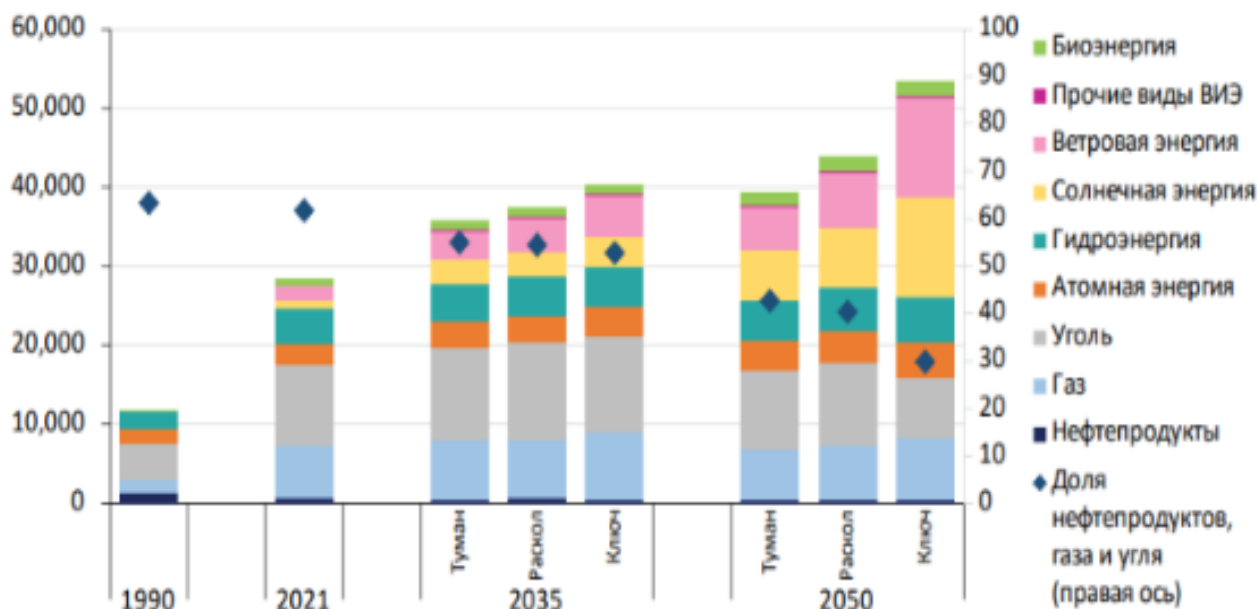


Рисунок 1.4 – Сценарный прогноз объемов производства электроэнергии в мире по видам энергоресурсов, ТВт\*ч (левая ось) и доля нефтепродуктов, газа и угля в производстве электроэнергии, % [309]



По мнению В. А. Кулагина, Д. А. Грушевенко, А. Галкиной: «При переходе на исключительно безуглеродные источники производства электроэнергии цифровизация отрасли позволит эффективно управлять более сложно организованной энергосистемой, технически реализуемы решения проблемы неравномерности выработки на ВИЭ-электростанциях, в том числе за счет использования накопителей и водорода для хранения электроэнергии, однако системные затраты на энергоснабжение по мере роста доли ВИЭ быстро повышаются, и в зависимости от региона такой переход может привести к росту затрат на поставку электроэнергии потребителю в 3–7 раз» [283].

Интерес для исследования представляет работа коллектива авторов Ю. А. Плаkitкина, Л. Плаkitкиной, К. Дьяченко, которые сформировали нейросетевые прогнозы мировых объемов генерирования электроэнергии (Terawatt- hours) [285] (рис. 1.5).

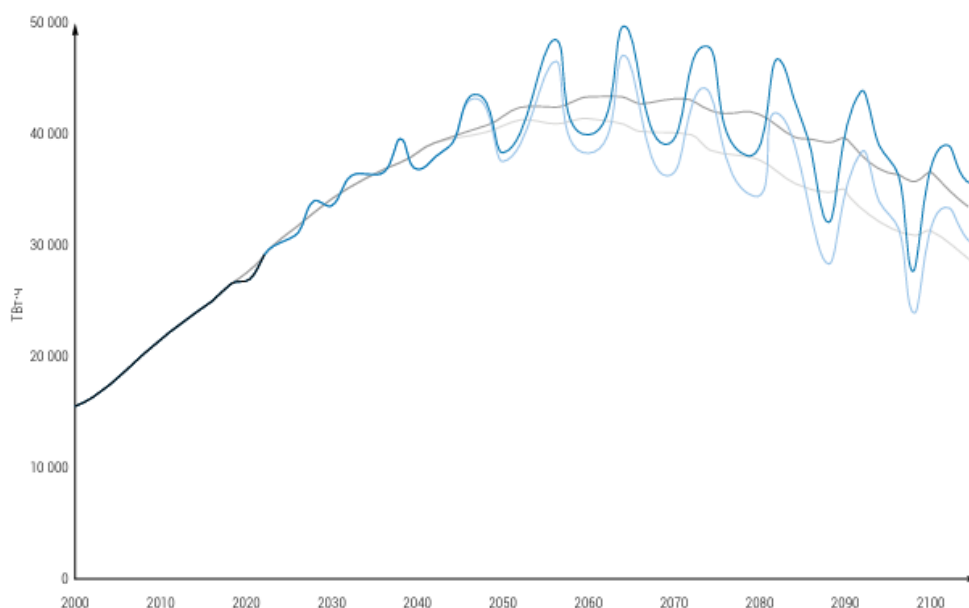


Рисунок 1.5 – Результаты нейросетевого прогноза коридора мировых объемов генерирования электроэнергии (Terawatt- hours) [283]

Принципиально важным является тезис Ю. А. Плаkitкина, Л. Плаkitкиной и К. Дьяченко о том, что «глобальный энергопереход не сводится ни к климатической повестке, ни к декарбонизации как таковой. Он понимается как

закономерный этап развития энергетики, обусловленный переходом к источникам с более высокой плотностью энергии. Соответственно, ключевым фактором долгосрочного развития выступает не столько сокращение выбросов, сколько смена энергетической базы технологического уклада. В этой логике традиционные энергоисточники относятся к «зоне горизонтального развития», тогда как дальнейшее развитие энергетики связывается с переходом в «зону вертикальной эскалации», где будут востребованы принципиально новые энергетические технологии» [282, 283].

На основе проведенного Ю. А. Плактикиным, Л. Плаkitкиной, К. Дьяченко нейросетевого прогнозирования мировых объемов генерирования электроэнергии установлено, что примерно в 2060–2080 гг. рост этих объемов прекратится и выйдет на стабилизационный уровень. «Примерный энергетический баланс к концу XXI в. может иметь вид:

- ВИЭ примерно 20 %;
- ядерные, в т. ч. возможно термоядерные источники энергии, около 80 %» [283].

Рассмотрим сценарии, разработанные Российским энергетическим агентством Минэнерго России, ориентированные на формирование возможных гипотетических картин будущего исходя из скорости распространения низкоуглеродных энергетических технологий и соответствующего сдвига структуры потребления первичных ТЭР, отвечающих императивам глобального энергоперехода. Отличительной особенностью сценариев является их ориентация на выявление и сравнение требующихся изменений именно в ТЭК, а не в экономике в целом, что предопределило выделение сценарных параметров. Все три сценария исходят из одинаковых базовых макропараметров: численности населения и ВВП.

Мировое потребление первичных ТЭР растет на всем прогнозном горизонте до 2050 года (рис.1.6). В таблице 1.3 представлен проведенный автором сравнительный анализ существующих прогнозов развития энергетики.

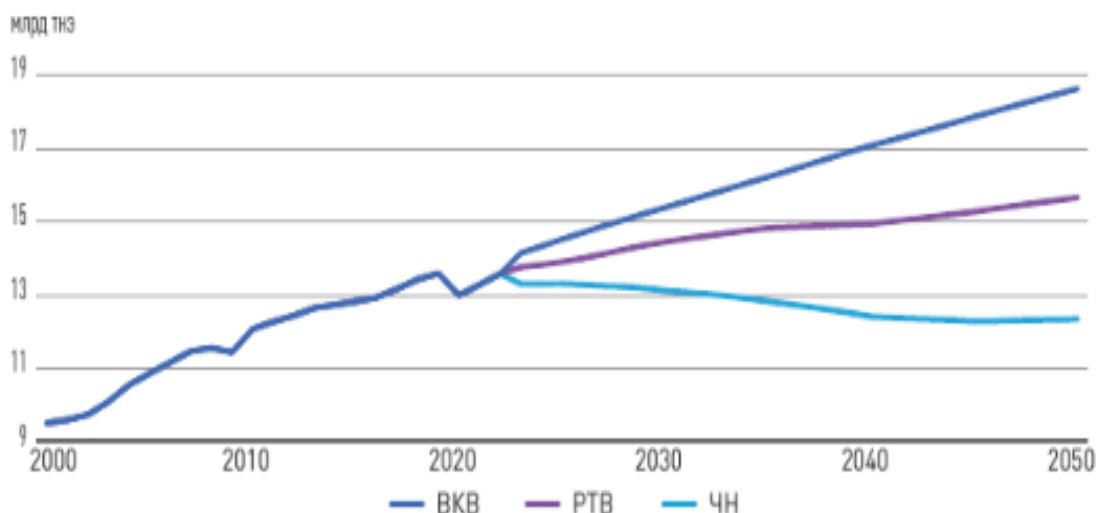


Рисунок 1.6 – Мировое потребление первичных энергоресурсов [150]

Таблица 1.3 – Сравнительный анализ существующих прогнозов развития энергетики

| Разработчики прогноза                                                                                                      | Прогнозный горизонт | Наименование сценариев                                              | Ключевые аспекты                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                          | 2                   | 3                                                                   | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ИНЭИ РАН, А.А. Макарова, В.А. Кулагина, Д.А. Грушевенко, А.А. Галкиной                                                     | 2035<br>2050        | Туман<br>Раскол<br>Клон<br>В сценариях учитываются условия торговли | <ul style="list-style-type: none"> <li>Рост доли ВИЭ и атомной энергии к концу прогнозного периода до 57-70 %</li> <li>Постепенно электрифицируются сектора конечного потребления энергии</li> <li>Доля газа стабильно растет</li> <li>Доля потребления угля и нефти сокращается</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Центр анализа и инноваций в энергетике, Институт энергетических исследований РАН, Ю. Плакиткин, Л. Плакиткина, К. Дьяченко | 2030<br>2100        | Формируются прогнозные коридоры, строятся нейросетевые прогнозы     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Доля ВИЭ и атомной энергии в контексте потребления первичной энергии к 2050 г. достигнет 27–35%.</li> <li>Изменение структуры энергобалансов с электрификацией секторов конечного потребления и расширение использования ВИЭ, особенно в электроэнергетике</li> <li>2060–2080 гг. – прекращение роста мировых объемов генерирования электроэнергии с выходом на стабилизационный уровень</li> <li>Существенное увеличение применения сверхмощной вычислительной техники, требующей электроэнергии</li> <li>Активное развитие процессов, основанных на применении квантовых технологий и фотоники, что существенным образом повысит энергоэффективность во всех секторах экономики</li> </ul> |

Продолжение таблицы 1.3

| 1                                                    | 2    | 3                                                                                               | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      |      |                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Падение мирового потребления традиционных энергоресурсов</li> <li>• Мировое потребление энергии ВИЭ к середине XXI в. увеличится в 4–6 раз</li> <li>• Потребление энергии АЭС к середине периода может увеличиться на 30–40 %</li> </ul> Сокращение сетевой составляющей в энергетике                                                                                                                                                      |
| Российское энергетическое агентство Минэнерго России | 2050 | «Всё как встарь» (ВКВ), инерционный, маловероятен, экстраполяция тенденций в электропотреблении | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рост потребления первичных ТЭР на 37 %</li> <li>• Выбросы CO<sub>2</sub> и метана от использования и производства энергоресурсов – рост на 26 %</li> <li>• Рост спроса на газ – 56 %</li> <li>• Рост первичного потребления угля – 19 %</li> <li>• Рост первичного потребления биотоплива – 59 %</li> </ul>                                                                                                                                |
|                                                      |      | «Рациональный технологический выбор» (РТВ) [150, 151].                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рост потребления первичных ТЭР на 15%</li> <li>• Выбросы CO<sub>2</sub> и метана от использования и производства энергоресурсов – снижаются на 34%</li> <li>• Рост спроса на газ – 26%</li> <li>• Сокращение первичного потребления угля – 32%</li> <li>• Рост первичного потребления биотоплива – 53%</li> <li>• Рост ВИЭ – 31%</li> <li>• Совокупная доля ископаемого углеводородного топлива – сокращается до 56%</li> </ul>            |
|                                                      |      | «Чистый ноль» (ЧН), маловероятен                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рост потребления первичных ТЭР на 9%</li> <li>• Выбросы CO<sub>2</sub> и метана от использования и производства энергоресурсов – снижаются на 74%</li> <li>• Сокращение спроса на газ – 53%</li> <li>• Сокращение первичного потребления угля – 90%</li> <li>• Сокращение первичного потребления биотоплива – 3%</li> <li>• Рост ВИЭ до 50%</li> <li>• Совокупная доля ископаемого углеводородного топлива – сокращается до 24%</li> </ul> |
| Энергетическая стратегия РФ [398]                    | 2050 | Стресс-сценарий                                                                                 | Существенное снижение показателей отраслей ТЭК на фоне сокращения экспортных возможностей и общего ухудшения внешних условий его функционирования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                      |      | Инерционный                                                                                     | Сохранение сложившихся трендов и действующих подходов в отраслях топливно-энергетического комплекса без значительных инвестиций в их развитие                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Окончание таблицы 1.3

| 1 | 2 | 3                                    | 4                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   | Целевой (наиболее вероятный)         | Учитывает реализацию мероприятий для сбалансированного развития энергетического комплекса                                                                                                                                                                           |
|   |   | Технического потенциала              | Рассмотрены максимально возможные уровни производственных показателей исходя из текущего прогнозируемого технического уровня отраслей ТЭК и инфраструктурных ограничений без учета экономической рентабельности и целесообразности проведения возможных мероприятий |
|   |   | Ускоренного энергетического перехода | Сценарий ускоренного энергетического перехода предполагает возвращение к более быстрым темпам декарбонизации мировой энергетики на основе ВИЭ, а также снятие неправомерных ограничений на поставки в РФ технологий и оборудования.                                 |

В исследовании РЭА Минэнерго России отмечено, что наиболее вероятным является сценарий «Рациональный технологический выбор», который, по их оценке, в целом согласуется с аналогичными сценарными прогнозами, подготовленными другими аналитическими структурами. Однако, формирование оптимистических сценариев целесообразно использовать при формировании компаниями ТЭК и государством при установлении целевых ориентиров (оптимистический вариант, например сценарий «Чистый ноль»). Во всех рассмотренных сценариях преобладает тренд снижения спроса на жидкие углеводороды, что непосредственно должно отразиться на структуре прогнозного ТЭБ.

Сравнительный анализ сценариев развития энергетики выявил, что цифровые императивы энергоперехода, в отличие от климатических, ресурсных, технологических и экономических аспектов, не рассматриваются в них как самостоятельный фактор. Между тем именно цифровая инфраструктура, цифровые платформы управления, интеллектуальные энергосистемы, инструменты обработки данных, автоматизированного управления спросом и предложением, а также вычислительные мощности, включая центры обработки данных, становятся необходимым условием практической реализации низкоуглеродной

трансформации. Отсутствие внимания к данному аспекту формирует существенный методологический и прикладной пробел, который необходимо восполнить.

Согласно авторской логике, выявленное отсутствие представляется принципиальным недостатком методологии формирования сценариев развития энергетики. В этой связи представляется обоснованным обратиться к понятию цифровых императивов энергоперехода, под которыми в рамках настоящего исследования понимается совокупность требований к созданию и развитию цифровой инфраструктуры, без которой реализация новых энергетических систем становится невозможной либо существенно затрудняется. Речь идет не только о формальной цифровизации отрасли, но и о фундаментальном изменении принципов управления энергетическими системами. Энергетический переход предполагает цифровой мониторинг углеродного следа, внедрение интеллектуальных систем управления спросом, а также адаптивное распределение нагрузки. Все эти процессы требуют развитых цифровых платформ, телекоммуникационной инфраструктуры, промышленных систем сбора и обработки данных, а также соответствующих вычислительных мощностей.

В рассматриваемых сценариях данный блок либо не выделен вовсе, либо присутствует лишь в косвенной форме. Следует отметить, что в докладе РЭА цифровизация не рассматривается как самостоятельная сценарная переменная. Вместе с тем логика предложенных сценариев — в особенности в части масштабной электрификации, активного роста возобновляемой энергетики и водородного направления — объективно предполагает наличие зрелой цифровой инфраструктуры, которая в этом качестве не получила самостоятельного сценарного отражения. В статье по РТВ можно увидеть косвенные указания на необходимость гибкости, распределенной генерации, адаптивности и модернизации, однако цифровая инфраструктура и цифровые мощности не становятся предметом специального анализа.

Энергопереход сегодня невозможно рассматривать только как смену видов топлива, рост доли безуглеродной генерации или расширение набора

энергетических технологий. Он предопределяет необходимость цифровой трансформации в силу того, что энергетические системы существенно повышают требования к координации, скорости обработки информации, точности прогноза, мониторингу состояния инфраструктуры и управлению рисками. Если такие цифровые императивы не закладывать в прогноз, то разрабатываемые сценарии могут оказаться неполными, не отвечающими требованиям современных реалий. Например, можно заложить в сценарий рост доли ВИЭ, но не учесть уровень готовности национальной инфраструктуры для непрерывного управления энергетическими системами при высокой доле нестабильной генерации. Также можно ориентироваться на усиление процессов автоматизации и использования искусственного интеллекта в ТЭК, но не включить в аналитическую систему блок анализа на предмет достаточности вычислительных мощностей, каналов передач данных, кадровых и энергетических ресурсов для размещения и эксплуатации центров обработки данных (ЦОД).

В данном контексте возникает существенный риск, связанный с тем, что в условиях активного энергоперехода у экономики может не оказаться необходимой цифровой инфраструктуры. В частности, дефицит ЦОД, нехватка надежных каналов передачи данных, отсутствие платформ управления энергетическими объектами способны стать не менее серьезным ограничением, чем нехватка инвестиций в генерацию или сетевую инфраструктуру. Более того, развитие самих ЦОД ведет к дополнительному росту спроса на электроэнергию, что также должно учитываться в прогнозных ТЭБ. Таким образом, цифровую инфраструктуру целесообразно рассматривать дуально, одновременно выступающей и как условие энергоперехода и как новый объект значительного потребления электроэнергии. Таким образом целесообразно говорить о необходимости обеспечения сбалансированного развития ТЭК в условиях энергоперехода и цифровой трансформации экономики, что возможно за счет управления структурой прогнозного ТЭБ.

Государства при формировании своей энергетической политики, прежде всего, исходят из трилеммы со следующими ориентирами [309]:

- доступность энергии в необходимых объемах и по приемлемым ценам;
- надежность и безопасность энергоснабжения;
- экологичность.

В периоды конфликтов и геополитических противостояний классическая трилемма превращается в квадрилемму, где на первый план выходит геополитика (рис. 1.7).

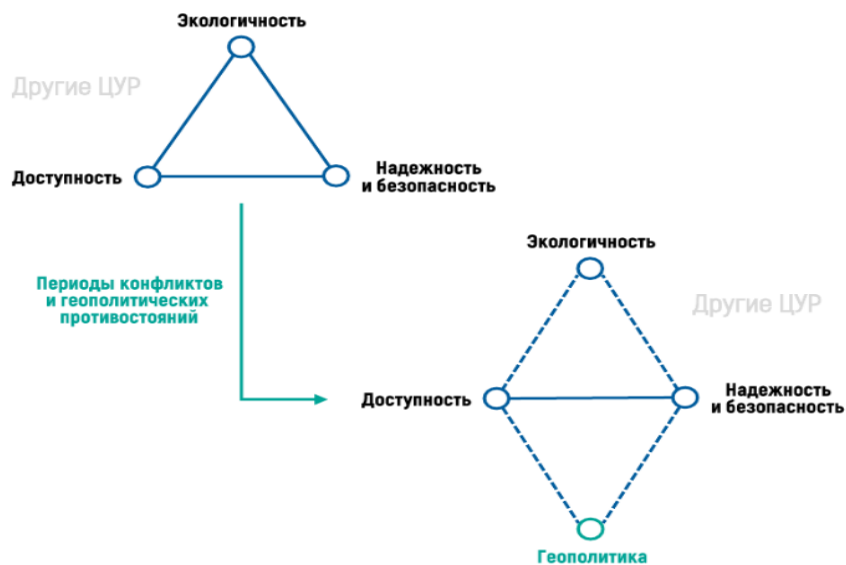


Рисунок 1.7 – Ключевые ориентиры энергетической политики [308]

Как отражено в работе А. Ю. Колпакова, российская экономика «предполагает необходимость поиска направлений выхода из затянувшегося международного энергетического кризиса, характеризующегося, в числе прочего, высокой волатильностью цен на нефть, развитием смежных отраслей промышленности, высокотехнологичных производств, нетрадиционных источников энергии, извлечением сложных углеводородов и цифровизацией ТЭК в целом» [182].

По мнению автора, можно укрупненно выделить ряд приоритетных направлений для развития ТЭК на долгосрочный период. Во-первых, это реализация комбинированной модели энергоперехода, при которой традиционная энергетика сохраняет тактическую роль и становится основой структурных



трансформаций. Во-вторых, направление, связанное с усилением роли природного газа и именно его использование в качестве ключевого ресурса в переходный период. Расширение его использования в когенерации, распределенной генерации, газохимии, производстве водорода, малотоннажном СПГ и в комплексных энергетических решениях для внутренних и внешних рынков. В-третьих, реализация ускоренной электрификации экономики, охватывающая транспорт, ЖКХ, промышленность и цифровую инфраструктуру. При этом рост электропотребления должен оцениваться с учетом дополнительного спроса со стороны ЦОД, телекоммуникационных узлов, вычислительных кластеров и других элементов цифровой экономики.

Следующее направление — это развитие безуглеродной и низкоуглеродной генерации в смешанной архитектуре, включающей ВИЭ, АЭС, ГЭС и газовую генерацию. Однако данное направление должно быть неразрывно связано с развитием интеллектуальных сетей и систем управления, без которых рост доли нестабильной генерации будет ограничен.

Пятое направление — энергоэффективность и модернизация существующей инфраструктуры. Для России это один из наиболее реалистичных резервов снижения выбросов и повышения конкурентоспособности. Но и здесь цифровой компонент имеет ключевое значение: повышение эффективности все чаще достигается за счет систем онлайн-мониторинга, интеллектуального управления нагрузкой и предиктивного обслуживания.

Шестое направление — формирование цифровой инфраструктуры энергоперехода как самостоятельного объекта энергетической политики. Это означает необходимость планирования и развития ЦОД, платформ управления данными, отечественного промышленного программного обеспечения, систем диспетчеризации нового поколения, цифровых двойников, инфраструктуры кибербезопасности и интеллектуальных сетевых решений. По мнению автора, цифровая инфраструктура должна рассматриваться как новая энергетическая инфраструктура. «Искусственный интеллект в 2023 году применяли 40,6 % организаций ТЭК (увеличение на 11,5 процента по сравнению с 2021 годом)» [398].

Обеспечение сбалансированного развития ТЭК в рамках наиболее вероятных сценариев, равно как и реализация перехода к более амбициозным вариантам его трансформации, с учетом цифровых императивов энергоперехода возможны лишь при условии формирования эффективной системы управления в контуре взаимодействия «ТЭК – народное хозяйство». В данном контексте ТЭБ следует рассматривать как один из наиболее перспективных инструментов стратегического и межотраслевого управления.

### **1.3 Роль возобновляемых источников энергии в развитии ТЭК**

ТЭК России сложился как система, ориентированная преимущественно на углеводородные ресурсы, что обеспечивало надежное энергоснабжение и экспортный потенциал. В современных условиях под воздействием климатических ограничений, ресурсных и технологических факторов все более актуальным становится вопрос о роли и месте возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в долгосрочной структуре ТЭК [342, 369], что формирует запрос на пересмотр стратегических приоритетов развития ТЭК.

Как отмечается в работе зарубежных авторов «энергетический переход, в рамках которого меняется состав энергобаланса, сегодня находится в фокусе экономик многих стран. Особая роль в нем принадлежит ВИЭ, рассматриваемым в качестве драйверов достижения целей устойчивого развития ООН до 2030 г. При том, что в энергобалансе по-прежнему доминируют невозобновляемые источники (нефть, уголь и природный газ), доля гидро-, солнечной, ветровой, водородной энергетики и биомассы постепенно увеличивается» [16].

Лuo Н., Lin X. совершенно верно отмечают, что «заметный вклад в развитие ВИЭ внесли решения на основе искусственного интеллекта и другие технологии, позволившие реализовать отдельные проекты комплексных энергосистем по принципу Smart Grid. Несмотря на это, радикального изменения или реформирования энергобаланса пока добиться не удалось из-за отсутствия интегральной модели низкоуглеродного развития с четкими целями» [38].

В контексте глобальной энергетической трансформации, характеризующейся устойчивым увеличением доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в структуре мировой электрогенерации («по данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2024 году около 30 % мировой электроэнергии прогнозировалось производить из возобновляемых источников, а к 2030 году прогнозируется рост совокупной мощности в 2,7 раза до 5500 ГВт.» [281]), Российская Федерация демонстрирует противоположный вектор развития, сохраняя доминирующую роль традиционных углеводородных источников в национальном энергетическом балансе.

В 2017 году был опубликован прогноз МЭА, посвященный мировому энергетическому развитию, согласно которому «потребление энергии в мире увеличится к 2040 году на 30 %. Доля возобновляемых источников энергии в глобальном производстве электроэнергии возрастет до 40 %. В целом, вырастет все, только нефть и уголь - медленнее, чем раньше, а природный газ и возобновляемые источники энергии – быстрее (рис. 1.8).

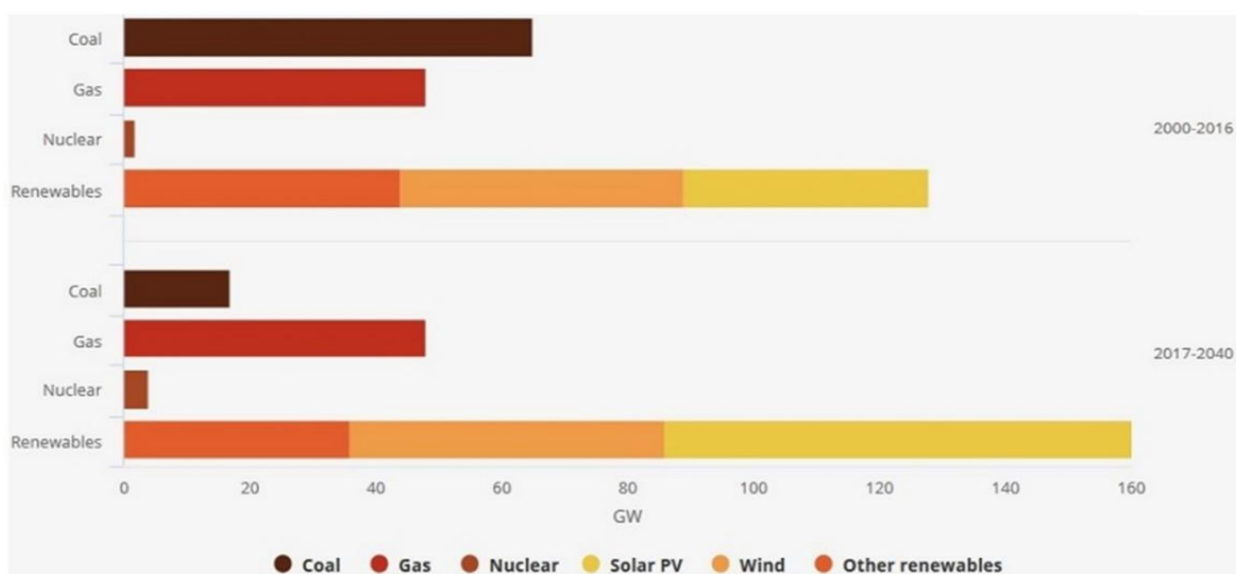


Рисунок 1.8 – Глобальные среднегодовые чистые добавления мощностей по видам [212]

Среди ископаемого топлива перспективы МЭА видит у природного газа, мировое производство которого вырастет к 2040 г на 46 %» [212].

Данное несоответствие между ресурсной базой и уровнем ее практического использования необходимо воспринимать как системное противоречие, требующее анализа экономических, институциональных и технологических факторов, обуславливающих недостаточную интеграцию возобновляемых источников энергии в национальный ТЭБ.

Указанное противоречие приобретает особую актуальность исходя из того, что Россия располагает значительным потенциалом возобновляемых энергоресурсов — ветровых, солнечных и гидроэнергетических [170] ресурсов, обусловленным благоприятными природно-климатическими условиями и масштабностью территории. Вместе с тем, текущий уровень использования имеющегося потенциала не превышает 2,5 % от совокупного объема электроэнергии, вырабатываемой в стране электростанциями («к концу 2024 года мощность генерации на ВИЭ в России составила 6,5 ГВт, около 2,5 % от мощности всех электростанций страны. Но уже в 2025 году ожидалось, что мощность ВИЭ вырастет до 7,5 ГВт.» [156]). Это свидетельствует о значительном разрыве между имеющимися возможностями и фактической степенью их реализации в энергетическом комплексе РФ.

Вместе с тем, по состоянию на июль 2024 года совокупная установленная мощность объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ, в России составила 6179 МВт (Рис. 1.9).

В Российской газете отмечается, что «за 2023 год и первую половину 2024 года установленная мощность электростанций на основе ВИЭ в рамках оптового и розничных рынков России увеличилась на 397 МВт, в том числе за счет:

- вводов нового генерирующего оборудования в объемах: 340 МВт – в 2023 году и 104 МВт – с января по июнь 2024 года;
- вывода из эксплуатации генерирующего оборудования – 1,95 МВт;
- перехода Эзминской малой ГЭС в категорию крупных в связи с реконструкцией и увеличением мощности объекта с 45 МВт до 60 МВт» [156].

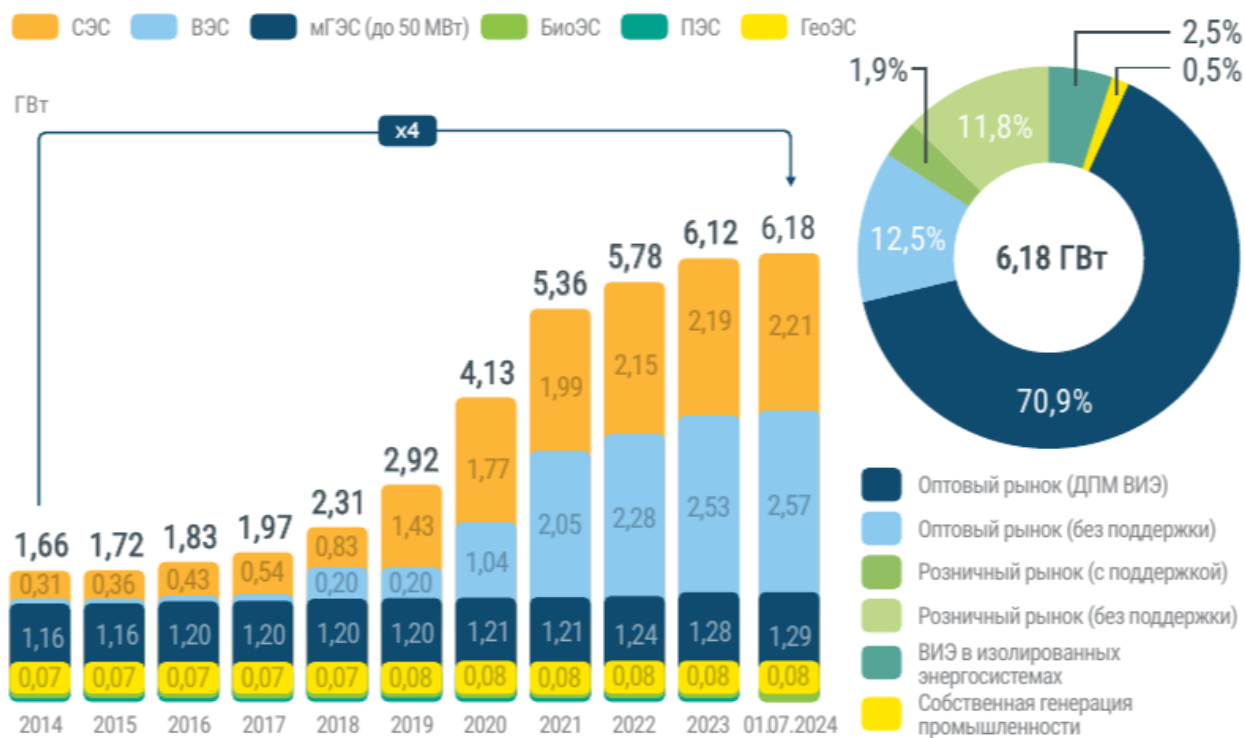


Рисунок 1.9 - Совокупная установленная мощность электростанций на основе ВИЭ в России, ГВт [329]

Согласно исследованию Центробанка РФ «по данным на 2024 год доля ВИЭ, без учета ГЭС, составляла порядка 2,3 % в общей энергосыработке России. При этом на солнечную и ветрогенерацию приходится лишь 1,8 %. Эксперты считают, что долю зеленой энергетики в нашей стране можно увеличить до 25 %» [165].

Устойчивое развитие энергетического сектора и обеспечение долгосрочной энергетической безопасности становятся одними из приоритетных задач развития национальной экономики в условиях глобальных трансформаций. В данном контексте ВИЭ необходимо рассматривать в качестве ресурса, обладающего стратегическим потенциалом, способного изменить структуру прогнозного ТЭБ, то есть необходимо уходить от их восприятия исключительно в контексте экологической альтернативы.

Согласно энергетической стратегии до 2050 года «совокупная доля возобновляемых источников энергии (в период с 2012 по 2023 гг.) выросла с 0,6 % до 2,5 % на фоне политики по сокращению эмиссии парниковых газов». В целом же «среди крупнейших экономик мира топливно-энергетический баланс России

является одним из самых низкоуглеродных. По состоянию на 1 января 2023 года в структуре установленной мощности Российской Федерации доля гидроэлектростанций составляла 20,8 %, атомных электростанций – 11,7 % и возобновляемых источников энергии – 1,9 %» [398].

«По итогам первого полугодия 2024 года доля объектов ВИЭ, расположенных в первой и второй ценовых зонах Единой энергосистемы (далее – ЕЭС) России, относительно всех работающих в России объектов ВИЭ-генерации сохранилась на уровне 97 % – 6 009 МВт. На неценовые зоны и изолированные энергосистемы приходится только 170 МВт. На сегодняшний день доля установленной мощности ВИЭ-генерации в энергосистеме РФ соответствует 2,4 % (1,7 % – ДПМ ВИЭ). Карта распределения ВИЭ-генерации по ценовым и неценовым зонам России и ТИТЭС в приложении Д. В 2023 году совокупный объем выработки электроэнергии всеми объектами ВИЭ в России составил 13,4 млрд кВт·ч, что соответствует 1,14 % в общем объеме выработки электрической энергии и 1,15 % в энергопотреблении» [330].

Развитие возобновляемой энергетики открывает возможности не только для диверсификации источников энергоснабжения, но и для обеспечения энергетической независимости регионов, становления новых рыночных ниш и освоения перспективных технологий. В совокупности это формирует условия для перехода к более устойчивой и регионально адаптированной модели энергообеспечения. Создаваемые технологические и рыночные компетенции, в свою очередь, могут быть в дальнейшем масштабированы на смежные отрасли экономики. Особую значимость этот вектор приобретает в контексте необходимости модернизации ТЭК и адаптации к изменяющимся геополитическим условиям. Структура ТЭБ, отражающая соотношение различных источников энергии в системе энергоснабжения, оказывает определяющее влияние на экономическую эффективность энергетического сектора, его экологическую устойчивость и уровень энергетической независимости. «Оптимальная структура топливно-энергетического баланса является результатом оптимизационного развития энергетического хозяйства» [130].

Согласно официальным заявлениям замминистра энергетики П. Конюшенко к 2050 году в России прогнозируется рост потребления электроэнергии на 30 % [234], часть потребности планируется закрывать посредством развития возобновляемых источников энергии, а это значит до 2050 года сформируется два устойчивых тренда, сопровождаемых тенденцией активной поддержки государства развития ВИЭ. На рис. 1.10 указана область пересечения интересов участников процессов формирования ТЭБ, отражающая принцип конгруэнтности их целей, то есть гармоничного и согласованного взаимодействия различных целей, задач и интересов в рамках обозначенных трендов как на индивидуальном, так и на организационном уровне.



Источник: составлено автором.

Рисунок 1.10 – Область достижения принципа конгруэнтности целей участников процессов, формирующих прогнозный ТЭБ

Согласно прогнозу развития энергетики мира и России до 2040 года, подготовленному институтом энергетических исследований РАН и аналитическим центром при Правительстве РФ «до 2035 года планируется, что мощности ВИЭ в России вырастут до 18 ГВт (сейчас 6,6 ГВт). В энергобалансе России будет 5-7 % мощностей ВИЭ» [349]. Более подробно о прогнозе развития энергетики и формирующихся трендах отражено в работе коллектива авторов Института энергетических исследований РАН с прогнозным горизонтом до 2040 года [310].

Глава Ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) А. Жихарев

отметил, что «сектор ВИЭ сейчас в экономике чувствует себя уверенно и инвестиционный климат здесь лучше, чем в других отраслях. Ежегодно в среднем в России создается 500 МВт новых мощностей ВИЭ» [310]. Речь идет не только о создании солнечных или ветровых электростанций, которые уже на сегодняшний день обеспечивают энергией дешевле тепловой, но и о создании малой гидрогенерации. Мощность ВИЭ в 2025 году ожидается, что превысит 7,5 ГВт (что на 1 ГВт больше по сравнению с прошлым годом).

Перспективность сформировавшегося в последние года тренда на развитие ВИЭ сохранит свою актуальность в достаточно длительном прогнозном периоде. При этом он непосредственно пересекается еще и с таким глобальным трендом, как «Переход к экономике с нулевым балансом выбросов углерода» за счет своей устойчивости и экологичности.

Согласно прогнозным оценкам ИНЭИ РАН возобновляемые источники энергии выходят в зону конкурентоспособности с тепловой генерацией (рис.1.11-1.12).

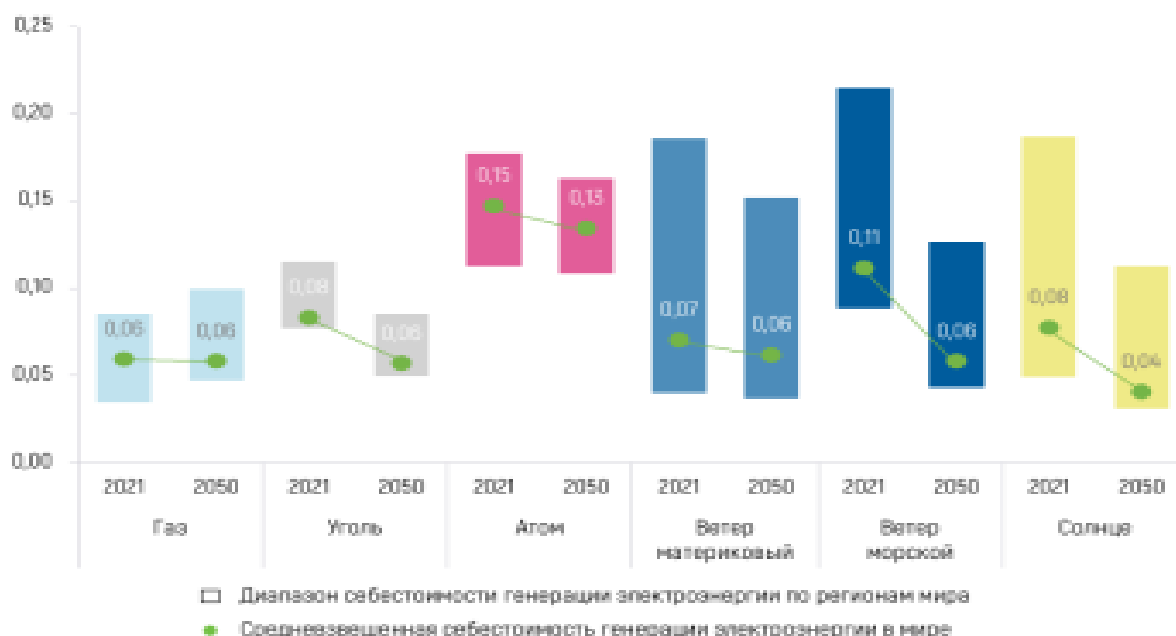


Рисунок 1.11 – Прогноз изменения себестоимости производства электроэнергии (LCOE) по источникам в 2050 г. в сравнении с 2021 г.[309]



По мнению экспертов ИНЭИ РАН «переход от генерации на газе и угле к 100 % использованию ВИЭ приведет к росту себестоимости поставок электроэнергии в 3–7 раз с учетом всех системных эффектов и повышению рисков устойчивости работы системы. Но могут быть приемлемые компромиссы, сочетающие разные виды генерации». Однако технологическое развитие в данном направлении позволит обеспечить поступательное снижение себестоимости.

В условиях обострения глобальной экологической повестки и последовательного перехода мировой экономики к модели углеродной нейтральности ВИЭ приобретают статус приоритетного направления развития энергетического сектора.

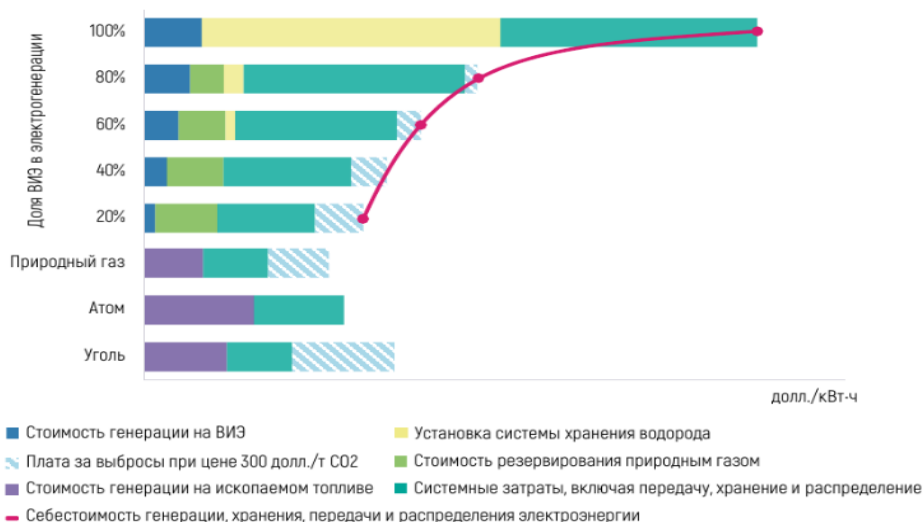


Рисунок 1.12 — Схематическое изменение полных затрат на поставки электроэнергии до уплаты налогов с учетом стоимости генерации, системных эффектов, платы за выбросы CO<sub>2</sub> экв. долл./кВт·ч Доля ВИЭ в электрогенерации [309]

Данная тенденция оказывает непосредственное влияние на стратегическое планирование как международных, так и российских энергетических компаний, обуславливая необходимость пересмотра сложившихся бизнес-моделей и переориентации инвестиционных потоков в сегмент низкоуглеродных и экологически безопасных технологий.

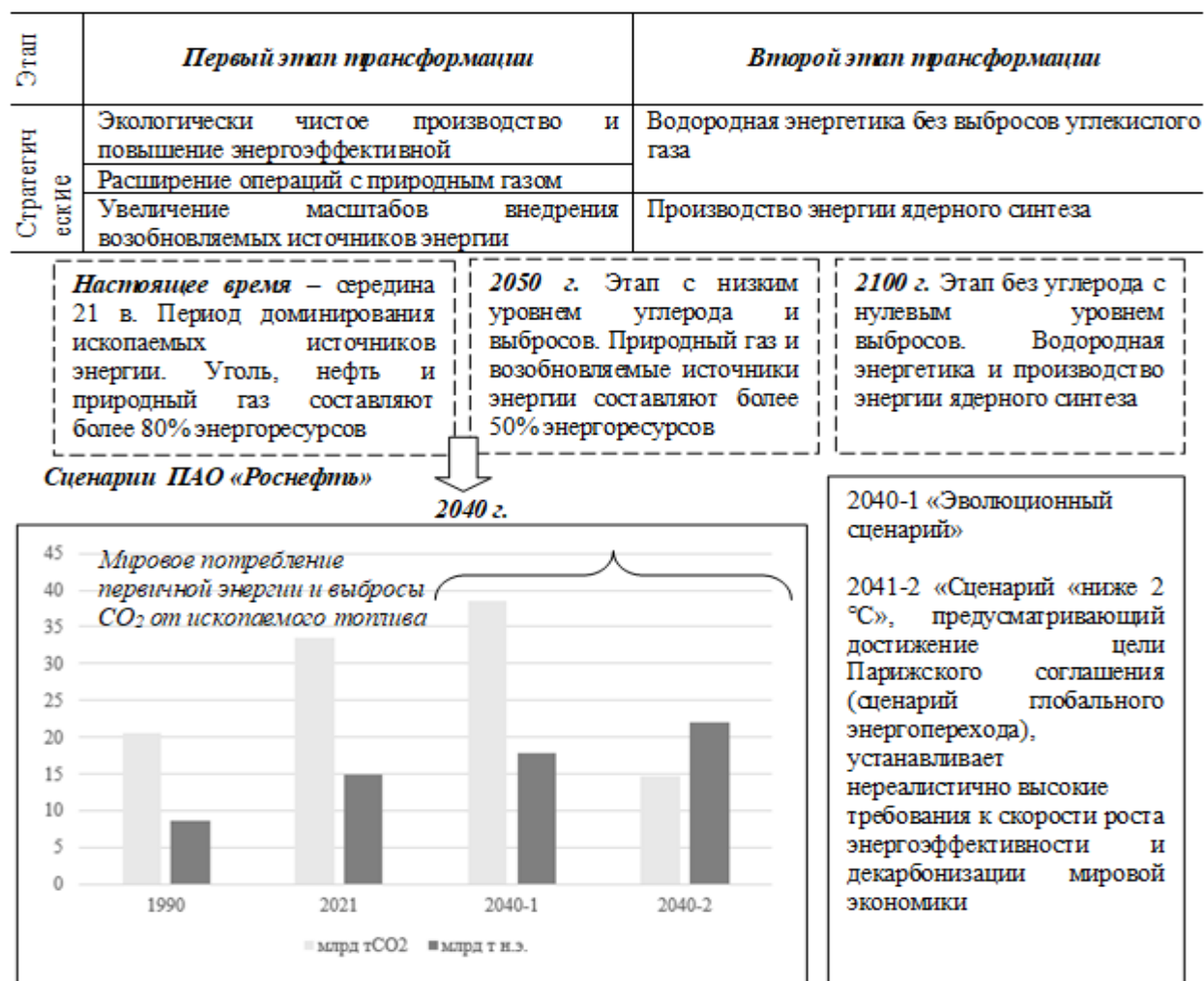
Обоснованию целесообразности выделения альтернативных источников энергии в структуре ТЭБ, а также вопросам широкого спектра в области использования ВИЭ посвящены работы С. В. Алымова, А. А. Ильинского, К., Knosala L., P. Stenzel, M. Robinius, D. Stolten. и др [69, 33]. Новые энергетические концепции нефтяных компании раскрываются в работе коллектива авторов: Цзоу Цайнэн, Чжан Фудун, Чжао Цюнь. Ими выделяется два этапа трансформации энергетической структуры на фоне настоящего времени, характеризующегося периодом доминирования ископаемых источников энергии, в рамках которого уголь, нефть и природный газ составляют более 80% энергоресурсов.

Временной точкой отсчета первого этапа обозначается 2050 г. и характеризуется как этап с низким уровнем углерода и выбросов. Природный газ и ВИЭ составят более 50% энергоресурсов (рис. 1.13).

Второй этап прогнозируется в районе 2100 года как этап без углерода с нулевым уровнем выбросов, преобладание водородной энергетики и производства энергии ядерного синтеза. Соответственно на каждом обозначенном этапе энергетические компании будут выбирать свои стратегии развития и вносить свой вклад в прогнозную структуры ТЭБ. Так в работе В.В. Дребенцова, Н.А. Иванова, В.В. Семикашева выделяется так называемый сценарий рационального технологического выбора (РТВ) и обозначается, что Россия достигнет чистых нулевых выбросов парниковых газов только к 2060 г.

Смоделированный ими сценарий показал, что структурные сдвиги относительно используемых видов топлива для выработки электроэнергии произойдут в сторону использования ВИЭ (рис. 1.14).

Согласно энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года: «К апрелю 2025 года доля ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии в России составила 2,6%» [302] (но вместе с тем в контексте мирового сообщества это достаточно низкий результат). Также следует отметить, что «среди крупнейших экономик мира ТЭБ России является одним из самых низкоуглеродных (по состоянию на 1 января 2023 г.).



Источник: составлено автором на основании источников [373], отчет об устойчивом развитии ПАО «Роснефть».

Рисунок 1.13 - Прогнозные варианты трансформации энергетической структуры

В структуре установленной мощности РФ доля гидроэлектростанций составляла 20,8%, атомных электростанций – 11,7% и возобновляемых источников энергии – 1,9%» [398].

В качестве перспективного энергоносителя, относящегося к новым экологически ориентированным технологиям, относят *водород, конкурирующий с ВИЭ*. Продуктом сгорания водорода в технологических процессах является вода, следовательно его использование можно отнести к экологически эффективному. На сегодняшний день водород занимает очень маленькую долю в мировом энергобалансе, но по оценкам экспертов, например заместителя министра Энергетики

П. Сорокина к 2050 году ожидается рост в 6 раз (с 80 до 500 млн. т.), то есть он может занять в структуре от 15 до 20%.

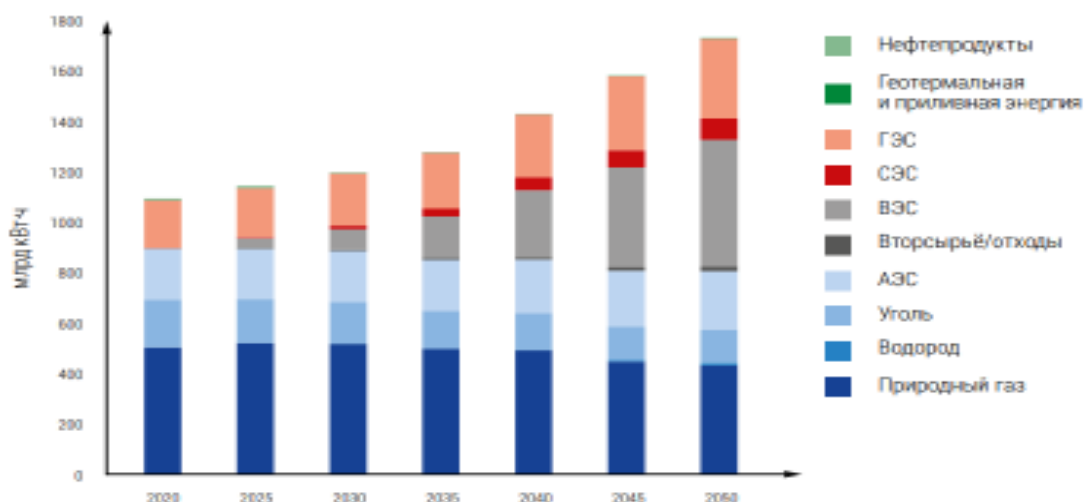


Рисунок 1.14 - Производство электроэнергии в России по видам топлива в сценарии рационального технологического выбора (РТВ) разработанного В. В. Дребенцовым, Н. А. Ивановым, В. В. Семикашевым [152]

Использование водорода и увеличение его доли в энергобалансе приведет к существенным трансформационным процессам в энергетике. В настоящее время весь производимый объем потребляется на месте производства химии, в переработке и металлургии. Эксперты видят в качестве перспективного направления его использования транспорт, в котором на сегодня около 60% потребления занимает нефть [105].

Ключевыми направлениями применения водорода в энергетике являются производство электроэнергии и автономное энергоснабжение (табл. 1.4). Российские нефтегазовые компании, традиционно ориентированные на добычу и переработку углеводородов, постепенно переходят к диверсификации своих портфелей в сторону экологически чистых источников энергии. Этот процесс обусловлен как глобальными климатическими обязательствами, так и необходимостью адаптации к меняющейся структуре мирового энергобаланса и растущему спросу на электроэнергию.

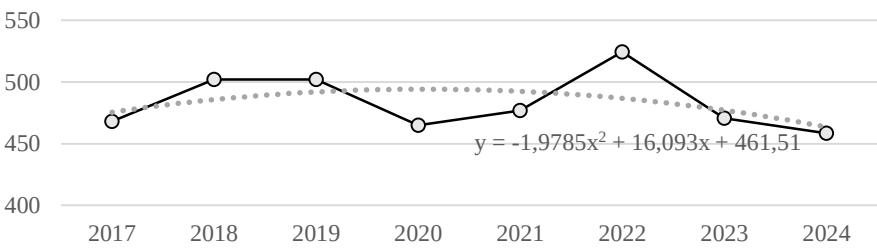
Таблица 1.4 – Направления применения водорода в энергетике [122]

| Сфера использования                                                                                                         | Конкурирующие энергоносители                                | Преимущества водорода                                            | Недостатки водорода                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сжигание вместе с газом для производства электроэнергии                                                                     | Природный газ, уголь, мазут, ВИЭ                            | Более полное сжигание углеводородного топлива, снижение выбросов | Рост стоимости сырья для электростанций (удорожание в диапазоне 40-140 долл./тыс.м <sup>3</sup> ) |
| Автономное энергоснабжение                                                                                                  | Сжиженные углеводородные газы, сжиженный природный газ, ВИЭ | Высокие экологические показатели                                 | Дороже альтернативных энергоносителей, потребность в инфраструктуре                               |
| Справочно: самый дорогой и экологичный «зеленый» водород. Электролиз от ВИЭ: малая гидроэнергетика, энергия солнца и ветра. |                                                             |                                                                  |                                                                                                   |

Так, например, ЛУКОЙЛ демонстрирует наиболее амбициозный подход среди российских нефтегазовых компаний. Компания планирует инвестировать \$15 млрд в развитие возобновляемой энергетики на протяжении текущего десятилетия. По оценкам специалистов, эти инвестиции позволят возвести объекты ВИЭ суммарной мощностью до 30 ГВт, что в десять раз превысит текущие мощности возобновляемых источников в России. Масштабность этого проекта становится особенно значимой в контексте прогнозируемого роста потребления электроэнергии на 30% к 2050 году. Такой прирост спроса может быть рассмотрен в качестве альтернативного сценария изменения структуры ТЭБ с увеличением в нем доли ВИЭ, то есть в сторону низкоуглеродных источников.

На сегодняшний день, несмотря на прослеживающийся в мировом сообществе тренд стигматизации глобальной нефтегазовой индустрии [12], то есть резкого негативного восприятия отрасли в целом и ключевых ее участников со стороны общества, представляется, что наиболее вероятной траекторией развития энергетического сектора является сочетание традиционных и альтернативных источников энергии. Результаты анализа деятельности двух крупных российских нефтяных компаний свидетельствуют о том, что, несмотря на глобальное ускорение четвертого энергетического перехода, компании выбирают умеренные темпы внедрения ВИЭ, смещая приоритет в сторону программ энерго- и ресурсосбережения. Производственное потребление энергии организациями группы ЛУКОЙЛ представлено в табл. 1.5.

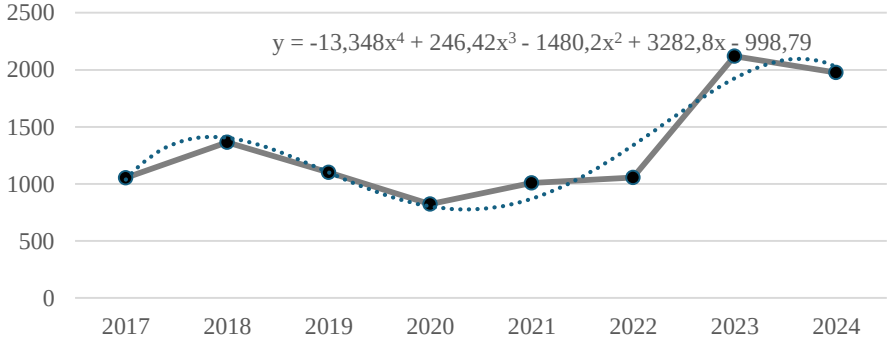
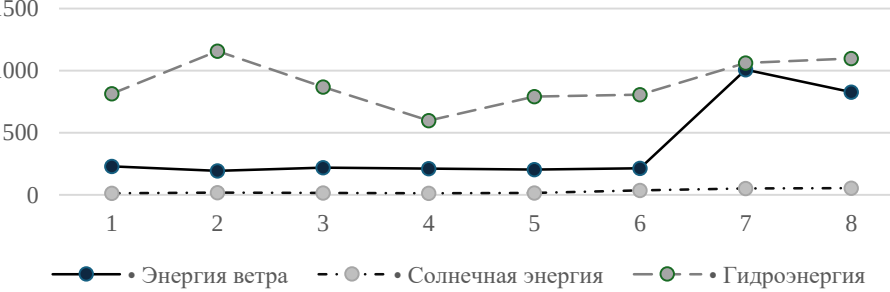
Таблица 1.5 – Производственное потребление энергии организациями группы  
ПАО «ЛУКОЙЛ»

| Ед. изм.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2017                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023   | 2024  | Структура, % |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8      | 9     | 10           |
| <b>Производственное потребление энергии: итого (1.1+1.2+1.3-1.4)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 468                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 502,0 | 502,0 | 465,0 | 477,1 | 524,6 | 470,67 | 458,5 |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  <p>—○— Производственное потребление энергии, млн. ГДж<br/> ..... Полиномиальная (Производственное потребление энергии, млн. ГДж)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Восстановление экономической активности в 2021 году сопровождалось ростом объемов добычи и переработки сырья в организациях Группы, что привело к росту потребления энергии в основных бизнес-секторах по сравнению с 2020 годом</li> <li>В 2022 году потребление энергии выросло в связи с увеличением производства продукции</li> </ul> |       |       |       |       |       |        |       |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 7,3   | 0,0   | -7,4  | 2,6   | 10,0  | -10,3  | -2,6  | -            |
| <b>1.1. Производственное потребление закупленной энергии</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8      | 9     | 10           |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 96                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 79    | 74    | 69    | 66    | 71    | 61     | 56    | 100          |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -17,7 | -6,3  | -6,8  | -4,3  | 7,6   | -14,1  | -8,2  | -            |
| <b>1.1.1. Тепловая энергия</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 61                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 59    | 57    | 54    | 51    | 55    | 48     | 43    | 77           |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -3,3  | -3,4  | -5,3  | -5,6  | 7,8   | -12,7  | -10,4 | -            |
| <b>1.1.2. Электроэнергия</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 35                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 20    | 17    | 15    | 15    | 16    | 13     | 13    | 23           |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -42,9 | -15,0 | -11,8 | 0,0   | 6,7   | -18,8  | 0,0   | -            |
| <b>1.2. Потребление стационарными производственными установками топлива, выработанного из невозобновляемых источников энергии (обеспечивающая генерация)</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 494                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 553   | 545   | 515   | 518   | 556   | 494    | 483   | -            |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 11,9  | -1,4  | -5,5  | 0,6   | 7,3   | -11,2  | -2,2  | -            |
| <b>1.3. Потребление электроэнергии, выработанной от ВИЭ (обеспечивающая генерация)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,005 | 0,037 | 0,049 | 0,054 | 0,55* | 3,66   | 5,46  | -            |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       | 640,0 | 32,4  | 10,2  | 918,5 | 565,5  | 49,2  | -            |
| <b>1.4. Продажа и отпуск энергии</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 122                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 130   | 117   | 119   | 107   | 103   | 88     | 86    | 100          |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6,6   | -10,0 | 1,7   | -10,1 | -3,7  | -14,6  | -2,3  | -            |
| <b>1.4.1. Тепловая энергия</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 75                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 74    | 66    | 68    | 57    | 57    | 47     | 45    | 52           |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -1,3  | -10,8 | 3,0   | -16,2 | 0,0   | -17,5  | -4,3  | -            |
| <b>1.4.2. Электроэнергия</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 47                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 56    | 51    | 51    | 50    | 46    | 41     | 41    | 48           |
| темп прироста, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 19,1  | -8,9  | 0,0   | -2,0  | -8,0  | -10,9  | -2,4  | -            |
| * Примечание: в отчетах в области устойчивого развития ПАО «ЛУКОЙЛ» потребление электроэнергии, выработанной от ВИЭ (п. 1.3), до 2021 года включительно показывает потребление энергии, выработанной от собственных источников ВИЭ (обеспечивающая энергетика); начиная с 2022 года – потребление энергии от собственных источников ВИЭ и по договорам купли-продажи электроэнергии от генерирующих организаций Группы. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |       |       |       |       |        |       |              |

Источник: составлена автором по отчетам ПАО «ЛУКОЙЛ» [275, 278]

В таблице 1.6 представлен сравнительный анализ выработки электроэнергии от возобновляемых источников по группе «ЛУКОЙЛ» за период с 2017 по 2024 гг.

Таблица 1.6 – Анализ выработки электроэнергии от возобновляемых источников ПАО «ЛУКОЙЛ»

| Ед. изм.                                                                                                                           | 2017                                                                                 | 2018  | 2019   | 2020   | 2021  | 2022 | 2023          | 2024  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|-------|------|---------------|-------|
| 1                                                                                                                                  | 2                                                                                    | 3     | 4      | 5      | 6     | 7    | 8             | 9     |
| 1. Коммерческая выработка электроэнергии от ВИЭ (поставки внешнему потребителю)                                                    |                                                                                      |       |        |        |       |      |               |       |
| млн кВт-ч                                                                                                                          | 1053                                                                                 | 1365  | 1100   | 822    | 1008  | 1057 | <b>2120</b>   | 1977  |
| В 2023 году существенное увеличение выработки от ВИЭ объясняется интеграцией данных по генерирующим мощностям ВИЭ ПАО «ЭЛ5-Энерго» |   |       |        |        |       |      |               |       |
| темп прироста, %                                                                                                                   | -                                                                                    | 29,63 | -19,41 | -25,27 | 22,63 | 4,86 | <b>100,57</b> | -6,75 |
| В том числе по видам ВИЭ. В 2023 году наблюдается резкий прирост электроэнергии за счет энергии ветра.                             |  |       |        |        |       |      |               |       |

Источник: составлена автором по отчетам ПАО «ЛУКОЙЛ» [275, 278]

Производственное потребление энергии ПАО «НК «Роснефть» представлено в табл. 1.7. «Роснефть» планомерно реализует проекты по развитию альтернативных источников энергии на своих производственных предприятиях. Например, для установки ветро-солнечных электростанций (ВСЭ) приоритетными являются удаленные месторождения с низким электропотреблением, строительство линий электропередачи до которых экономически нецелесообразно. Установка гибридных электростанций позволяет снижать воздействие на окружающую среду и обеспечивать производственные объекты экологически

чистой энергией на длительный период [276].

Таблица 1.7– Потребление энергии ПАО «НК «Роснефть» за период с 2021 по 2024 гг.

| Показатель                                                                                          | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Общее потребление энергии, млн ГДж, в том числе:                                                    | 569,3 | 560,5 | 564,4 | 561,4 |
| совокупное потребление невозобновляемых и возобновляемых источников энергии (топливо на технологию) | 283,1 | 283,1 | 281,6 | 286,2 |
| потребление электрической энергии                                                                   | 163,2 | 157,9 | 162,3 | 155,9 |
| потребление тепловой энергии                                                                        | 123,0 | 119,5 | 120,6 | 119,3 |

*Источник: составлено автором по отчетам об устойчивом развитии ПАО «НК «Роснефть» [276, 277, 279]*

В ПАО «НК «Роснефть» по данным на 2024 г. «задействован 51 объект возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на добывающих предприятиях в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре, Ямало-Ненецком автономном округе, Самарской области и Краснодарском крае. Развитие проекта «Восток Ойл» на севере Красноярского края предусматривает строительство ветрогенерации установленной мощностью 50 МВт» [276].

Согласно авторской логике, ключевым фактором успеха трансформации энергетического сектора является конгруэнтность целей всех участников этого процесса. Интересы нефтегазовых компаний в диверсификации своих портфелей и повышении углеродной нейтральности совпадают с государственными приоритетами в области выполнения экологических обязательств и энергетической безопасности. Одновременно эти цели согласуются с растущим спросом потребителей на чистую энергию и необходимостью обеспечения энергетической безопасности при прогнозируемом увеличении потребления электроэнергии. Такое совпадение интересов различных участников, и в первую очередь представителей корпоративного сектора, государства и общества, создает благоприятные условия для реализации проектов по оптимизации структуры ТЭБ и переходу к низкоуглеродной энергетике.

Автор диссертационного исследования считает, что реализация сценария



более активного включения ВИЭ в структуру ТЭБ на сегодняшний день необходима, но она сталкивается с рядом нерешенных проблем, в первую очередь связанных с недостаточным развитием отечественной технико-технологической базы в области производства оборудования и решений для использования ВИЭ. Российская промышленность в значительной мере зависит от импорта ключевых компонентов солнечных панелей, ветротурбин и систем накопления энергии, что создает не только технологическую зависимость, но и может затруднить масштабирование проектов в условиях возможных международных ограничений. Развитие собственного производства оборудования ВИЭ требует значительных инвестиций в научные исследования и промышленное развитие, что может несколько замедлить темпы наращивания ВИЭ на прогнозном горизонте до 2050 года и потребует согласованных действий государства, энергетических компаний и научно-производственного сектора для преодоления этих барьеров.

С учетом изложенного доля ВИЭ в структуре ТЭБ должна рассматриваться не только с позиции целевого индикатора энергоперехода, но и как значимый элемент предиктивной аналитики структурной перестройки прогнозного ТЭБ. Динамика данного показателя позволяет оценивать глубину и направленность трансформации энергетической системы, степень согласованности интересов государства, бизнеса и общества, а также реалистичность достижения прогнозных параметров в условиях существующих технологических, инвестиционных и институциональных ограничений. Тем самым доля ВИЭ приобретает значение одного из ключевых параметров сценарного моделирования и прогнозной оценки изменений в структуре производства и потребления энергоресурсов.

#### **1.4 Структурно-иерархическое представление проблемного поля развития ТЭК через призму топливно-энергетического баланса**

В рамках анализа проблемного поля развития ТЭК важным этапом является его структурно-иерархическое представление через призму ТЭБ. Такой подход позволяет систематизировать и углубить понимание ключевых аспектов

функционирования отрасли, выявить взаимосвязи между различными элементами системы и определить основные направления ее развития.

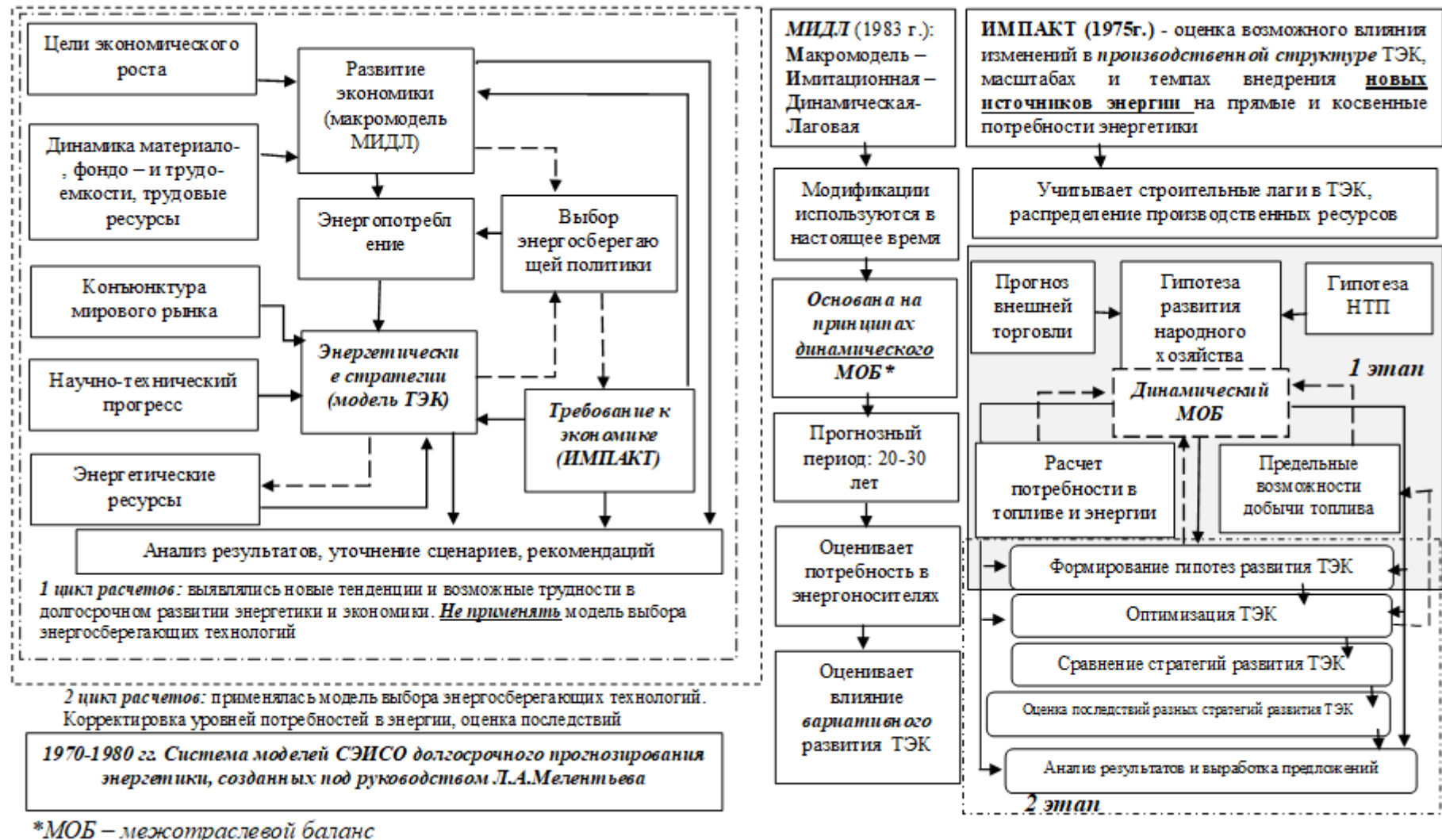
ТЭК в настоящем исследовании интерпретируется как сложная система, в рамках которой формируются и воспроизводятся технологические, экономические и институциональные взаимосвязи между субъектами добычи, переработки, транспортировки, распределения и конечного потребления энергоресурсов. Системный характер ТЭК проявляется в том, что изменения в поведении или состоянии одного из элементов (например, в производственной программе компании или в структуре регионального спроса) влекут за собой изменения в смежных звеньях, что должно учитываться при прогнозировании структуры ТЭБ.

Методологические основы системных исследований перспективного развития энергетики и ТЭК в целом были заложены в 1970-х годах научным коллективом Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН, до 1997 года носившего название Сибирский энергетический институт (СЭИ). Под руководством Л. А. Мелентьева «при разработке теоретических и методических основ системного анализа энергетики особое внимание уделялось подходам к выявлению и учету прямых и обратных связей энергетической отрасли с народным хозяйством» [337]. Данный подход впоследствии стал фундаментом для построения многих прогнозно-аналитических моделей, используемых при формировании долгосрочной энергетической политики. Актуальность указанных методологических принципов сохраняется и в современных условиях, поскольку усложнение структуры ТЭК и усиление взаимозависимости энергетического и экономического развития требуют системного учета обратных связей при разработке прогнозных ТЭБ. Сложность решаемых задач существенно увеличилась, в силу изменения темпов появления новых технологий, меньшей предсказуемости поведения внешней среды и все возрастающего проявления негативных шоков со стороны поведения мирового сообщества.

В основе подходов к среднесрочному и долгосрочному прогнозированию развития ТЭК, которые были еще разработаны в 1970 – х годах, лежали экономические и математические модели, позволяющие обеспечивать их

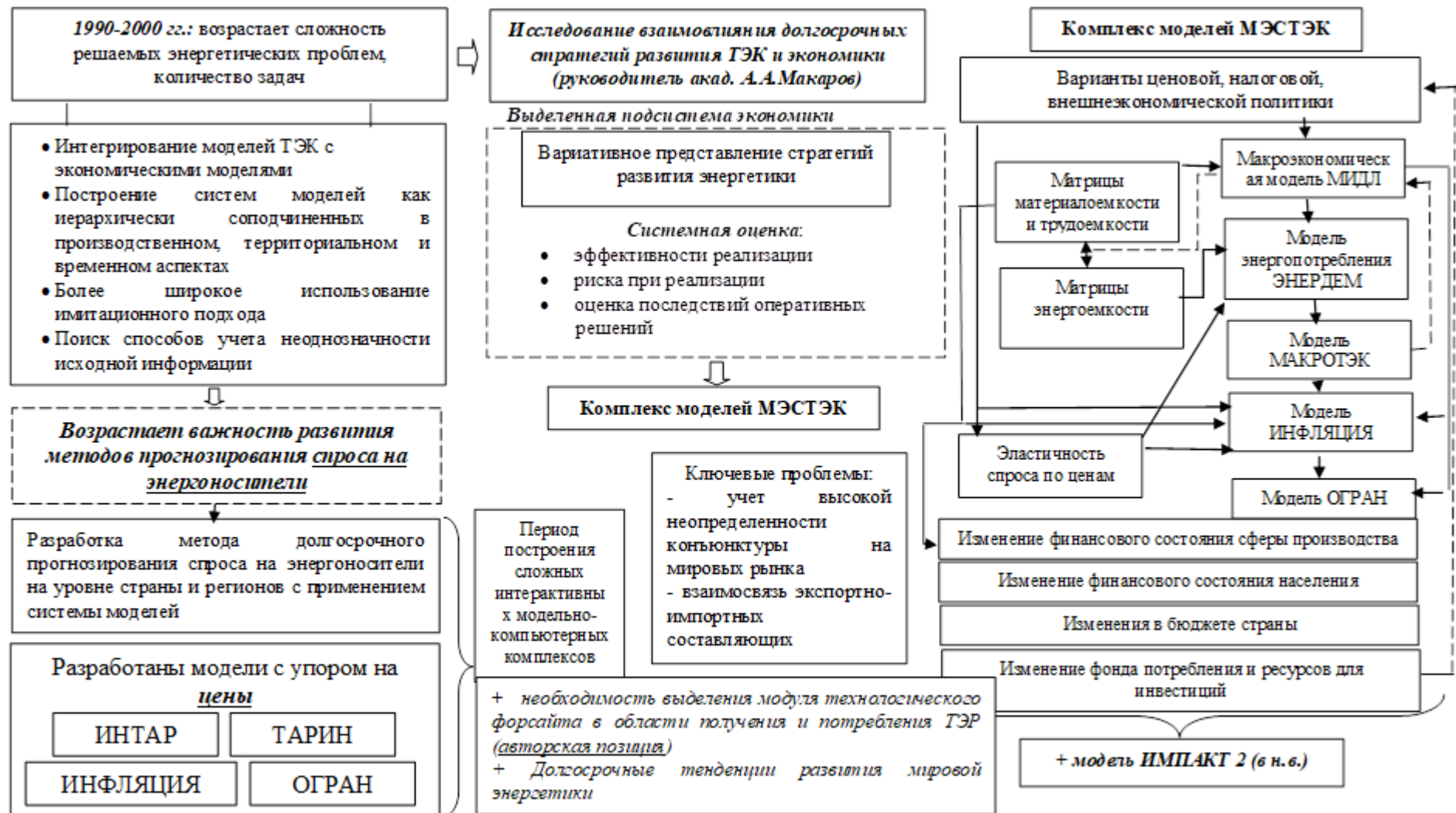
взаимосогласованность. Они стали основой для дальнейшего развития и научно-практического приращения в области модельного анализа сложных взаимосвязей в системе «ТЭК – народное хозяйство» с сохранением базовых принципов прогнозирования, что и обеспечивало преемственность между развивающимися прогнозными моделями. Достаточно значимым принципом являлся принцип вариативности, который позволял за счет проигрывания разных вариантов событий учитывать неопределенность внешней и внутренней среды относительно исследуемой системы. Принцип ресурсной сбалансированности, согласно которому оценка потребностей в энергоносителях и оптимизация способов их удовлетворения должны рассматриваться во взаимной увязке. Данный принцип предполагает, что структура спроса определяет требования к источникам и способам покрытия, а доступные ресурсы, в свою очередь, накладывают ограничения на возможные сценарии энергопотребления. Принцип взаимной обусловленности ТЭК и экономики, который проявляется в том, что при формировании прогнозов необходимо определять требования отраслей ТЭК к экономике и проводить анализ обратного влияния этих требований на макроэкономические показатели и социальную сферу. Указанные принципы заложили концептуальную основу для последующих методических разработок в области энергетического прогнозирования [337]. Эволюционное развитие методов долгосрочного прогнозирования развития ТЭК представлено на рисунке 1.15.

Основным инструментом системного анализа ТЭК в научных исследованиях выступает разработка сводных ТЭБ, охватывающих полный цикл движения энергоресурсов — от стадии их производства до конечного потребления. Целостная картина процессов производства и использования ТЭР раскрывается посредством сводного ТЭБ, который позволяет обеспечить сопоставимость данных, выявить структурные диспропорции в межотраслевом и межуровневом аспекте. По мимо этого такой формат ТЭБ позволит сформировать информационное обеспечение для проведения аналитических расчетов с целью обоснования долгосрочных прогнозов и соответствующих стратегических управленческих решений [230].



Источник: составлено автором по работе «Системные исследования в энергетике: ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ» [337]

Рисунок 1.15 - Эволюция методов долгосрочного прогнозирования развития ТЭК (начало)



Источник: Составлено автором по работе «Системные исследования в энергетике: ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ» [337]

Рисунок 1.15 - Эволюция методов долгосрочного прогнозирования развития ТЭК (окончание)

Структура ТЭБ России является результатом целенаправленных политических решений, реализованных посредством государственных энергетических стратегий и инвестиционной политики.

Сравнительный анализ моделей, разработанных М. А. Гершензоном, Г. Е. Ткаченко [350] представлен в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Сравнительный анализ прогнозных моделей, предложенных М. А. Гершензоном, Г. Е. Ткаченко

| Модель                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Сущность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Достоинства /Недостатки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Модель экономики для среднесрочного прогнозирования М. А. Гершензона</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Балансовая модель.</b><br><br>Выделены три группы отраслей по характеру использования их продукции: <ul style="list-style-type: none"> <li>• отрасли текущего производственного потребления;</li> <li>• фондообразующие отрасли;</li> <li>• отрасли непроизводственного назначения</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        | «Балансовые уравнения для отраслей, относимых к первой группе, строятся на основе нормативов прямых материальных затрат с корректировкой, учитывающей прирост оборотных фондов. Для фондообразующих отраслей уравнения баланса отражают распределение продукции на возмещение выбытия и приращение основных фондов и формируются с использованием коэффициентов фондоемкости, а также показателей, характеризующих равномерность ввода фондов и динамику незавершенного строительства» [337]. | Преимущество подхода заключается в обеспечении простого и «естественного» способа включения в модель показателей, отражающих изменение структуры потребления в зависимости от достигнутого уровня производства и потребления. Дополнительным достоинством является возможность учета ограничений по трудовым ресурсам, экспортно-импортного сальдо и динамического перехода по фондам по годам. Существенным ограничением выступает сложность обоснования динамики нормативных коэффициентов и выбора управляющих переменных» [337]. |
| «Результатом моделирования является формирование основных показателей динамического межотраслевого баланса, согласованных с заданными гипотезами изменения нормативов материальных и трудовых затрат, структуры фонда потребления, а также с параметрами имеющихся трудовых ресурсов. Полученные балансовые характеристики отражают взаимосвязь отраслевых пропорций, динамики затрат и ресурсных ограничений, что позволяет оценить сбалансированность прогнозных сценариев развития экономики» [337]. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Адаптивная модель</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | В основу подхода положено использование отчетных и плановых значений нормативных коэффициентов, которые в связи с невысокой точностью их оценки принимаются в интервальной форме. При этом в качестве                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Адаптация к заданным контрольным цифрам развития экономики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Окончание таблицы 1.8

| 1                                                                                   | 2                                                                                                                    | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | целевого ориентира задается желательная траектория развития экономики.                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Межотраслевая оптимизационная модель Г. Е. Ткаченко</b>                          |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| «Межотраслевая оптимизационная модель для формирования гипотез развития ТЭК» [337]. | «Описаны производственные взаимосвязи энергетики с теми отраслями народного хозяйства, уровень которых может оказать | «К преимуществам данной модели относится агрегированное представление вариантов добычи и переработки основных видов топлива, в том числе                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                     | заметное влияние на развитие ТЭК» [337].                                                                             | нефти, газа и угля, а также производства светлых нефтепродуктов, электрической и тепловой энергии с выделением двух основных зон страны» [337]. Кроме того, модель учитывает внешнеторговые связи, включая экспорт энергетических ресурсов и импорт оборудования и материалов для развития ТЭК с учетом условий кредитования. В то же время существенным ограничением модели является отсутствие дифференциации технологий и учета территориального размещения производств смежных отраслей, что ограничивает возможности более детального анализа структурных и пространственных аспектов развития энергетической системы. |

*Источник: составлено автором на основе работы [337]*

Сравнительный анализ методов моделирования взаимосвязей энергетики и экономики в период с 1990–2000 гг. представлен в таблице 1.9. Модели планирования в области развития энергетики, разработанные Международным агентством по атомной энергии отражены в работе [224].

Таблица 1.9 – Сравнительный анализ методов моделирования взаимосвязей энергетики и экономики в период с 1990–2000 гг.

| Автор          | Сущность                                                              | Примечание |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 1              | 2                                                                     | 3          |
| Е. А. Медведев | «Использование коэффициентов интегральных затрат на единицу конечного |            |

Продолжение таблицы 1.9

| 1                                                     | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       | непроизводственного потребления товаров и услуг. Данные коэффициенты, получаемые на основе моделей межотраслевого баланса, отражают удельные энергетические и материальные затраты по всей совокупности производственных взаимосвязей» [337].                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Ю. Д. Кононов, Е. В. Гальперова, О. В. Мазурова и др. | <p>Поэтапный подход к сужению области неопределенности исходных данных и результатов расчетов - этапы прогнозных исследований ТЭК [36, 187]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение сценариев и прогнозы внешних условий;</li> <li>- формирование и анализ вариантов развития ТЭК для каждого сценария внешних условий;</li> <li>- обобщение результатов сценарных исследований</li> </ul> | <p>Целесообразность применения итерационных расчетов и внесения корректив в модель топливно-энергетического комплекса существенно возрастает, если наряду с задаваемыми ограничениями на ввод мощностей по условиям инерционности, то есть временных барьеров, в модели будут учитываться и корректироваться инвестиционные, или финансовые, барьеры. Данные барьеры, а также стратегические угрозы и возможные проблемы долгосрочного развития ТЭК подлежат выявлению и уточнению на каждой стадии исследования соответствующего сценария посредством проведения новых расчетов и новых итераций. При этом на каждой стадии детализация территориальной структуры страны может варьироваться — от 4–5 укрупненных зон на начальном этапе до 8–10 районов на заключительном. Различным может быть и рассматриваемый временной интервал. Особую значимость, согласно авторской логике, итерационный подход приобретает при введении в модель учета динамики «цифрового спроса» поскольку его пространственная неравномерность и высокая степень неопределенности темпов цифровизации требуют последовательного уточнения как технологических, так и финансовых параметров на каждом этапе прогнозирования</p> |
| ИНТАР                                                 | Для определения динамики цен самоокупаемости. Учитывает разнообразие возможных источников инвестирования (амортизация, прибыль, кредиты,                                                                                                                                                                                                                                                                     | В рамках подхода рассчитывается средневзвешенная за период эксплуатации дисконтированная цена,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



Окончание таблицы 1.9

| 1        | 2                                                                                                                                                                                              | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | акции), а также меняющийся и не совпадающий во времени характер инвестирования, возврата заемных средств, ежегодных издержек и прибыли.                                                        | обеспечивающая инвестору минимально необходимую доходность при условии возврата заемных средств и уплаты налогов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ТАРИН    | Имитирует поведение инвестора, определяющего с помощью процедуры бизнес-планирования эффективность капиталовложений в сооружение данного объекта в данном регионе и в предполагаемых условиях. | Модель предусматривает учет и варьирование возможных изменений условий эксплуатации, себестоимости производства энергоносителей, параметров налоговой и кредитной политики, нормы доходности на вложенный капитал, условий привлечения заемных ресурсов, а также продолжительности строительного цикла. В случае несоответствия ценовой траектории критериям инвестиционной эффективности, принятым инвестором, осуществляется поиск альтернативного варианта. Модель также предоставляет возможность уточнения продолжительности строительства и плановых сроков ввода объекта в эксплуатацию |
| ИНФЛЯЦИЯ | Оптимизационная межотраслевая модель, определяющая влияние повышения цен в отраслях экономики вследствие удорожания энергоносителей.                                                           | В рамках установленных условий и ограничений определяются такие значения изменения ценовых индексов, при которых общий рост цен в ответ на удорожание рассматриваемого энергоносителя минимизируется                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ОГРАН    | Корректировка используемых в макроэкономической модели МИДЛ ограничений на доступные инвестиционные ресурсы и на фонд конечного потребления товаров и услуг                                    | производственных отраслей и государственного бюджета                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

*Составлено автором на основании работы [337, 231].*

Согласно авторской логике в представленной на рис. 1.16 поэтапной модели Ю. Д. Кононова и Д. Ю. Кононова можно выделить ряд недостатков, а именно: ограниченная полнота сценариев, субъективность при формировании предпосылок, кумулятивное нарастание неопределенности при детализации, недостаточный учет временных и инвестиционных барьеров, фрагментация и статистический шум при агрегировании регионов, недооценка межсекторных обратных связей, слабая интеграция экономико-экологических критериев,

чрезмерная адаптация модели к краткосрочным изменениям снижает ее прогностическую устойчивость.

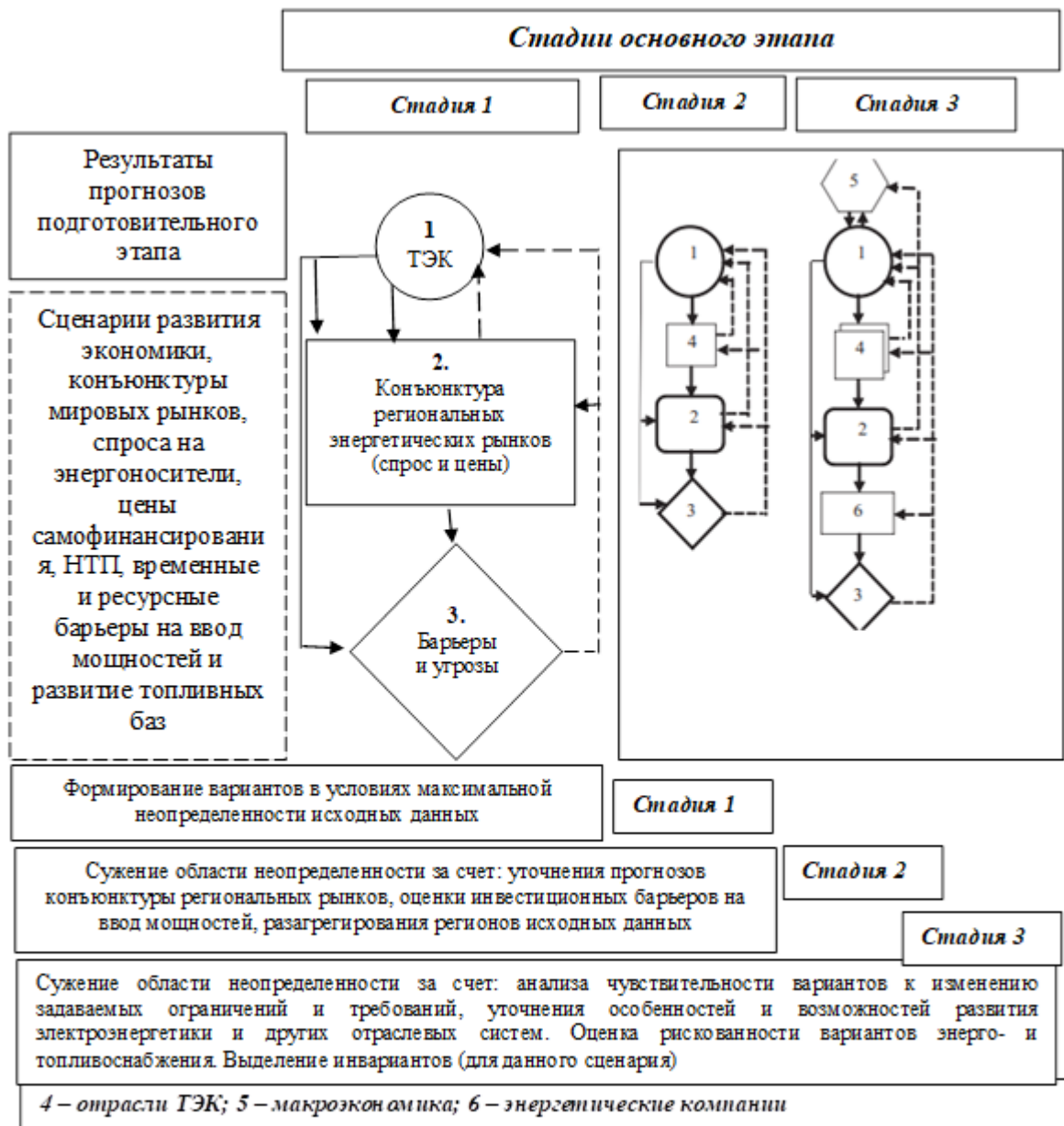


Рисунок 1.16 – Состав и взаимодействие моделей на разных стадиях формирования и исследования вариантов долгосрочного развития ТЭК (по Ю. Д. Кононову, Д. Ю. Кононову [185])

Ограниченная полнота сценариев проявляется в возможном неполном охвате альтернатив развития и шоковых событий, что приводит к сужению множества допустимых траекторий развития ТЭК и снижает устойчивость управленческих

решений, повышает риск несогласованности стратегии и реального развития событий. Экспертные суждения и политически обусловленные допущения, используемые на ранних этапах, могут вносить систематические отклонения в прогнозы, что усиливает субъективность оценок при формировании прогнозного ТЭБ и может привести к снижению доверия к нему как к инструменту принятия управленческих решений.

При последовательном уточнении показателей ошибки и неопределенности ранних предпосылок накапливаются и приводят к искажению конечных выводов, что ограничивает применимость прогноза для долгосрочного стратегического планирования. Линейные модели часто не фиксируют сложных взаимодействий между энергетикой, экономикой и экологией, вследствие чего управленческие меры, основанные на прогножном ТЭБ, могут привести к конфликту целевых ориентиров.

В совокупности выделенные недостатки снижают возможность эффективного и быстрого перевода прогнозного ТЭБ из статистического документа в действенный инструмент управления развитием ТЭК и обеспечения энергетической безопасности. Их устранение требует развития методологической основы формирования прогнозного ТЭБ. В более поздней работе [184] Ю. Д. Кононова и Д. Ю. Кононова отмечается, что «во всех известных системах моделей и модельно-информационных комплексах, используемых для прогнозных исследований ТЭК (например, работах 55, 61), оптимизация развития электроэнергетики играет ключевую роль. Состав моделей и степень их агрегирования должны зависеть от рассматриваемой перспективы, принимая во внимание, что с увеличением горизонта прогнозирования, с одной стороны, растет неопределенность исходных данных, а с другой – снижается требуемая точность прогнозов. Такой подход к разработке прогнозных моделей описан в работе Ю. Д. Кононова [188] и показан на рис. 1.17.

Необходимо отметить, что в прогнозах развития электроэнергетики на перспективу до 10–15 лет в схему расчетов включаются дополнительные модели, учитывающие особенности режимов работы электростанций, развитие

системообразующих сетей и другие факторы. Рассмотренные сложные модельные комплексы (рис.1.17) ориентированы на использование единой целевой функции, что в условиях высокой неопределенности относительно исходных условий и существующих ограничений поэтапных методик для целей долгосрочного прогнозирования является неоднозначно целесообразным и относится к разряду дискуссионных вопросов. Автономное выделение задачи относительно формирования спроса на ТЭР с методологической точки зрения становится более оправданной, позволяющей перейти к последовательному (поэтапному) согласованию с происходящими изменениями в области социально-экономического развития, динамики энергопотребления, а также в области структурной трансформации ТЭК.

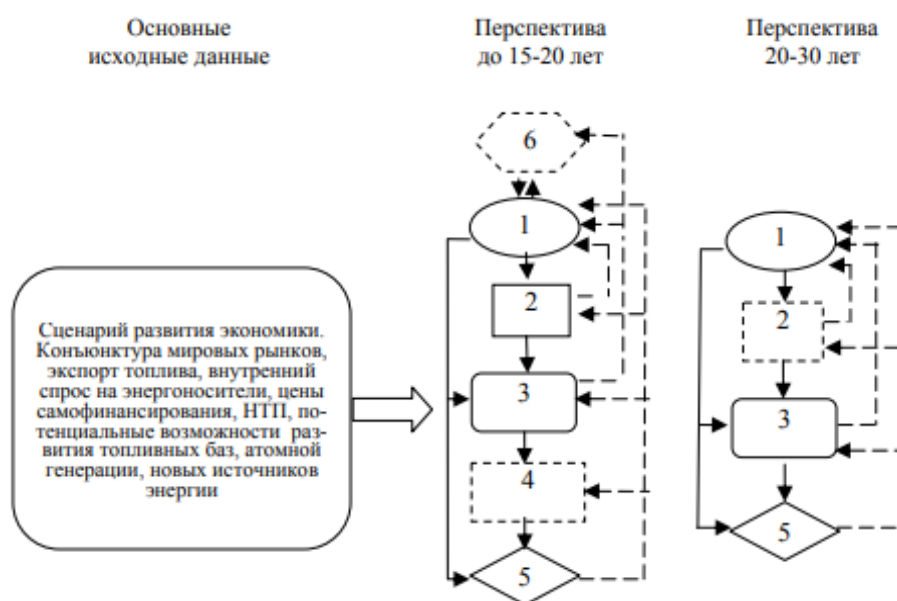


Рисунок 1.17 – «Система взаимосвязей между блоками (моделями), используемыми в ИСЭМ СО РАН для исследования вариантов долгосрочного развития ТЭК: 1 – ТЭК; 2 – электроэнергетика и другие отрасли ТЭК; 3 – конъюнктура региональных энергетических рынков (спрос и цены); 4 – барьеры и угрозы; 5 – энергетические компании; 6 – макроэкономика» [184]

Такой подход позволяет явно выделять и контролировать источники неопределенности, корректировать инвестиционные и временные барьеры на

каждой итерации и обеспечивать гибкость при разной степени пространственной детализации. В результате обеспечивается формирование взаимосогласованных сценариев развития экономики и энергетики, что имеет особое значение в условиях усиления влияния цифровизации, энергоперехода и возрастающей неопределенности внешних факторов, которые затрагивают как спрос, так и предложение ТЭР.

С методологической точки зрения модель прогнозирования спроса, предложенная Е. В. Гальперовой, Ю. Д. Кононовым, О. В. Мазуровой [116] представляется особенно релевантной (рис. 1.18).

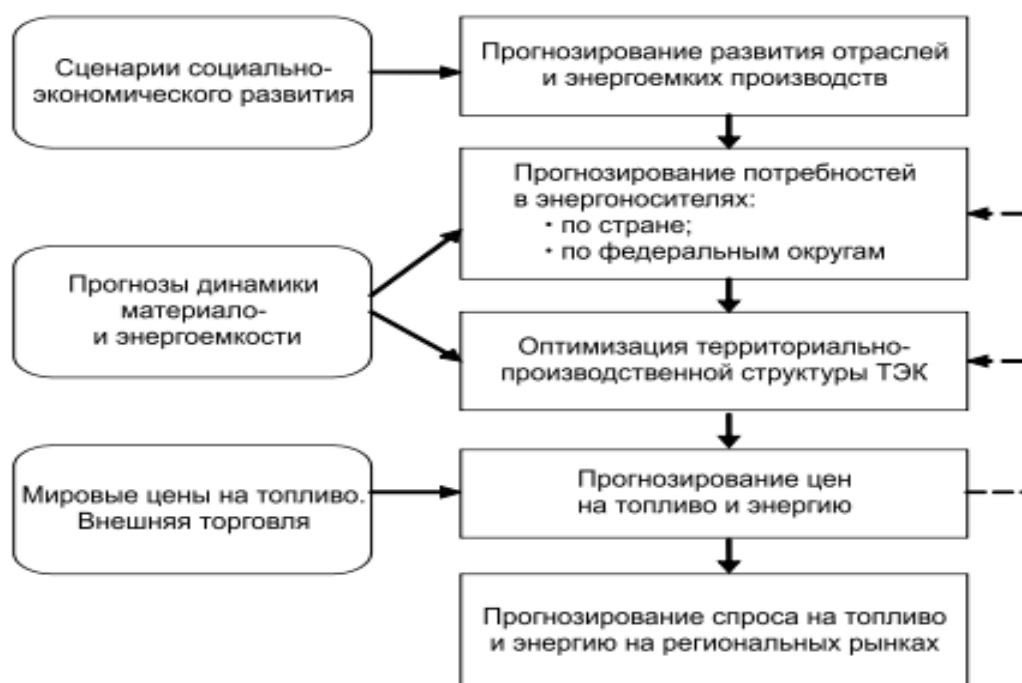


Рисунок 1.18 – Этапы прогнозирования спроса на топливо и энергию (по модели Е. В. Гальперовой, Ю. Д. Коконова, О. В. Мазуровой) [116]

Е. В. Гальперова и ее соавторы приходят к выводу о наличии тесной зависимости между спросом на энергоносители, динамикой энергоемкости отраслей экономики и динамикой цен на ТЭР. Рост цен на ТЭР приводит к последовательной адаптации потребителей начиная от замещения энергоносителей, реализации программ по энергосбережению до структурных изменений, происходящих непосредственно в производстве и потреблении смещая

акцент в сторону менее энергоемких видов продукции.

При этом отмечается, что данные процессы сопровождаются разным периодом адаптации. Более быстрая адаптация происходит относительно замещения энергоносителей, а более длительная относится к структурным изменениям в области производства и потребления [116].

Необходимо отметить, что формирование долгосрочных прогнозов развития энергетики в мировом сообществе безусловно необходимо на всех этапах исследования развития ТЭК. Актуальность данных прогнозов непосредственно сопряжена с «опасностью истощения мировых запасов невозобновляемых энергоресурсов, а также неравномерностью распределения источников энергии, которая является потенциальным источником экономических и политических конфликтов» [116].

В научном сообществе при разработке методологических основ составления высоковероятных прогнозов развития мировой энергетики основной целью ставится «формирование энергетической политики с учетом долгосрочных последствий принимаемых решений и анализ возможностей и путей перехода к устойчивому развитию. При исследованиях мировой энергетики ставятся и решаются следующие основные задачи:

- анализ долгосрочных тенденций потребления энергии;
- оценка энергетических ресурсов;
- определение экономически целесообразных масштабов развития существующих и новых энергетических технологий;
- анализ влияния глобальных ограничений, касающихся выбросов  $\text{CO}_2$ , на структуру энергетики мира и связанные с выполнением этих ограничений затраты;
- исследование возможностей и условий формирования энергетики устойчивого развития в различных регионах мира» [307].

Причинно-следственные связи, заложенные в интегрированный программный комплекс, разработанный учеными ИСЭМ СО РАН, в формализованном виде представленные на рис. 1.20 на сегодняшний день, согласно авторской логике, могут быть расширены посредством увязки с формированием

прогнозного динамического ТЭБ страны. Межмодульная интеграция GEM, MACRO и REM обеспечивает согласованное моделирование энергетики и экономики: GEM рассчитывает структуру энергетики и затраты при заданном потреблении, MACRO дает обратную связь через ценовую динамику и влияние цен на спрос, REM оптимизирует и агрегирует решения для децентрализованной генерации, которые затем используются в GEM. При этом в исходной архитектуре отсутствует отдельный блок интеллектуального прогнозирования, включающего технологический форсайт и формализованный модуль прогнозного топливно-энергетического баланса (ТЭБ).

Необходима методология, которая не просто подставляет форсайт-требования в расчеты, но и обеспечивает итеративную увязку желаемых траекторий с экономически оптимальными решениями и макроэкономическими эффектами при учете стохастических шоков и ограничений. Именно для этой цели предлагается гибридный подход, позволяющий трактовать прогнозный ТЭБ и как целевые ориентиры, и как ограничители реализуемости, и как источник информации о ценности программных мер, принимаемых на разных управленческих уровнях для развития системы «ТЭК-народное хозяйство».

Согласно авторской логике целесообразно выделить оба компонента в составе системы межмодульной интеграции моделей GEM, MACRO и REM, что обеспечит согласованное моделирование энергетики и экономики: GEM рассчитывает структуру энергетики и затраты при заданном потреблении, MACRO дает обратную связь через ценовую динамику и влияние цен на спрос, REM оптимизирует и агрегирует решения для децентрализованной генерации, которые затем используются в GEM. При этом в исходной архитектуре отсутствуют отдельный блок технологического форсайта и формализованный модуль прогнозного ТЭБ. Автором предлагается выделить в составе системы моделей (рис. 1.19) следующий набор новых взаимосвязанных компонентов:

- блок технологического форсайта и технологического прогноза, формирующий альтернативные долгосрочные траектории развития ТЭК, коррелирующие с концепцией технологического развития [190];

- модуль прогнозного ТЭБ, переводящий форсайт-траектории в количественные цели, ограничения и сценарии;
- интеграция данных о поставках топлива, логистике и санкционных ограничениях как динамических ресурсных ограничений;
- сценарный банк шоковых ситуаций и событий (логистических сбоев, геополитических шоков, экстремальных климатических событий);
- система интеллектуального прогнозирования, обеспечивающая генерацию и обновление сценариев на основе получения фактических данных.

Модуль формирования прогнозного ТЭБ, включающий сценарный форсайт и технологическое прогнозирование, позволяющий осуществлять интеллектуальное прогнозирование [89, 259] формализует целевые траектории развития и выполняет автоматизированную проверку их реализуемости в рамках заданных ограничений технического и экономического характера, включая данные по поставкам топлива, логистике и санкционным рискам.

Сценарный банк и подсистема стохастического стресс-тестирования позволяют оценивать устойчивость энергетической и экономической системы к широкому спектру случайных и экстремальных внешних условий, а система интеллектуального прогнозирования обеспечивает адаптивное обновление входных распределений и выявление ранних сигналов риска. Например, в работе М. Андреева, А. Нелюбиной рассматриваются механизмы действия шоков, которые необходимо учитывать при формировании стресс-сценариев [72]. В результате итеративного моделирования будет сформировано проблемное поле развития ТЭК — выявлены ключевые технологические, инфраструктурные, логистические и институциональные барьеры и приоритеты, которые требуют решения для достижения прогнозной структуры ТЭБ на горизонте от 10 и более лет, а также проведена оценка политических, инвестиционных и других программных мер, необходимых для достижения форсайт - ориентиров.

Проблемно-ориентированное поле функционирования и развития ТЭК России необходимо рассматривать как систему структурно взаимосвязанных противоречий, возникающих в энергетической системе.





Источник: основа взаимосвязей моделей GEM, MACRO и REM заимствована из работы [231]

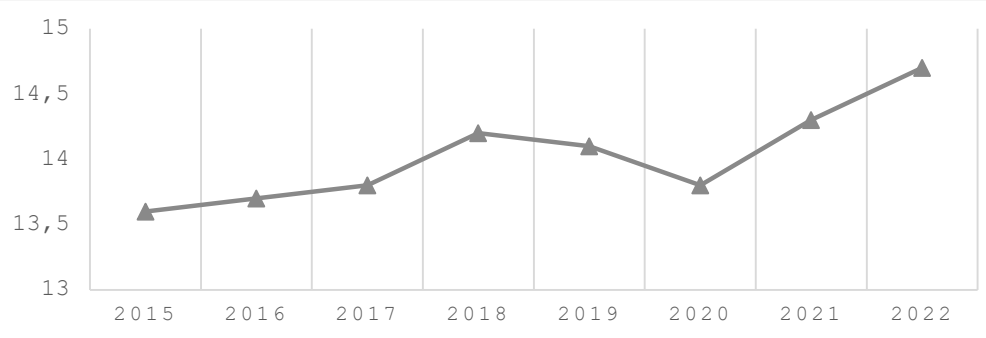
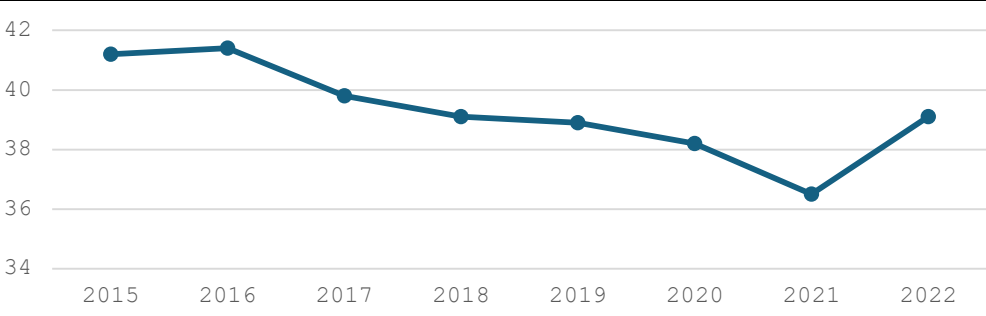
Рисунок 1.19 – Система моделей GEM, MACRO и REM с учетом авторских адаптационных предложений

Актуализация использования ВИЭ, наблюдаемая в последнее время, является следствием перенаправления государственных инвестиций и политического внимания на выполнение требований энергоперехода.

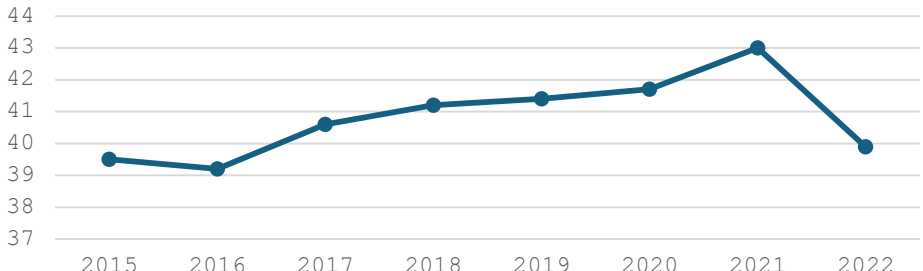
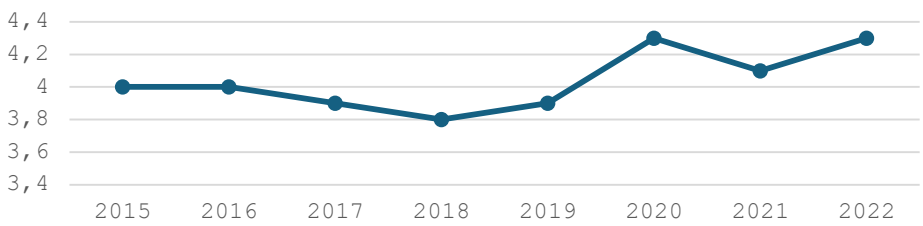
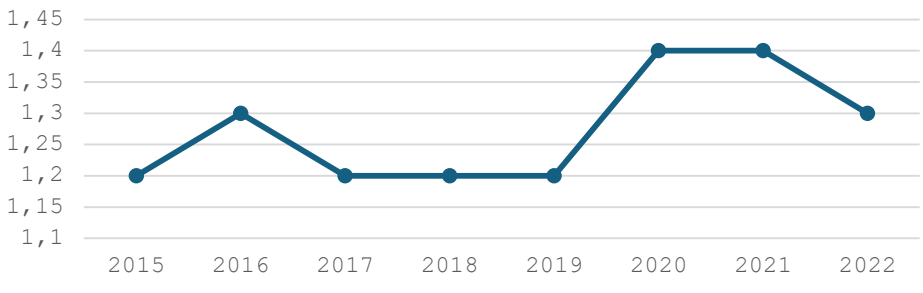
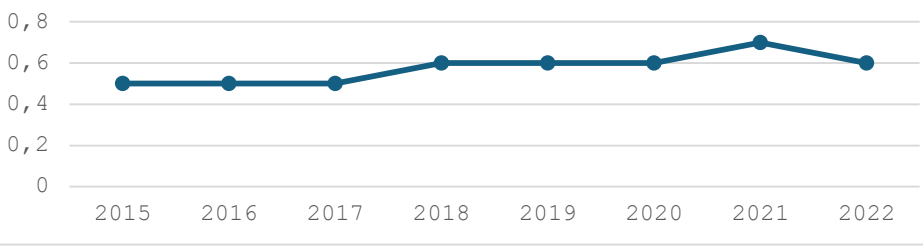
Исследование трансформации структуры ТЭБ РФ в период с 2015 по 2022 годов позволяет установить причинно-следственные связи между изменениями его компонентного состава и реализуемыми государственными политическими решениями в сфере энергетики. Исходной информационной базой послужил динамический единый ТЭБ России за 2015–2022 годы, составленный представителями центра энергоэффективности – XXI века: И. А. Башмаковым, В.А. Мышак, В. И. Башмаковым и др. [142] (приложение Е).

В таблице 1.10 представлен динамический структурный анализ ТЭБ за 2015–2022 гг.

Таблица 1.10 – Динамический анализ структуры ТЭБ за 2015–2022 гг., %

| ТЭР   | Год                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 2015                                                                                 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1     | 2                                                                                    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| Уголь | 13,6                                                                                 | 13,7 | 13,8 | 14,2 | 14,1 | 13,8 | 14,3 | 14,7 |
| Нефть |  |      |      |      |      |      |      |      |
|       | 41,2                                                                                 | 41,4 | 39,8 | 39,1 | 38,9 | 38,2 | 36,5 | 39,1 |
|       |  |      |      |      |      |      |      |      |
|       |                                                                                      |      |      |      |      |      |      |      |

Окончание таблицы 1.10

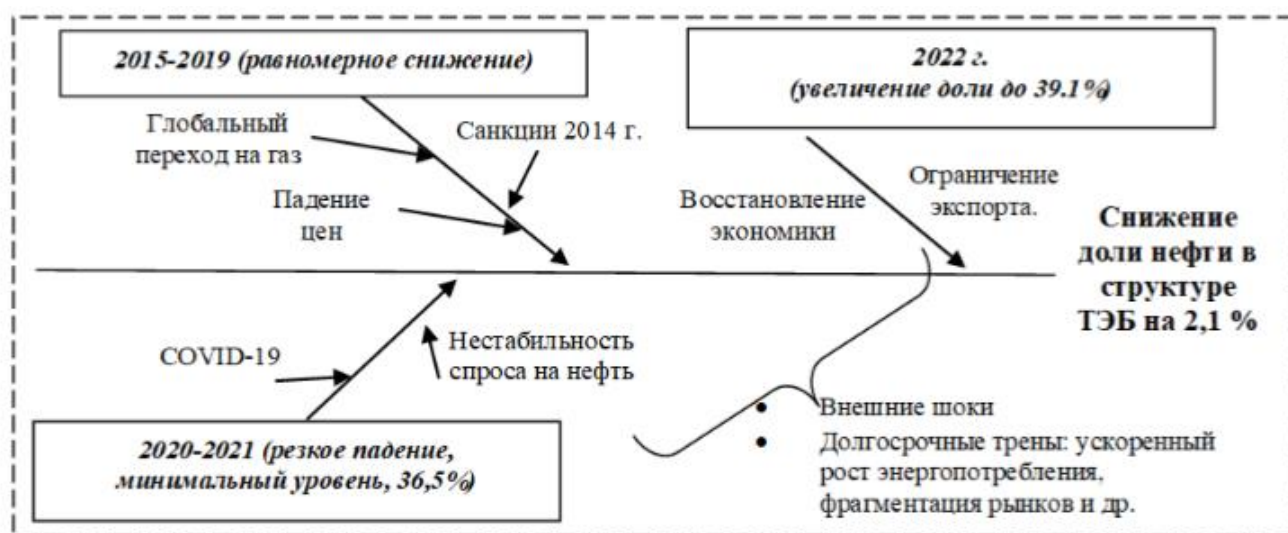
| 1        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Газ      | 39,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 39,2 | 40,6 | 41,2 | 41,4 | 41,7 | 43   | 39,9 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
|          |  <table border="1"> <caption>Данные для графика: Доля газа в первичной энергии</caption> <thead> <tr><th>Год</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Доля (%)</td><td>39,5</td><td>39,2</td><td>40,6</td><td>41,2</td><td>41,4</td><td>41,7</td><td>43</td><td>39,9</td></tr> </tbody> </table>                  |      |      |      |      |      |      |      | Год | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Доля (%) | 39,5 | 39,2 | 40,6 | 41,2 | 41,4 | 41,7 | 43  |
| Год      | 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
| Доля (%) | 39,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 39,2 | 40,6 | 41,2 | 41,4 | 41,7 | 43   | 39,9 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
| Атомная  | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4    | 3,9  | 3,8  | 3,9  | 4,3  | 4,1  | 4,3  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
|          |  <table border="1"> <caption>Данные для графика: Доля атомной энергии в первичной энергии</caption> <thead> <tr><th>Год</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Доля (%)</td><td>4</td><td>4</td><td>3,9</td><td>3,8</td><td>3,9</td><td>4,3</td><td>4,1</td><td>4,3</td></tr> </tbody> </table>                 |      |      |      |      |      |      |      | Год | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Доля (%) | 4    | 4    | 3,9  | 3,8  | 3,9  | 4,3  | 4,1 |
| Год      | 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
| Доля (%) | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4    | 3,9  | 3,8  | 3,9  | 4,3  | 4,1  | 4,3  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
| Гидро    | 1,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,4  | 1,4  | 1,3  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
|          |  <table border="1"> <caption>Данные для графика: Доля гидроэнергии в первичной энергии</caption> <thead> <tr><th>Год</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Доля (%)</td><td>1,2</td><td>1,3</td><td>1,2</td><td>1,2</td><td>1,2</td><td>1,4</td><td>1,4</td><td>1,3</td></tr> </tbody> </table>               |      |      |      |      |      |      |      | Год | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Доля (%) | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,4  | 1,4 |
| Год      | 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
| Доля (%) | 1,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,4  | 1,4  | 1,3  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
| Прочие   | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,5  | 0,5  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,7  | 0,6  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
|          |  <table border="1"> <caption>Данные для графика: Доля прочих источников энергии в первичной энергии</caption> <thead> <tr><th>Год</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Доля (%)</td><td>0,5</td><td>0,5</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,6</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,6</td></tr> </tbody> </table> |      |      |      |      |      |      |      | Год | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Доля (%) | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,7 |
| Год      | 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
| Доля (%) | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,5  | 0,5  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,7  | 0,6  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |
| Всего    | 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |          |      |      |      |      |      |      |     |

Источник: составлено автором на основании ТЭБ за 2015–2022 гг. [142].

Доля нефти в структуре первичной энергии Российской Федерации демонстрирует нисходящий тренд, снизившись с 41,2% в 2015 году до 39,1% в 2022 году (на 2,1%). Данное снижение сформировалось под влиянием нескольких разнонаправленных факторов, действовавших на протяжении семилетнего периода

(рис. 1.20).

Равномерное снижение доли нефти в структуре ТЭБ наблюдалось в период с 2015 по 2019 гг. (на 2,1% за период), что обусловлено совокупностью причин структурного и конъюнктурного характера. Во-первых, на глобальном уровне происходил переход потребителей энергии с нефти на природный газ как на более экономичный и экологически приемлемый источник энергии. Как отмечено в долгосрочной программе развития производства сжиженного природного газа в Российской Федерации «Потребление природного газа показывает опережающий рост за последние 10 лет.



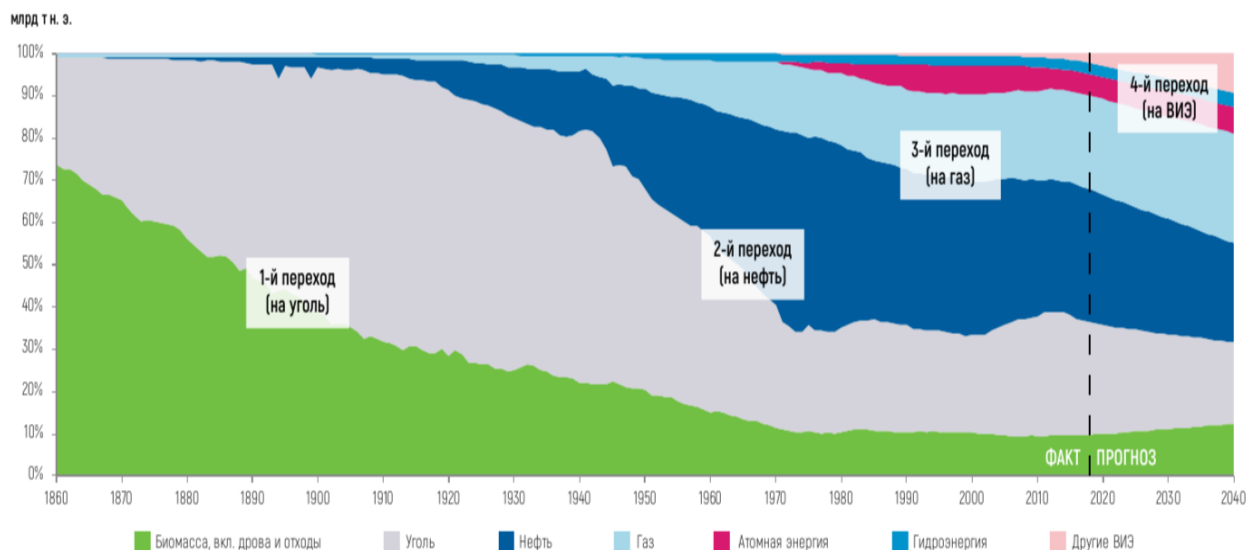
Источник: составлено автором

Рисунок 1.20 – Система факторов, оказавших влияние на динамику изменения доли нефти в структуре ТЭБ в период с 2015–2022 гг.

По данным компании «Бритиш Петролеум», общий рост потребления энергии с 2009 по 2019 год составил 20,9%, а рост добычи газа - 35,9%, при этом добыча нефти выросла только на 16,6%, угля - на 15,2%» [147]. В работе Т. Митровой также говорится о третьем энергопереходе (рис. 1.21), связанным с «переключения с нефти на природный газ за счет внедрения газовых турбин в электроэнергетике» [236].

Во-вторых, возникшие ограничения на экспорт нефти в России,

обусловленные санкционными ограничениями 2014 года привели к относительному снижению доли нефти в структуре ТЭБ. В-третьих, глобальное падение цен на нефть в 2015–2016 годах сделало менее привлекательными инвестиции в нефтяной сектор, что замедлило темпы добычи и экспорта.



Источник: Прогноз развития энергетики мира и России 2019 ИНЭИ РАН – Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО.

Рисунок 1.21 – Энергетические переходы и изменение структуры мирового первичного энергопотребления по видам топлива, % [236]

Период 2020–2021 гг. характеризуется более резким падением доли нефти, достигшей своего минимума в 36,5% в 2020 году, что в большей степени обусловлено пандемией COVID-19, которая привела к непредсказуемой ситуации в области поведения спроса на нефтепродукты, особенно в авиационном секторе и автомобильном транспорте. Одновременно произошло значительное сокращение международной торговли, что еще более усугубило ситуацию на мировых нефтяных рынках. Восстановление спроса в 2021 году было лишь частичным, и доля нефти остается на уровне 36,5%, что позволяет говорить о более медленном росте спроса на нефть по сравнению с прогнозными ожиданиями.

Восстановление глобальной экономики, наблюдаемое в 2022 г. в постпандемийный период обусловило рост спроса на энергоносители и рост цен на нефть, что непосредственно отразилось на уровне доходов от экспорта нефти, но

при этом сопровождаемое снижением физического объема экспорта. Снижение экспорта было вызвано новым санкционным давлением на РФ (рис. 1.22). Это привело к трудностям на традиционных европейских рынках и обусловило необходимость переориентации на азиатские. Таким образом в этот период наблюдалось два противоположных процесса, что привело к увеличению доли нефти в энергобалансе до 39,1 %.

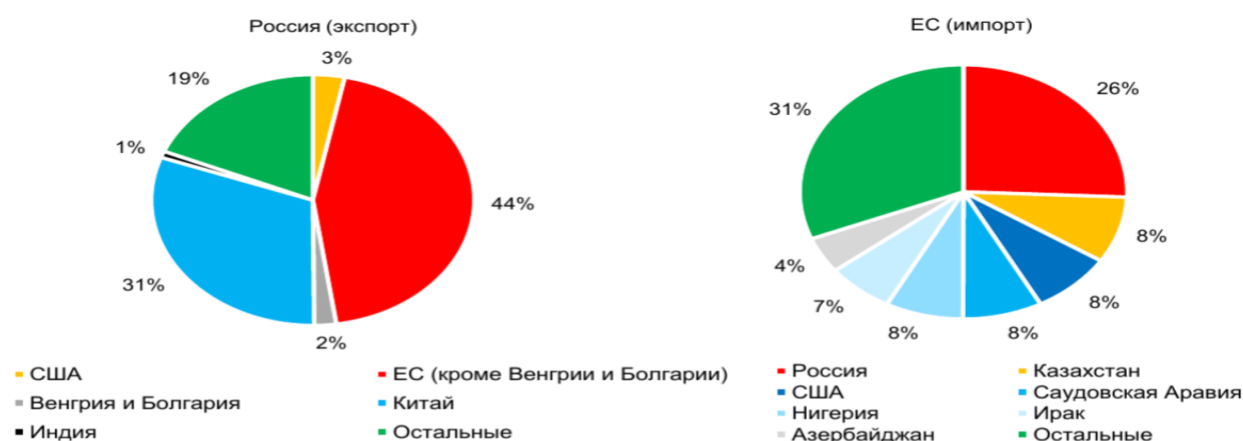


Рисунок 1.22 - Структура российского экспорта сырой нефти в 2021 году (слева) и структура импорта нефти в ЕС в 2020 году (справа) в натуральном выражении (источник: ФТС России, Eurostat) [235]

Таким образом, восстановление доли нефти в 2022 году в большей степени связано с высокими мировыми ценами (рис. 1.23) и перераспределением экспортных потоков, чем с увеличением объемов добычи или потребления нефти. Комплексный анализ динамики доли нефти свидетельствует о структурном сдвиге в энергетической системе, обусловленном долгосрочными глобальными тенденциями (переход на газ, декарбонизация) и краткосрочными шоками (санкции, пандемия).

Нефть снижает свою роль в энергетической системе, уступая место природному газу, что является результатом ряда преимуществ газа в условиях современного этапа развития энергетики, а также влияния геополитических факторов. Природный газ характеризуется более сложной тенденцией изменения

доли в структуре российского ТЭБ за анализируемый период, показывающей первоначальный рост, достижение пикового значения и последующее резкое сокращение (рис. 1.24).

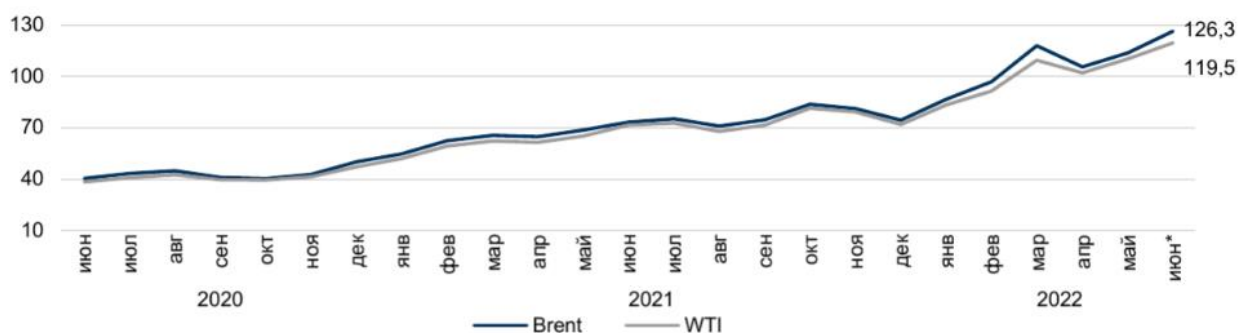
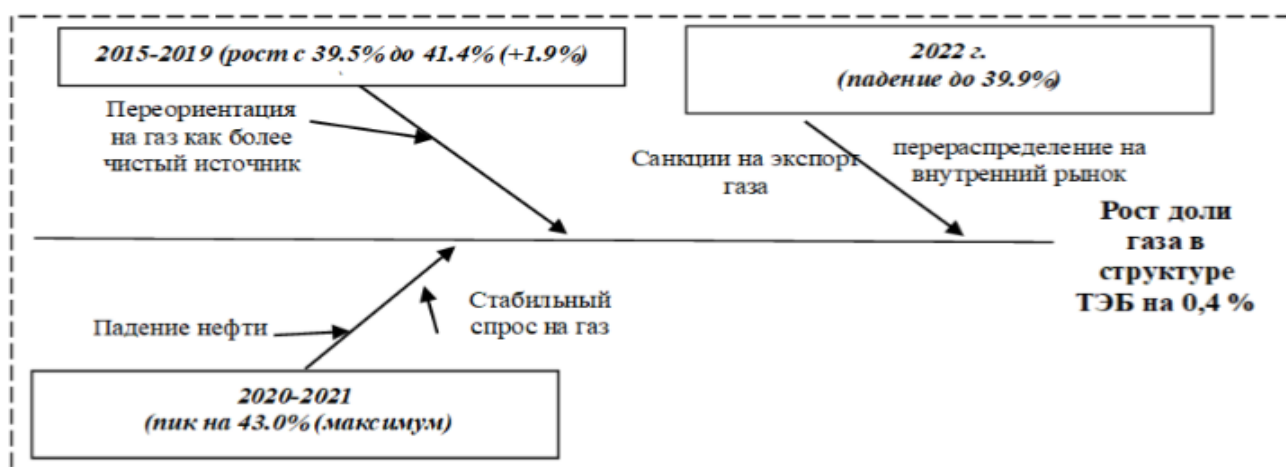


Рисунок 1.23 - Среднемесячные цены на нефть<sup>1</sup> WTI и Brent (долл./барр.) [235]

Несмотря на то, что изменение доли газа за 7 лет составило лишь 0,4% (с 39,5% в 2015 году до 39,9% в 2022 году), промежуточные колебания отражают структурные изменения в мировой и российской энергетике.

В период с 2015 г. по 2019 г. наблюдался устойчивый рост доли природного газа в ТЭБ, увеличившейся с 39,5% до 41,4%, что составило 1,9%. Этот тренд был обусловлен глобальной переориентацией энергетических систем развитых стран в сторону природного газа как более экологически приемлемого источника энергии по сравнению с углем и нефтью.



Источник: составлено автором.

Рисунок 1.24 – Система факторов, оказавших влияние на динамику изменения доли газа в структуре ТЭБ в период с 2015–2022 гг.

Ужесточение экологических норм в Европе и снижение стоимости газовых технологий привело к росту спроса на российский газ, что позволило увеличить экспортные поставки и долю во внутреннем энергопотреблении. Одновременно государственная политика газификации регионов России, реализуемая через инвестиционные программы, способствовала замещению угля и мазута газом в жилищно-коммунальном хозяйстве и на предприятиях теплоэнергетики. Таким образом, период 2015–2019 годов характеризовался синхронизацией глобальных и национальных тенденций в пользу газа.

В период с 2020 г. по 2021 г. также наблюдается рост доли газа, достигшей своего исторического максимума в 43,0 % в 2021 году. Это увеличение было обусловлено двумя взаимодополняющими факторами. Первый фактор — относительное падение доли нефти в результате изменения спроса на нефтепродукты в период пандемии, особенно авиационного топлива. По мере того, как доля нефти менялась в ТЭБ, менялась и доля других источников энергии, прежде всего газа. Второй фактор обусловлен стабильностью спроса на природный газ в пандемийный период. В отличие от нефти, спрос на газ для отопления, электрогенерации и промышленного использования остался относительно устойчивым, а в некоторых регионах даже вырос вследствие увеличения объемов домашнего потребления энергии. Кроме того, энергетический кризис в Европе в 2021 году, вызванный дефицитом газа и резким ростом цен, привел к максимизации экспортных поставок, что обусловило рост непосредственных объемов газодобычи и, как следствие, повышение его доли в российском ТЭБ. В 2022 году тенденция сменилась на противоположную. Наблюдается резкое сокращение за весь анализируемый период (на 3,1 %). Это падение связано с введением санкций против Российской Федерации и последующим ограничением экспорта газа в европейские страны. Закрытие газопроводов «Северный поток» и «Северный поток-2» привело к потере примерно 75% традиционного газового экспорта в Европу, что составляло около 120–130 млрд м<sup>3</sup> в год. Возникший дефицит газовых экспортных мощностей привел к необходимости перенаправления значительных объемов газа на внутренний рынок и на замещение в энергогенерации.



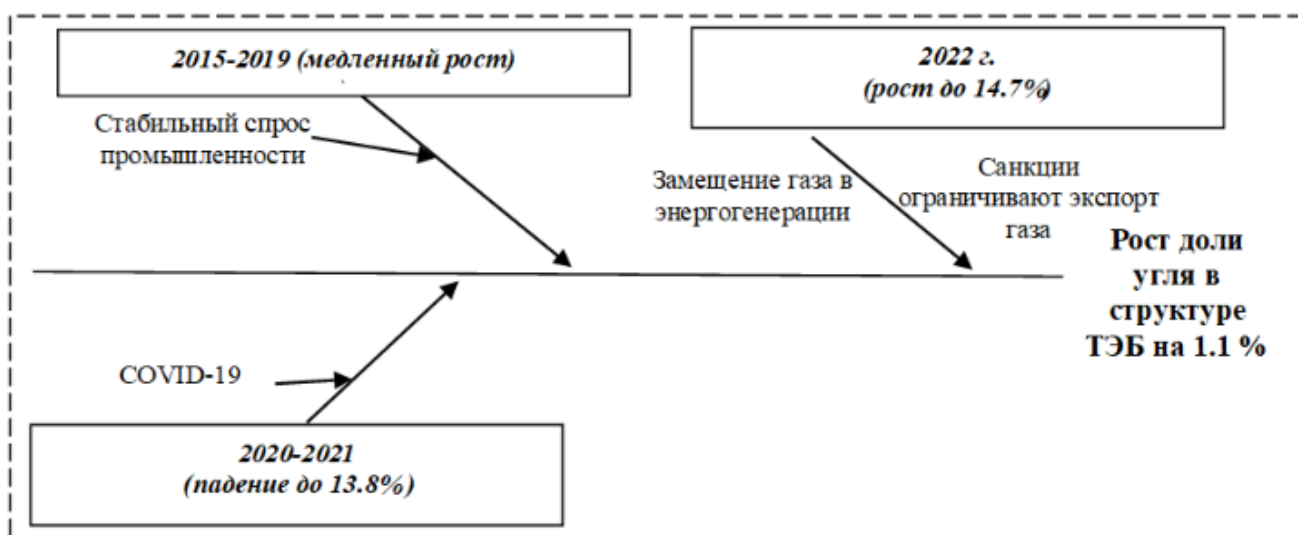
Одновременно можно было наблюдать замещение газа углем в энергогенерации, что привело к росту доли угля и, как следствие, к сокращению относительной доли газа в ТЭБ.

Анализ изменения тенденций газа, как структурообразующего элемента ТЭБ, показывает, что период с 2015 по 2021 год был связан с последовательной реализацией государственной стратегии максимизации газового экспорта и газификации внутреннего рынка, что привело к переводу газа в статус доминирующего энергоносителя. Вместе с тем события 2022 года показали высокий уровень влияния геополитической нестабильности и выявили существующие проблемы в области экспортной ориентации газового сектора и диверсификации экспортных маршрутов, а точнее их отсутствие. Условия санкционных ограничений привели к сокращению доли газа в 2022 году и обозначили проблемы и узкие места в энергетической системе, требующие внимания со стороны государства и адаптации к возникшим условиям стратегии развития газового сектора.

Выявленная тенденция в динамике изменения доли угля в структуре ТЭБ в анализируемом периоде показала противоположную тенденцию в сравнении с изменениями доли нефти и газа. Доля угля устойчиво растет, но характеризуется более низкой динамикой. Изменение составило 1,1 % (с 13,6 % в 2015 г. до 14,7 % в 2022 г.). Факторы, оказавшие влияние на изменение доли угля в структуре ТЭБ в формализованном виде представлены на рис. 1.25. Относительная стабильность спроса на уголь, даже в условиях глобального энергоперехода, обусловлена низкой стоимостью угля по сравнению с альтернативными источниками, а также наличием значительных внутренних ресурсов. Государственная политика поддержки угольных регионов способствовала сохранению спроса на уголь на внутреннем рынке.

Выявленные закономерности между государственными решениями и структурными сдвигами в ТЭБ определяют необходимость развития методологического инструментария формирования прогнозного ТЭБ. Традиционно ТЭБ рассматривается как инструмент, фиксирующий фактические

объемы производства и потребления энергетических ресурсов, сопровождаемых трансформационными процессами. Однако результаты исследования указывают на возможность использования прогнозного ТЭБ в качестве предиктивного инструмента, способного стать основой для разработки долгосрочных энергетических стратегий и прогнозных сценариев развития ТЭК.



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 1.25 – Система факторов, оказавших влияние на динамику изменения доли угля в структуре ТЭБ в период с 2015–2022 гг.

С практической точки зрения это означает, что если государство может управлять структурой ТЭБ через целенаправленные политические решения (изменение инвестиционных приоритетов, введение стимулирующих механизмов для определенных источников энергии, установление экспортных квот, поддержку технологических инноваций), то, напротив, разработка желаемой прогнозной структуры ТЭБ на долгосрочную перспективу может выступать в качестве обратного механизма, определяющего содержание государственной политики, необходимое для достижения этой структуры. Таким образом, прогнозный ТЭБ может обеспечить обоснованность стратегических решений и способствовать сбалансированному развитию ТЭК и смежных отраслей в интересах

энергетической безопасности государства.

Реализация данного подхода требует корректировки методологии управления сбалансированным развитием ТЭК. Вместо традиционного подхода «от ресурсов к потреблению» (определение доступных ресурсов, прогноз их добычи, прогноз потребления) предлагается осуществить переход к подходу «от целей к ресурсам» (определение желаемой структуры прогнозного ТЭБ на основе стратегических приоритетов, выявление необходимых политических решений для ее достижения). Прогнозный ТЭБ в этом контексте выступает целевой моделью «что должно быть» и инструментом верификации согласованности государственной политики с заявленными стратегическими целями.

Такое переосмысление роли ТЭБ в системе государственного управления энергетическим сектором открывает новые возможности для повышения обоснованности и результативности энергетической политики, обеспечивая ее большую предсказуемость, прозрачность и соответствие долгосрочным национальным интересам.

### **Выводы по главе 1**

Современные условия функционирования и поступательного, стабильного развития системы «ТЭК – народное хозяйство» требует обеспечения сбалансированного развития ТЭК с учетом межотраслевых взаимосвязей, что непосредственно отразится на уровне энергетической и экономической безопасности. В качестве инструмента управления развитием системы «ТЭК-народное хозяйство» необходимо рассматривать прогнозный ТЭБ.

Сбалансированное развитие ТЭК сопряжено с рядом вызовов [256], обусловленных в первую очередь глобальным энергетическим переходом и развитием цифровой экономики. Отрасли ТЭК достаточно сильно связаны между собой. Рост объемов генерации и потребления одних видов ТЭР приводит к соответственному уменьшению производства и потребления других видов в определенных пропорциях. Увеличение или сокращение макроэкономических

показателей экспортирующих и импортирующих стран приводит к изменению ТЭБ и состоянию энергетических рынков.

Структурные диспропорции в производстве и потреблении ТЭР, усиливающиеся под воздействием глобального энергетического перехода и цифровой трансформации экономики, указывают на недостаточную сбалансированность развития ТЭК. К основным направлениям необходимо отнести диспропорции между:

- структурой производства и структурой конечного спроса, который существенно меняется в условиях энергоперехода и цифровизации;
- топливной структурой энергобаланса и целями энергоперехода;
- отраслевой структурой энергопотребления и технологическим уровнем потребителей;
- развитием цифровой инфраструктуры и энергетической обеспеченностью.

В этих условиях особую значимость приобретает ТЭБ как инструмент стратегического управления системой «ТЭК – народное хозяйство», позволяющий обеспечить согласование параметров развития энергетики и смежных отраслей, учитывать новые контуры энергопотребления и формировать обоснованные решения в интересах энергетической безопасности страны. Вопросы управления энергетической безопасностью рассматривались автором в работе [129, 254], остающиеся актуальными и в настоящее время.

Современный этап развития мировой энергетики характеризуется комплексным воздействием трех взаимосвязанных мегатрендов: глобального энергоперехода, цифровой трансформации и эволюции подходов к энергетической безопасности. Эти процессы создают принципиально новые условия функционирования ТЭК, требуя переосмысления его стратегических траекторий развития. Концептуализация и систематизация ключевых императивов данного энергоперехода позволит, с одной стороны, обеспечить холистическое понимание перехода как многоуровневой системы взаимосвязанных технологических, институциональных, экономических и социальных преобразований, а с другой послужит основой для приоритизации политических мер и инвестиционных

решений, позволяя отличить стратегические обязательные действия от тактических или второстепенных задач, сосредоточив ограниченные ресурсы на критически важных направлениях.

Баланс потребления первичной энергии РФ достаточно дифференцирован. Он включает природный газ, уголь, нефтепродукты, гидроэнергию, атомную энергию и ВИЭ. С учетом проводимой Правительством Российской Федерации политики по поддержке ВИЭ ожидается сохранение положительной динамики на протяжении как минимум ближайших 10 лет. Более 80% совокупного потребления ТЭР приходится на четыре наиболее энергоемких сектора экономики Российской Федерации: электро- и теплоэнергетика (27,6%), обрабатывающая промышленность (19,6%), население (17,1%), транспорт (16,1%).

Проеденный анализ показал, что во всех рассмотренных прогнозных сценариях преобладает тренд снижения спроса на жидкие углеводороды. При формировании направлений развития ТЭК этот аспект имеет приоритетное значения в силу того, что нефтегазовые доходы по-прежнему занимают существенную долю в бюджетных поступлениях.

В процессе сравнительного анализа сценариев развития энергетики было выявлено, что, несмотря на достаточно глубокую проработку климатических, ресурсных, технологических и экономических аспектов перехода, в них практически не выделяется самостоятельное значение цифровых императивов энергоперехода. Между тем именно цифровая инфраструктура, цифровые платформы управления, интеллектуальные энергосистемы, инструменты обработки данных, автоматизированного управления спросом и предложением, а также вычислительные мощности, включая центры обработки данных, становятся необходимым условием практической реализации низкоуглеродной трансформации. Отсутствие внимания к данному аспекту формирует существенный методологический и прикладной пробел, который необходимо восполнить.

Ключевым фактором успеха трансформации энергетического сектора является конгруэнтность целей всех участников этого процесса. Интересы

нефтегазовых компаний в диверсификации своих портфелей и снижении углеродной интенсивности совпадают с государственными приоритетами в области климатической безопасности и энергетической независимости. Одновременно эти цели согласуются с растущим спросом потребителей на чистую энергию и необходимостью обеспечения энергетической безопасности при прогнозируемом увеличении потребления электроэнергии. Такое совпадение интересов различных участников — корпоративного сектора, государства и общества — создает благоприятные условия для реализации проектов по оптимизации структуры ТЭБ и переходу к низкоуглеродной энергетике.

Автор считает, что реализация сценария более активного включения ВИЭ, АЭС и ГЭС в структуру ТЭБ на сегодняшний день необходима, но она сталкивается с рядом нерешенных проблем, в первую очередь связанных с недостаточным развитием отечественной технико-технологической базы в области производства оборудования и решений для использования ВИЭ. Необходимо обеспечить прирост ресурсов от данных видов источников на уровне не менее 1–1,5 % ежегодно в первые 7 лет с последующим увеличением темпа прироста до 2–3 % ежегодно в последующие 7 лет.

Также согласно авторской логике выделения доли ВИЭ необходимо рассматривать в качестве элемента предиктивной аналитики структурной перестройки прогнозного ТЭБ. Это обусловлено тем, что данный показатель отражает не просто количественное изменение в составе энергобаланса, а направление долгосрочной трансформации энергетической системы. Дополнительным аргументом в пользу выделения доли ВИЭ выступает то, что в условиях цифровизации энергетического сектора данный показатель все в большей степени связан с развитием интеллектуальных сетей, цифровых платформ управления нагрузкой, систем накопления энергии и распределенной генерации. Следовательно, доля ВИЭ отражает не только изменение топливной структуры ТЭБ, но и более широкий процесс технологической трансформации энергетической системы.

В рамках анализа проблемного поля развития ТЭК важным этапом является

его структурно-иерархическое представление через призму ТЭБ. Такой подход позволяет систематизировать и углубить понимание ключевых аспектов функционирования отрасли, выявить взаимосвязи между различными элементами системы и определить основные направления ее развития.

На данный момент наблюдается все больший интерес как со стороны представителей академической науки, так и со стороны органов власти и ведомственных структур к использованию ТЭБ в качестве действенного инструмента управления энергетической безопасностью страны и регионов, где негативные тенденции и структурные диспропорции в ТЭБ могут существенно отразиться на темпах и уровне развития отдельных регионов [181].

Необходимо отметить, что данный вопрос в последнее время начал активно обсуждаться на уровне Государственной Думы России. РЭА Минэнерго России озвучивает потребность в разработке методологии формирования прогнозных ТЭБ в разрезе производства и потребления ТЭР, отвечающей высоким требованиям согласованности, точности и достоверности формируемых прогнозов в привязке к детальному изучению и формированию прогнозов спроса на энергоресурсы, вследствие чего будет достигнуто высокое качество формирования прогнозных ТЭБ.

Проведенный анализ показал, что динамика изменения структурообразующих элементов ТЭБ находится в тесной взаимосвязи с принимаемыми управленческими решениями на уровне государства, что позволяет говорить о необходимости перевода статуса ТЭБ из статистического документа, отражающего объемы производства и потребления ТЭР, в действенный инструмент управления подсистемами ТЭК. Таким образом, прогнозный ТЭБ может обеспечить обоснованность стратегических решений, а также способствовать сбалансированному развитию энергетики и смежных отраслей в интересах энергетической безопасности страны. Превентивная разработка мер, ориентированных на достижение структуры прогнозного ТЭБ позволит обеспечить не только рост конкурентоспособности экономики России, но и стабильность в области энергетической безопасности.

## **ГЛАВА 2 КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА**

### **2.1 Структурно-декомпозиционное представление топливно-энергетического баланса**

Концептуальная основа формирования прогнозного ТЭБ определяется необходимостью рассмотрения его как многокомпонентной системы, отражающей процессы производства, преобразования, распределения и потребления ТЭР во взаимосвязи отраслевых, территориальных и функциональных элементов. В данном контексте ТЭБ выступает не только как инструмент количественного сопоставления ресурсов и потребностей, но и как аналитическая модель, позволяющая выявлять структурные пропорции в развитии энергетики, оценивать устойчивость энергоснабжения, а также формировать прогнозные параметры изменения энергетической системы под воздействием экономических, технологических, экологических и институциональных факторов. Такой подход требует перехода от агрегированного восприятия баланса к его структурно-декомпозиционному представлению, при котором ТЭБ анализируется как совокупность взаимосвязанных подсистем.

Структурно-декомпозиционное представление ТЭБ позволяет выделить его внутренние уровни и элементы в зависимости от задач исследования, горизонта прогнозирования и объекта анализа. В этом случае баланс может рассматриваться по видам ТЭР, стадиям их движения, уровням территориальной организации и субъектам хозяйствования, что создает методическую основу для более точной классификации и последующего анализа его разновидностей. Именно такая логика исследования позволяет перейти к рассмотрению видов ТЭБ, различающихся по целевому назначению, масштабу охвата, степени детализации и функциональной роли в системе энергетического планирования и прогнозирования. Исходя из этого, требуется первоначальное рассмотрение видов ТЭБ, после чего представляется возможным перейти к анализу структурных элементов, характеризующих его внутреннюю логику построения.



Существующий теоретический базис предполагает выделение нескольких видов ТЭБ: ретроспективного, прогнозного. Основной целью ретроспективного ТЭБ является показать наличие и использование энергетических ресурсов на той или иной территории в прошедших периодах [230]. Энергетический потенциал страны можно установить с помощью системного анализа, основанного на ТЭБ. Ретроспективный ТЭБ служит главной информационной базой для определения показателей энергоэффективности экономики. Анализ ретроспективных ТЭБ имеет важное значение, поскольку он позволяет выявить имеющиеся в ТЭК проблемы и улучшить качество прогноза его развития. Прогнозный ТЭБ должен быть основой для составления прогнозов и стратегий развития экономики и ТЭК.

ТЭБ составляется на практике по следующим признакам:

- по отдельным видам ТЭР (ресурсные балансы);
- стадиям энергетического потока (добыча, переработка, преобразование, транспортирование, хранение, использование) ТЭР;
- как единый (сводный) ТЭБ с учетом перетоков всех видов энергии между стадиями и в целом по народному хозяйству [82];
- по энергетическим объектам (электростанции, котельные), отдельным предприятиям, цехам, участкам, энергоустановкам, агрегатам;
- назначению (силовые процессы, тепловые, электрохимические, освещение и т. д.);
- уровню использования (с выделением полезной энергии и потерь);
- в территориальном разрезе и по отраслям народного хозяйства.

«ТЭБ в настоящее время целесообразно рассматривать не в качестве пассивного, а наоборот, в качестве активного и результативного инструмента государственной энергетической политики. Вместе с тем в научных кругах, а также среди представителей различных органов управления нет единого мнения относительно его формирования, практического использования и статусного уровня в системе государственного управления.

Как отражено в алгоритме формирования региональных программ энергосбережения ТЭБ [68] – система показателей, отражающая количественное

соотношение производства (поставки) и потребления энергетических ресурсов в территориальном и страновом разрезе. В балансе учитываются такие ТЭР [68], как газ, уголь, нефть и нефтепродукты, электро- и теплоэнергия» [258].

Текущая деятельность различных уровней управления предопределяет необходимость формирования различных типов ТЭБ. Так, например, Минэнерго России приоритеты отдает типизации ТЭБ исходя из потребностей своей текущей деятельности, представленной в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Типы ТЭБ

| Целевая направленность ТЭБ                               | Тип                                                                                                                                                                                                                                            | Особенности                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                        | 2                                                                                                                                                                                                                                              | 3                                                                                                                                                          |
| Формирование прогноз-ного ТЭБ                            | Индикативный или прогноз-ный баланс (нефть, газ и нефтепродукты)                                                                                                                                                                               | Позволяет реализовать индикативный подход в его практическом применении                                                                                    |
| Формирование стратегических планов на уровне государства | Прогнозный ТЭБ. Прогноз социально-экономического развития РФ на среднесрочный период                                                                                                                                                           | По Федеральному закону от 28 июня 2014 г. № 172 ФЗ. Для целей бюджетного планирования                                                                      |
|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                | Энергетическая стратегия, Генеральные схемы развития отраслей ТЭК России. Стратегическое планирование и основные отраслевые документы его регламентирующие |
| Мониторинг функционирования и развития ТЭК               | Прогнозный ТЭБ                                                                                                                                                                                                                                 | Система целевых программных мер, ориентированных на удовлетворение потребностей экономики в различных видах энергии (электрической, тепловой)              |
|                                                          | Прогнозный баланс топлива                                                                                                                                                                                                                      | Ориентирован на эффективную подготовку к отопительному сезону и его прохождение                                                                            |
|                                                          | Показатели баланса производства и потребления электрической энергии и отпуска тепловой энергии по субъектам электроэнергетики в границах субъектов РФ. Прогнозные балансы нефти и газа, их переработки и производства основных нефтепродуктов. |                                                                                                                                                            |

Переходя к формированию ТЭБ ориентируются на разнообразные методологические подходы к их составлению, отражающие сложившуюся

практику решения управленческих задач на различных уровнях в ретроспективном периоде. На сегодняшний день, действующая нормативно-правовая база регламентирует требования обязательного формирования ТЭБ, но практически не отражает требования, предъявляемые к используемому методическому аппарату, что существенно снижает уровень системности сложившейся практики реализации процесса формирования ТЭБ, как ретроспективного, так и прогнозного.

Создание универсальной методологии формирования прогнозных ТЭБ является достаточно сложным процессом в силу того, что сам традиционный ТЭБ представляет собой сводную таблицу, которая включает несколько разделов и систему показателей, характеризующих источники возникновения и формирования ТЭР. Помимо этого, в сводной таблице также указывается преобразование и использование ТЭР в соответствии с заданными целевыми ориентирами, в том числе и для конечного потребления.

Формирование различных ТЭБ можно классифицировать по типам, видам, а также периодичности составления. По первому признаку возможно формирование отраслевых ТЭБ, региональных, в том числе по субъектам РФ и по федеральным округам, а также интегральных балансов. По второму признаку формирование возможно как отчетных, так и прогнозных ТЭБ.

Третий признак отражает временной параметр, по которому может осуществляться ежемесячное формирование ТЭБ, ежеквартальное, а также формирование годовых фактических ТЭБ. Здесь же по этому признаку осуществляется формирование ТЭБ на среднесрочный и долгосрочный периоды.

ТЭБ Минэнерго России в первую очередь ориентированы на решение стратегических задач в области государственной энергетической политики, но вместе с тем они должны формироваться как «карты отрасли» или «карты рынка» [351].

Структурообразующие элементы ТЭЖ (в системном виде, отраженные в работе М. В. Горяинова [127, 128]), оказывающие непосредственно влияние на ТЭБ представлены на рис.2.1. Порядок составления ТЭБ субъектов РФ, муниципальных образований утвержден приказом Минэнерго России в 2021 году [290, 303].



Рисунок 2.1 – Структурообразующие элементы ТЭК [127], влияющие на прогнозный ТЭБ [257]

В формализованном виде концептуальные основы формирования ТЭБ представлены на рис.2.2. Его формирование осуществляется в единых энергетических единицах – тоннах условного топлива (далее – т у.т.), в качестве которого принимается теплотворная способность 1 кг каменного угля, равная 7000 ккал. ТЭБ включает 9 разделов, раскрывающих информацию об отдельных видах ТЭР исходя из составленных однопродуктовых балансов.

Этапы формирования ТЭБ в системном виде представлены на рис. 2.3. Основные формы статистической отчетности, необходимые для формирования отчетного топливо–энергетического баланса представлены в приложении Ж. Рекомендуемый шаблон для формирования сводного ТЭБ, отраженный в Порядке составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации,

муниципальных образований представлен в табл. 2.2.



Источник: составлено автором на основании порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований.

Рисунок 2.2 - Концептуальные основы формирования ТЭБ

Началом формирования сводного ТЭБ является формирование информационного поля посредством обработки статистических форм наблюдения.

На основании собранной информации раскрывается расходная часть ТЭБ, а именно определяется расход ТЭР на производство промышленной продукции.



Источник: составлено автором на основании действующего Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований.

Рисунок 2.3 - Системное представление основных этапов формирования ТЭБ

Следующим этапом проводится глубокий и всесторонний сравнительный анализ одноименных данных, собранных из различных источников информации статистического характера. В ходе данного вида анализа выявляются отклонения, прослеживаемые на основании зафиксированной в статистических источниках информации с определенными отклонениями, устанавливаются причины возникших отклонений. Следующим этапом идет разработка однопродуктовых балансов и сведение их в итоге в сводный баланс.

На основании ТЭБ принимается заключение о достаточности или недостаточности топливно-энергетических ресурсов; возможности создания новых производств на той же топливно-энергетической базе; возможности вывоза топливно-энергетических ресурсов или необходимости их ввоза [161].

«В настоящее время прогнозирование развития ТЭК ведется исходя из возможностей производителей энергии, что приводит к диспропорциям, перекосам в электроэнергетической системе, избыточным мощностям в одних регионах, и недостаточным в других, нерациональному использованию природно-ресурсной базы, сложностям с газификацией, нерациональному размещению возобновляемых источников энергии, недостаточному использованию местных энергоресурсов» [161].

В современных условиях актуализируются вопросы не только обеспечения сбалансированного развития ТЭК, но и управления экономической безопасностью страны и регионов посредством формирования ТЭБ и перевода его статуса из формального статистического документа в действенный гибкий инструмент управления [287].

Анализ ретроспективного периода показал, что со стороны государства и отраслевых ведомств был несколько снижен интерес к формированию сводного ТЭБ, что непосредственно отразилось на снижении эффективности оценки сбалансированности структуры ТЭБ и ее влиянии на энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП) и валового регионального продукта (ВРП). Вместе с тем на сегодняшний день представители профильного экспертного сообщества, к которым можно отнести представителей федеральных органов исполнительной

Таблица 2.2 – Рекомендуемый шаблон для формирования сводного ТЭБ

|                                                                                        | Уголь | Сырая нефть | Нефтепродукты | Природный газ | Прочие твердые топливо | Гидроэнергия и НВИЭ | Атомная энергия | Электрическая энергия | Тепловая энергия | Всего |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-------|
| <b>Производство энергетических ресурсов</b>                                            |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Ввоз                                                                                   |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Вывоз                                                                                  |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Изменение запасов                                                                      |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Потребление первичной энергии                                                          |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Статистическое расхождение                                                             |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Производство электрической энергии                                                     |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Производство тепловой энергии                                                          |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Теплоэлектростанции                                                                  |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Котельные                                                                            |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Электрокотельные и теплоутилизационные установки                                     |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| <b>Преобразование топлива</b>                                                          |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Переработка нефти                                                                    |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Переработка газа                                                                     |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Обогащение угля                                                                      |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Собственные нужды                                                                      |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Потери при передаче                                                                    |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| <b>Конечное потребление энергетических ресурсов</b>                                    |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство                |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Промышленность                                                                         |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Добыча полезных ископаемых                                                           |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Обрабатывающий сектор                                                                |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Производство и распределение электроэнергии, газа и воды                             |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Прочая промышленность                                                                |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Строительство                                                                          |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Транспорт и связь                                                                      |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Железнодорожный                                                                      |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Трубопроводный                                                                       |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Автомобильный                                                                        |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| - Прочий                                                                               |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Сфера услуг                                                                            |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Население                                                                              |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |
| Использование топливно-энергетических ресурсов в качестве сырья и на неоплатимые нужды |       |             |               |               |                        |                     |                 |                       |                  |       |

*Приложение N 1  
к Порядку составления  
топливно-энергетических балансов  
субъектов Российской Федерации,  
муниципальных образований*

власти, депутатов Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации, представителей энергетических и производственных предприятий, общественных, научных организаций и отраслевых институтов отмечают «что



надежное энергообеспечение — один из ключевых факторов планомерного социально-экономического развития страны, обеспечения ее энергетической безопасности и повышения качества жизни граждан.

В этой связи вопрос формирования ТЭБ имеет стратегически важное значение с точки зрения социально-экономического развития регионов, отраслей экономики и России в целом» [325].

Возобновившийся интерес к формированию актуальных ТЭБ и попытки использования данного инструмента при формировании долгосрочных стратегий развития государства и отдельных регионов по мнению автора можно сопоставить с выходом Приказа Министерства энергетики РФ от 29 октября 2021 г. № 1169 «Об утверждении Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований» [290], согласно которому были установлены правила составления органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления муниципальных образований фактических и прогнозных топливно-энергетических балансов. Документ зафиксировал интерес и потребность в формировании ТЭБ не только фактического, но и прогнозного и согласно авторской логике, он может быть включен в контур управления энергетической безопасностью социально-экономических систем. Проработка будущего состояния и обеспечение желаемой структуры в прогнозном периоде позволяла предположить, что разработка стратегических документов, ориентированных на обеспечение устойчивого развития регионов, обеспечение их энергетической безопасности и как следствие всей страны будет коррелировать с разрабатываемыми и реализуемыми долгосрочными программами. На структуру прогнозного ТЭБ оказывает влияние множество факторов, которые необходимо учитывать, например, сформировавшийся тренд на оптимизацию структуры российской электроэнергетики (отраженный в работах ряда авторов 35, 54, 56, 47, 62, 81, 83), различные инвестиционные проекты, реализуемые предприятиями ТЭК и направленные на увеличение определенных видов топливных ресурсов [62]. Однако, практика показала, что процесс формирования прогнозных ТЭБ оказался

достаточно сложным и не в полном объеме проработанным в методологическом аспекте, требующем дополнительных исследований и подготовки соответствия методических рекомендаций для разных уровней власти. Единого системного подхода не сформировалось к решению данного вопроса, а практика, сложившаяся в советский период, когда роль ТЭБ была существенно выше, чем сегодня, не была своевременно актуализирована.

Проблемы формирования прогнозных ТЭБ в последнее время достаточно активно обсуждаются в научных кругах, на уровне государства, отраслевыми аналитиками и экспертами. Различные аспекты оптимизации структуры ТЭБ прослеживаются в публикациях и активно обсуждаются в научной сфере [385, 46, 126]. Исследования проводятся в том числе и относительно вариативности и динамики факторов, влияющих на структуру ТЭБ, обусловленные мировыми тенденциями, политической ситуацией в стране и в мировом сообществе [67]. В качестве примера можно рассмотреть и складывающуюся ситуацию в области российского сырьевого экспорта, а также общего углеродного регулирования [87]. Активно ведутся исследования в области компенсации дисбаланса между выработкой и потреблением энергии [10, 28, 6].

Вместе с тем в ряде публикаций отмечается не достаточное внимание к вопросам формирования единого прогнозного ТЭБ со стороны государства. Составление ТЭБ на региональном уровне является обязательным, но его составление не всегда происходит качественно в силу слабого информационного обеспечения и отсутствия необходимых компетенций, а также практических навыков у специалистов, участвующих в его формировании [322, 323, 324]. Также предпринимаются попытки в области разработки программного обеспечения для создания ТЭБ в удобном для анализа графическом представлении с возможностью оптимизации различных секторов потребления ТЭР [22].

На данный момент наблюдается все больший интерес как со стороны представителей академической науки, так и со стороны органов власти и ведомственных структур к использованию топливно-энергетического баланса в качестве действенного инструмента управления энергетической безопасностью

страны и регионов. Однако, в методологическом аспекте вопросы формирования прогнозных ТЭБ детально не проработаны, что предопределяет актуальность исследований, проводимых в этом направлении. Необходимо отметить, что данный вопрос в последний год начал активно обсуждаться на уровне Государственной Думы России [172]. РЭА Минэнерго России активно озвучивает потребность в разработке прогностической методологии в отношении получения долгосрочных прогнозных балансов в разрезе производства и потребления ТЭР. Речь идет о создании методологий, которая будет отвечать высоким требованиям согласованности, точности и достоверности формируемых прогнозов в привязке детального изучения и формирования прогнозов относительно спроса на энергоресурсы. Структура прогноза спроса должна позволять отслеживать направления использования ТЭР в долгосрочной перспективе, а также группы потребителей и возможные структурные изменения в данном направлении.

Исторически для обеспечения роста ВВП на душу населения на 1% необходимо снизить энергоемкость ВВП на 0,5–0,8%, и эта цифра растет по мере повышения уровня экономического развития [80]. Эффективное управление ТЭБ может внести свой существенный вклад в снижение энергоемкости ВВП. Ситуацию в России относительно мирового сообщества в разрезе энергобаланса можно проследить по данным опубликованной информации по мировым энергетическим балансам [262].

В связи с перечисленными выше обстоятельствами представляется необходимым и возможным развить методологические аспекты формирования прогнозных ТЭБ и обеспечения достижения его прогнозной структуры посредством более активного использования программно-целевого подхода и методов многокритериальной оптимизации. Применение программно-целевых технологий в прогнозировании и планировании ТЭБ автором рассматривалось в работах [242, 251]. Кроме того, сформированный системный комплекс управления структурой ТЭБ может быть востребован на различных управленческих уровнях при достижении достаточного широкого круга стратегических и тактических целей.

В мировой практике существуют разные методологические подходы к формированию ТЭБ [227]. В России за основу взят формат Международного энергетического агентства (МЭА), адаптированный к российской энергетической статистике. В настоящее время в России разработка отчетных ТЭБ ведется согласно приказу Министерства энергетики РФ «Об утверждении Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации и муниципальных образований» от 14 декабря 2011 г. № 600 (приказ № 600). С 2012 г. сводные топливно-энергетические балансы по этой методике ежегодно разрабатывают все субъекты РФ.

Накопленный опыт формирования сводного ТЭБ относится к советскому периоду. Ретроспективный анализ показывает, что на регулярной основе ТЭБ формировался каждые пять лет начиная с 1960 года по 1990 год. В последующие года данному вопросу не уделялось должного внимания, как не уделялось внимание и развитию методологических аспектов его формирования. На сегодняшний день возобновились научные исследования в данном направлении и не только на уровне министерств и ведомств, но и отдельными научными коллективами, а также учеными, активно ведущими исследовательскую деятельность на базе высших учебных заведений [49, 50, 262, 159].

Зарубежная практика по вопросу формирования сводного энергетического баланса складывалась иначе и начиная с 1970 года были созданы все условия для его формирования. Первый опыт складывался относительно формирования баланса в достаточно агрегированном формате с последующим постепенным переходом к более детальным, включающим отражение как первичной, так и подведенной энергии. Данному вопросу уделяли существенное внимание как отдельные страны, так и различные международные организации. Например, такие, как ООН, Международное энергетическое агентство и ряд других [117].

Крупные мировые центры потребления ТЭР в условиях ограниченных запасов ископаемого топлива достаточно эффективно используют энергобаланс в качестве инструмента управления экономической безопасностью при наличии достаточно схожих ТЭБ. Речь идет о КНР, Японии, Республики Кореи, Тайвани.

Все эти страны используют современные технологии, включая атомную энергетику и ВИЭ, но политика этих стран в отношении современных энергетических технологий различается [67].

Сложная геополитическая ситуация, а также условия эскалации энергетического кризиса, наблюдаемые в настоящее время, обуславливают поиск со стороны некоторых стран возможности участия в диверсификации энергоносителей на внешние рынки. А это означает, что так или иначе будет меняться структура ТЭБ на уровне государств, участвующих в процессе диверсификации энергоносителей, что может быть учтено при формировании прогнозных ТЭБ посредством реализации программных мер исходя из выстроенных приоритетных целей в области обеспечения энергетической безопасности [52].

С целью обеспечения ТЭБ гибких и адаптивных характеристик к меняющимся внешним и внутренним условиям и превращение его в действенный инструмент долгосрочного обеспечения энергетической безопасности страны и хозяйствующих субъектов целесообразно методическую основу формирования прогнозного ТЭБ согласно авторской точке зрения строить на основе программного подхода с ярко выраженной целевой ориентацией и с использованием на разных этапах его формирования методов многокритериальной оптимизации.

ТЭБ может стать основой принятия управленческих решений на разных уровнях власти, а также при обосновании стратегических направлений развития отдельных отраслей и отраслевых компаний. Данные решения могут регулировать объемы использования различных видов ТЭР как в сторону их наращивания, так и сокращения, перенаправлять инвестиционную поддержку компаниям и различным экономическим субъектам, влияющим на приоритетную подсистему ТЭБ в настоящем и перспективном периоде, что в свою очередь может приводить к возникновению новых производственных мощностей в области ТЭК и так далее.

Методическая основа формирования сводного ТЭБ приближена к формату, используемому в международной практике разработке энергетических балансов, и

опирается на существенный объем прогнозной информации, в получении которой, на сегодняшний день, также остается ряд не решенных вопросов. Разработка ТЭБ, согласно утвержденной методике обоснована возможностью информационного обеспечения на основе действующих статистических форм первичной отчетности.

Уровень экономического роста различных экономических субъектов оказывает непосредственное влияние на динамику спроса на энергоресурсы и его можно рассматривать в качестве одного из существенных факторов, оказывающих влияние на структуру ТЭБ. При этом необходимо отметить, что спрос на энергоресурсы должен коррелировать с достигнутым уровнем энергоэффективности использования энергоресурсов на момент формирования ТЭБ. Если рассматривать прогнозный ТЭБ, то необходимо оценивать технологические решения, позволяющие удерживать или повышать энергоэффективность использования ресурсов. Помимо этого в условиях цифровой трансформации экономики необходимо отдельно выделять «цифровой» спрос на электроэнергию, а также спрос, формируемый на более экологически чистые источники энергии.

В государственной программе, направленной на энергосбережение и повышение энергетической эффективности отражены целевые ориентиры по обеспечению снижения энергоемкости ВВП на 35% к 2035 году при ежегодном росте экономики страны на 3–5% [295]. Это означает, при формировании прогнозного ТЭБ и достижении его структурных параметров на основе программно-целевой технологии, необходимо регионам разрабатывать и реализовывать программные меры, позволяющие достичь желаемый уровень обозначенных показателей и обеспечить достижение целей, установленных на уровне государства.

На сегодняшний день не все регионы показывают согласованность реализуемых программ с целевыми ориентирами в области энергосбережения. Так, по мнению профессора НИУ МЭИ лишь 22% региональных программ, сформированных в соответствии с федеральным законом №261-ФЗ «Об энергосбережении...» ориентируются на потребности ТЭБ [117].

Модель формирования ТЭБ на основе системного и программно-целевого подхода представлена на рис.2.4. Процесс формирования ТЭБ целесообразно рассматривать в виде динамической системы, имеющей входные параметры и выходные. На входе необходима информация о целевой структуре ТЭБ и располагаемых объемах всех видов ресурсов, отражаемых в балансе, которые укрупненно могут быть поделены на три группы: возобновляемые, не возобновляемые и ядерная энергетика. При этом все больше исследований строится вокруг обеспечения роста доли альтернативных источников энергии, что непосредственно приведет к изменению структуры энергетического баланса [14]. Рассматриваются программы активного вовлечения в структуру ТЭБ возобновляемых источников энергии. Одним из перспективных направлений в данном контексте является усиление поддерживающей роли государства экономических субъектов, занимающих активную позицию относительно внедрения ресурсосберегающих технологий и использования ВИЭ в энергетическом секторе экономики [39].

Таким образом, можно говорить о более высокой актуальности детализация входных параметров системы, так как именно их качество и полнота определяют адекватность формируемых прогнозных оценок и эффективность принимаемых управленческих решений. С целью детализации и системного представления входные параметры могут быть структурированы вокруг ядра энергетического суверенитета, которое интегрирует следующие ключевые компоненты: ресурсная самодостаточность, технологический суверенитет, инфраструктурная целостность. На рисунке 2.4 представлена возможная детализация входных параметров системы формирования прогнозного ТЭБ (полная модель, предложенная автором отражена в приложении И, которая раскрывает внутреннюю структуру и состав каждого из ранее обозначенных блоков. Детализация входных параметров предполагает переход к конкретным измеримым показателям, характеризующим состояние и перспективы развития ТЭК.



Отсутствует необходимый уровень синхронизации в целеполагании (в документах стратегического планирования)



Источник: составлено автором.

Рисунок 2.4 – Модель формирования ТЭБ на основе системного и программно-целевого подхода (часть концептуальной теоретико-методологической модели формирования прогнозного ТЭБ, приложение И)



Так, блок энергетических ресурсов требует дифференциации по видам энергоносителей с указанием количественных и качественных характеристик, включая объемы разведанных запасов, степень их доступности, географическое распределение и экономические параметры освоения.

Аналогичной детализации подлежат стратегические цели управления, которые должны быть представлены в виде системы конкретных целевых показателей с установленными значениями и временными горизонтами достижения. Это позволяет трансформировать абстрактные стратегические ориентиры в измеримые параметры, поддающиеся количественной оценке и мониторингу. Основа энергетического суверенитета и уровни входных параметров в модели представлены на рис. 2.5. Интегральные показатели ядра энергетического суверенитета представляют собой систему показателей, обеспечивающих количественную оценку уровня достижения стратегических целей развития ТЭК. Ключевым интегральным показателем выступает индекс энергетической независимости, который агрегирует данные о самообеспеченности основными видами энергоносителей, диверсификации источников энергоснабжения и устойчивости к внешним воздействиям. Так, по мнению А. Новак «национальный проект «Новые атомные и энергетические технологии»<sup>3</sup> приведет к технологическому суверенитету РФ и к 2030 году технологическая независимость отрасли от импорта составит 90%» [396].

Данный индекс рассчитывается как взвешенная сумма частных показателей, отражающих способность национальной экономики функционировать в условиях ограничения доступа к внешним энергетическим ресурсам.

Детализация входных параметров по мнению автора создает необходимую основу для последующего углубленного анализа процессов преобразования в системе и спецификации выходных результатов, что в совокупности обеспечивает повышение практической значимости разрабатываемой модели и ее эффективное использование в системе государственного управления энергетической

---

<sup>3</sup> Национальный проект «Новые атомные и энергетические технологии» запущен в России в 2025 году. Его цель — сделать российскую энергетику современной, независимой и высокотехнологичной

безопасностью.



Источник: составлено автором.

Рисунок 2.5 – Основа энергетического суверенитета и уровни входных параметров в модели

Формирование информационного поля относительно располагаемых ресурсов на сегодняшний день также является достаточно сложным вопросом в

силу отсутствия единого информационного пространства и аккумуляции информации в нем от разных подсистем. Решение может быть найдено посредством активного внедрения цифровых технологий и создания цифрового пространства, позволяющего обеспечивать достоверный, оперативный сбор первичной информации по отраслям и секторам экономики, участвующим в формировании ТЭБ. Проблемы информационного обеспечения процесса формирования ТЭБ рассматриваются в работах таких авторов, как Е.Гашо и на уровне парламентских слушаний в Государственной думе и т. д. [117, 172, 325, 327]. В приложении К в системном виде представлены актуальные проблемы в области формирования ТЭБ и направления их решения, обсуждаемые в ходе парламентских слушаний Комитета Государственной Думы по энергетике в 2024 г.

Ретроспективный контекст позволяет получить статический ТЭБ, отражающий сложившуюся ситуацию. Рассмотрение на этапе формирования долгосрочных программ, например, на уровне регионов, позволяет на выходе получить прогнозный ТЭБ.

Формирование и реализация программных мер происходит не изолировано от внешней среды, а непосредственно в тесном взаимодействии с ней, что обуславливает необходимость учета конкурентоспособности энергоресурсов, включаемых в баланс, возможность, скорость и целесообразность их взаимного замещения, а также политическую, экономическую ситуацию в стране и на мировом уровне. Особое влияние на формирование ТЭБ оказывает технологическая независимость ключевых отраслей, отвечающих за те или иные виды ТЭР. Например, добыча нефти непосредственно зависит от качества запасов, используемых технологий добычи, возможности освоения трудноизвлекаемых запасов, доля которых ежегодно растет, как и востребованность в получении инновационных технологий [138].

Целевой ориентир для всех субъектов, разрабатывающих ТЭБ необходимо обозначить как достижение оптимальной структуры ТЭБ в определенном периоде времени (текущем, краткосрочном или долгосрочном).

При этом целеполагание осуществляется непосредственно во взаимосвязи с

системой стратегических документов, утвержденных на уровне государства [356]. Необходимо отметить, что в утвержденных документах наблюдается недостаточно полная синхронизация в части целеполагания.

В работе Ф. В. Веселова [100] отражена точка зрения, что система стратегического планирования РФ в настоящее время не обеспечивает эффективное целеполагание в контексте реализации энергетического перехода, который непосредственно предопределяет необходимость закладывания в прогнозный ТЭБ, особенно в долгосрочном периоде, структурной перестройки.

В результате анализа ряда стратегических документов в области энергетики и социально-экономического развития автором выявлена фундаментальная проблема отсутствия системной синхронизации целеполагания и заниженная роль ТЭБ как управленческого инструмента. Именно ТЭБ может выступить связующим звеном и обеспечить синхронизацию целей в разных аспектах. В таблице 2.3 представлены результаты сравнительного анализа документов стратегического характера.

На выходе системы формируются достигнутые цели управления ТЭБ, включающие обеспечение энергетической безопасности, оптимизацию структуры энергопотребления, повышение энергоэффективности и снижение экологической нагрузки. Достижение этих целей оценивается через систему показателей, отражающих сбалансированность энергетического комплекса и его соответствие стратегическим ориентирам развития.

Таблица 2.3 – Роль прогнозного ТЭБ в системе ключевых национальных документов стратегического характера

| Документ                                                                    | Роль прогнозного ТЭБ                                                    | Синхронизация целеполагания                                                              | Примечание                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                                                                           | 2                                                                       | 3                                                                                        | 4                                                  |
| «Прогноз социально-экономического развития РФ на период до 2036 года» [311] | Не значительная, акцент на прогноз структуры производства и потребления | Меньше фокусируются на климатических аспектах. Больше ориентирован на экономический рост | Умеренная детализация по основным энергоносителям. |

## Окончание таблицы 2.3

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2                                                                                                     | 3                                                                                              | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2042 г» [118].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Отражается структура генерирующих мощностей, нет четкой привязки к прогнозному ТЭБ                    | Меньше фокусируются на климатических аспектах                                                  | Отражает детальную структуру электроэнергетики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| «Энергетическая стратегия до 2050 года» [398]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Значительная, отражается через прогнозные ТЭБ, разработанные по рассматриваемым в стратегии сценариям | Включает цели по снижению выбросов                                                             | Энергетическая стратегия до 2050 года и Стратегия низких выбросов до 2050 года отражают климатическую повестку через целеполагание                                                                                                                                                                                                                                                |
| «Стратегия социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» [346]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Слабая. Является инструментом декарбонизации, основа для расчета выбросов                             | Устанавливает конкретные цели по сокращению выбросов                                           | Отражаются приоритеты для структурной перестройки ТЭБ: «Устойчивое развитие мировой энергетики рассматривается в международной повестке в контексте перехода на технологии, использующие энергию солнца, ветра, энергии вод (в том числе энергию сточных вод), биомассы, (далее – возобновляемые источники энергии), а также развитие технологий атомной и водородной энергетики» |
| «Прогноз научно-технического развития РФ на период до 2030 г» [308].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Отсутствует. Нет корреляции с прогнозным ТЭБ                                                          | Не предполагает отраслевой детализации климатических ограничений для учета в отраслевых схемах | Технологический прогноз должен учитываться при формировании прогнозного ТЭБ                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>Выявленные недостатки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разные документы имеют разную степень интеграции исходя из климатической повестки и нет корреляции с прогнозным ТЭБ</li> <li>- перекрывающиеся полномочия и временные горизонты</li> <li>- неясность приоритетов при противоречии целей</li> <li>- отсутствие механизмов разрешения конфликтов между документами</li> <li>- присутствует разрозненность и отсутствие комплексных решений (экономические аспекты: фокус на росте ВВП и инвестициях; энергетические аспекты: фокус на развитии ТЭК и энергобезопасности; экологические аспекты: фокус на снижении выбросов и декарбонизации)</li> </ul> |                                                                                                       |                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Представленная модель демонстрирует комплексный характер процесса формирования ТЭБ, где успешное достижение целевых показателей возможно только при учете всего спектра влияющих факторов и обеспечении сбалансированного развития всех элементов энергетического комплекса. Несмотря на свою системную целостность модель характеризуется достаточно укрупненным уровнем формализованного представления, что обуславливает необходимость

детальной проработки каждой из ее структурных составляющих: входных параметров, процессов преобразования в системе и выходных результатов. Для обеспечения практической применимости модели в процессе стратегического планирования требуется углубленная спецификация всех элементов системы с учетом их взаимосвязей и динамики развития.

Ключевой тренд, который прослеживается в публикациях относительно, развития методических основ формирования ТЭБ предполагает формирование реально реализуемых мер на разных уровнях (федеральном, региональном, отраслевом, отраслевых предприятий и компаний) с целью обеспечения достижения параметров прогнозного ТЭБ. Это взаимосвязанные составляющие единого системного контура «Уровень энергетической безопасности страны – прогнозный ТЭБ (целевой) – программные меры – прогнозный ТЭБ (степень достижения целевых параметров)». Что обуславливает возможность более активного использования программно-целевого подхода при разработке прогнозных ТЭБ и необходимость постоянного методического развития его практического применения.

Идея применения программно-целевого подхода в контексте управления ТЭБ в формализованном виде отражена на рис. 2.6 Целевой ориентир для всех субъектов, разрабатывающих ТЭБ необходимо обозначить как достижение оптимальной структуры ТЭБ в определенном периоде времени (текущем, краткосрочном или долгосрочном).

При этом оптимальность рассматривается как желаемое состояние в определенных условиях внешней и внутренней среды. В случае их изменения параметры оптимальной структуры требуют пересмотра и при необходимости корректировки.

Начальным этапом в практическом использовании программно-целевого подхода является исследование ретроспективных ТЭБ и оценка текущей структуры, а также факторов и условий, оказавших существенное влияние на ее формирование. Полученные результаты сопоставляются с целевыми ориентирами в области обеспечения и потребления ТЭР, зафиксированными в стратегических

документах на уровне государства.



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 2.6 – Содержание программно-целевого подхода к управлению ТЭБ

Выявленный разрыв каждый экономический субъект устраняет посредством разработки соответствующих программных мер с разным периодом упреждения, сопровождая проигрыванием разных сценариев развития внешней среды и сценарных параметров, оказывающих влияние на структуру ТЭБ.

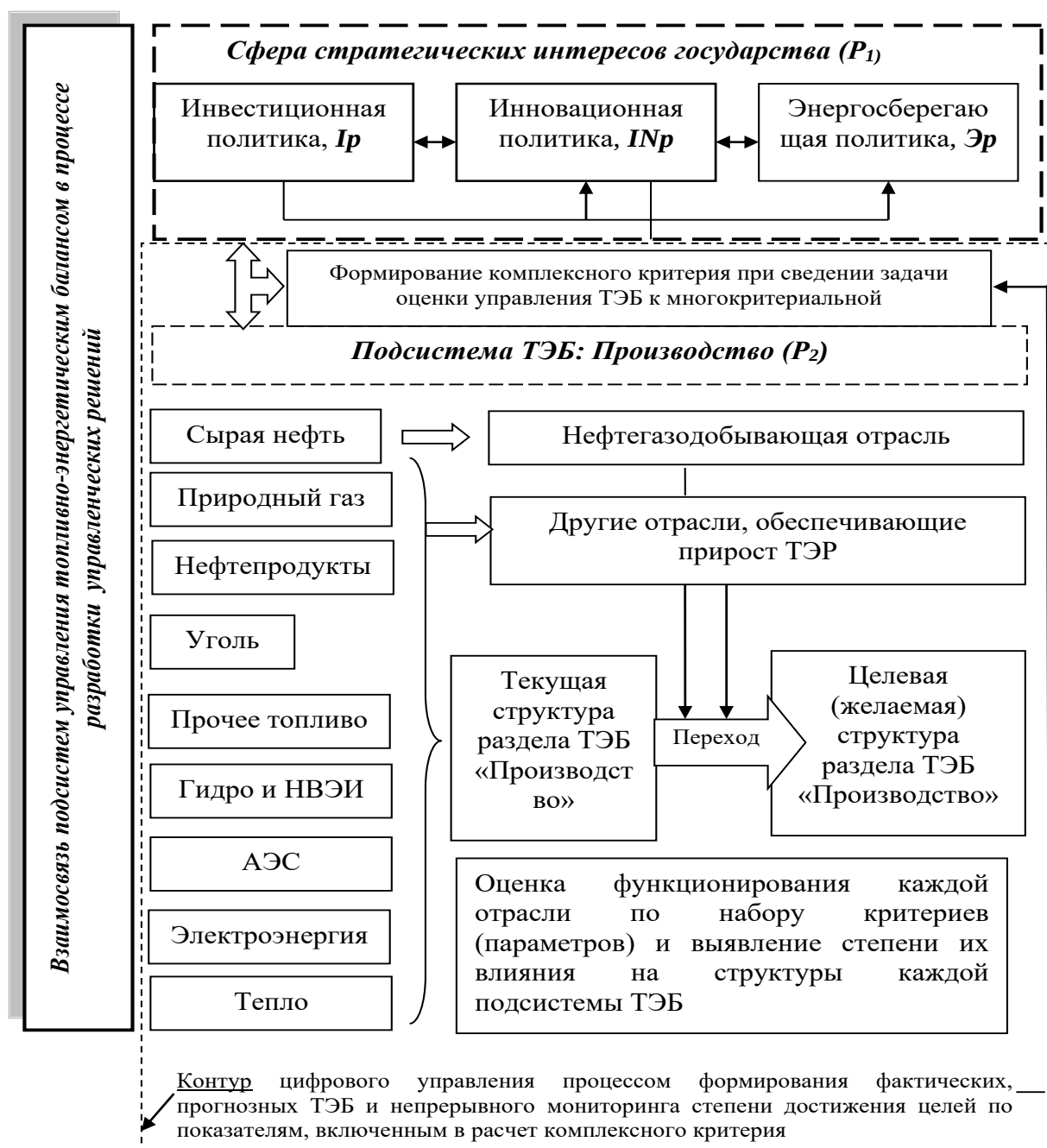
Таким образом, формируются прогнозные ТЭБ. Результатом является переход от совокупности системно организованных целей к системе программных действий, направленных на достижение целей и необходимой структуры ТЭБ для обеспечения энергетической безопасности хозяйствующего субъекта или страны в целом, а также снижения энергоемкости ВВП и ВРП.

Опираясь на методологию формирования прогнозных ТЭБ на основе программно-целевого подхода можно говорить о возможности и целесообразности сведения оценки эффективности управления балансом к многокритериальной задаче [269].

Практика использования многокритериального подхода к вопросам оптимизации различных подсистем ТЭБ систематически прослеживается в научно-исследовательских работах как отечественных, так и зарубежных. Например, в работе [3] рассматриваются альтернативы и критерии выбора возобновляемых источников энергии в Индии, с учетом финансовых, технических, экологических и социальных аспектов. В работе выделяются критерии, которые должны быть сведены к минимуму, а также критерии, которые должны быть максимально увеличены. Проблемы многокритериальности и агрегирования в иерархии моделей прогнозирования в ТЭК рассматриваются в работе Н. Воропай, В. Стенникова [164], в том числе в работе затрагиваются вопросы и формирования ТЭБ.

Степень достижения целей по различным блокам ТЭБ, эффективность реализации программных мер может быть оценена по набору показателей (критериев). Критериев может быть достаточно много, при этом они могут оценивать достигнутый результат как в технологическом, экономическом, социальном, энерго – и ресурсо- сберегаемом и других аспектах, полученная эффективность может быть структурирована по различным экономическим объектам, что усложняет получение системного и комплексного представления о том, на сколько были достигнуты поставленные цели. Решением может быть сведение задачи к многокритериальной оценке и получение комплексного критерия, позволяющего в целом судить о динамике развития и эффективности управления ТЭБ как на региональном уровне, так и на уровне государства. На рис. 2.7 представлен фрагмент выделения и взаимосвязи подсистем в системе управления ТЭБ для целей формирования модели многокритериальной оценки.





АЭС – атомная электростанция

НВИЭ – нетрадиционные возобновляемые источники энергии

*Источник: составлено автором.*

Рисунок 2.7 – Структурирование и взаимосвязь подсистем в системе управления топливно-энергетическим балансом

При формировании комплексного критерия целесообразно учитывать такие блоки как «Достижение стратегических интересов государства и отдельных экономических субъектов в области энергобаланса», «Ресурсы»,

«Преобразования», «Конечное потребление». При этом каждый блок включает в себя разные направления, так, например, зона стратегических интересов может включать достижение интересов в области инвестиционно-инновационной политики, обеспечения технологической независимости, получения и внедрения ресурсо- и энерго – сберегающих технологий, тенденций, формирующихся в сфере энергетики [40, 121].

В целом это задача достаточно сложная как с точки зрения информационного обеспечения процесса, так и с точки зрения формирования непосредственно системы оценочных показателей по каждому направлению. В данном случае целесообразно говорить о разработке контура цифрового управления процессом формирования фактических, прогнозных ТЭБ, необходимости создания цифрового двойника ТЭБ и непрерывного мониторинга степени достижения целей по показателям, включенным в расчет комплексного критерия.

Для оптимизации структурной динамики ТЭБ, учитывающего многокритериальность функционирования энергетических систем, автором предлагается рассмотреть такой метод получения интегральной оценки, как метод «Эвклидово расстояние». Преимуществом данного метода является возможность измерения величины отклонения между текущей структурой ТЭБ и прогнозной. При этом прогнозная (целевая структура) может быть сформирована и включена в систему оценки в двух аспектах. Во-первых, как целевые значения структурной динамики, отраженные в стратегических документах, например, в энергетической стратегии, разработанной на период до 2050 г.

Во-вторых, как прогнозная оценка, сформированная с учетом дополнительных факторов, не отраженных в стратегических документах в полной мере на момент проведения расчетов. К таким факторам относятся: обоснование потребности в ТЭР, обусловленное форсированным развитием технологий; смещение акцентов в сторону энергетического перехода; процессы цифровизации; усиление тренда стигматизации глобальной нефтегазовой индустрии.

Для оценки структурной динамики необходимо измерять степень приближения к целевым состояниям, определяемым стратегическими

документами за счет разрабатываемых программных мер на уровне государства, региона и компаний реального сектора экономики.

Математический вид описанного подхода представлен в виде формулы 2.1:

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n \omega_j (k_{ij}^{\text{норм}} - b_j^0)^2} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

где  $d_i$  – интегральная величина структурного разрыва (евклидово расстояние), вызванная  $i$ -м вариантом решения (на уровне государства, региона, компании) в различных подсистемах ТЭБ;

$i$  – конкретное управленческое решение, рассматриваемое как альтернатива для практической реализации,  $i=1,2,\dots,m$

$m$  – количество альтернативных управленческих решений, закладываемых в анализ изменения структурной динамики ТЭБ;

$\omega_j$  – значимость (вес) показателя, характеризующего структурообразующий элемент ТЭБ,  $\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$ ;

$k_{ij}^{\text{норм}}$  – нормированное значение  $j$ -го критерия  $i$ -го управленческого решения, включенного в систему оценки конкретного структурообразующего элемента ТЭБ, изменяется в диапазоне  $[0, 1]$ ;

$j$  – номер критерия, включенного в оценочную систему структурной динамики ТЭБ;

$j=1, 2, \dots, n$ ;

$n$  – количество критериев, включенных в оценочную систему структурной динамики ТЭБ;

$b_j^0$  – некоторое идеальное состояние  $j$  – го критерия, включенного в систему оценки конкретного структурообразующего элемента ТЭБ (целевое значение, отраженное в стратегических документах или обоснованное иным способом).

Для обеспечения сопоставимости разнородных частных оценочных критериев путем приведения их к безразмерному виду в диапазоне  $[0, 1]$  применяется метод нормализации (формула 2.2) [48]. О необходимости

нормирования исходных данных в многокритериальных задачах отражено в работах Chen [15], Wang [64], Mukhametzhanov [43]. В рамках оценки эффективности структурной динамики прогнозного ТЭБ к таким показателям относятся доля ВИЭ, энергоемкость ВВП, удельные выбросы CO<sub>2</sub>, объем инвестиций, потери в электросетях и другие. Нормализация позволяет устранить влияние различных единиц измерения и масштабов значений на интегральную оценку. Данный подход обеспечивает методологическую корректность при агрегировании разнородных показателей.

$$k_{ij}^{\text{норм}} = \frac{k_{ij} - k_j^{\min}}{k_j^{\max} - k_j^{\min}}, \quad (2.2)$$

где  $k_{ij}$  – значение  $j$ -го критерия  $i$ -го управленческого решения, включенного в систему оценки конкретного структурообразующего элемента ТЭБ;

$k_j^{\min}$  – минимально возможное значение  $j$  – го критерия из всех альтернативных вариантов управленческих решений, включенного в систему оценки конкретного структурообразующего элемента ТЭБ;

$k_j^{\max}$  – максимально возможное значение  $j$  – го критерия из всех альтернативных вариантах управленческого решения, включенного в систему оценки конкретного структурообразующего элемента ТЭБ.

Необходимо отметить, что весовые коэффициенты, помимо метода экспертных оценок, могут быть определены с помощью иерархической оптимизации или попарного сравнения позволяющей учитывать различные приоритеты заинтересованных сторон [37].

В качестве апробации логики построения системы оценочных критериев взят однопродуктовый баланс «Сырая нефть». Оценочные критерии могут быть сгруппированы по направлениям: эффективность использования ресурсов, экономическая эффективность, экологическая устойчивость, энергетическая безопасность (таблица 2.4).

Предложенный перечень критериев является открытым и может быть уменьшен или дополнен в зависимости от целей оценки, доступности исходной информации. Необходимо отметить, что представленная система критериев образует взаимосвязанную структуру, оказывающую комплексное воздействие на динамику структурных изменений ТЭБ.

Таблица 2.4 – Фрагмент системы оценочных критериев по однопродуктовому балансу «Сырая нефть»

| Оценочный критерий                                              | Оценочный критерий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                               | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Направление оценки:</i> эффективность использования ресурсов | <i>Направление оценки:</i> экологическая устойчивость                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1. Глубина переработки нефти                                    | 9. Удельные выбросы CO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2. Коэффициент извлечения нефти (КИН)                           | 10. Утилизация попутного нефтяного газа (ПНГ)                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3. Удельный расход энергии на извлечение нефти                  | 11. Затраты на рекультивацию                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4. Потери при транспортировке                                   | 12. Индекс экологического ущерба                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Направление оценки:</i> экономическая эффективность          | <i>Направление оценки:</i> энергетическая безопасность                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5. Рентабельность добычи нефти                                  | 13. Коэффициент диверсификации экспорта (Кдэ → 1 — экспорт максимально диверсифицирован, экономика менее зависима от конъюнктуры на рынке отдельных товаров)                                                                                                                                                                           |
| 6. Стоимость транспортировки                                    | 14. Доля внутреннего потребления (по данным британской некоммерческой организации Energy Institute, в 2024 году среднесуточное потребление нефти в мире составило 101,4 млн баррелей [169], увеличившись на 0,7% по сравнению с 2023 годом. Учитывая тренд на стигматизацию глобальной нефтегазовой индустрии, должно быть уменьшение) |
| 7. Добавленная стоимость переработки                            | 15. Стратегический запас нефти                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8. Доля высокотехнологичной продукции                           | 16. Зависимость от импорта технологий                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

*Источник: составлено автором.*

Критерии эффективности использования ресурсов, в частности глубина переработки нефти и коэффициент извлечения нефти, выступают технологическими драйверами структурных изменений, стимулируя развитие перерабатывающих мощностей и продлевая эксплуатационный цикл месторождений углеводородного сырья. Экономические показатели, такие как рентабельность добычи и добавленная стоимость переработки, определяют

инвестиционную привлекательность сектора и формируют мультипликативные эффекты в смежных отраслях.

Экологические критерии, включая удельные выбросы CO<sub>2</sub> и индекс экологического ущерба, устанавливают ограничения для развития нефтяного комплекса, актуализируя задачи технологической модернизации в контексте энергетического перехода. Показатели энергетической безопасности, среди которых коэффициент диверсификации экспорта и стратегический запас нефти, обеспечивают геополитическую устойчивость.

Взаимодействие различных подсистем может привести к возникновению не только синергических эффектов, но и к потенциальным конфликтам целей. Например, максимизация экономической эффективности может вступать в противоречие с требованиями экологической устойчивости, что требует поиска компромиссных решений через внедрение инновационных технологий и механизмов углеродного регулирования. Структурная динамика ТЭБ, таким образом, представляется как результат сложного балансирования между технологическим развитием, экономической целесообразностью, экологическими ограничениями и требованиями энергетической безопасности.

Метод евклидова расстояния в рамках алгоритма многокритериальной оптимизации предоставляет наиболее целесообразный инструмент для интегральной оценки сложной многомерной системы – ТЭБ. В результате вычисления расстояния между текущими значениями критериев и их идеальными значениями, определенными на основе стратегических документов и прогнозных сценариев, формируется количественная мера структурного разрыва. Минимизация этого расстояния по множеству альтернативных сценариев развития позволяет идентифицировать оптимальную траекторию структурной трансформации ТЭБ, обеспечивающую сбалансированное достижение всех целевых ориентиров.

В силу того, что сведение задачи управления ТЭБ к многокритериальной задаче достаточно сложный и трудоемкий процесс рассматривается апробационный фрагмент построения модели на примере муниципального

образования и в разрезе однопродуктовых балансов: «Уголь», «Сырая нефть», «Нефтепродукты», «Природный газ», «Прочее твердое топливо», «Гидроэнергия и НВИЭ», «Атомная энергия», «Электрическая энергия» и «Тепловая энергия».

В таблице 2.5 представлен фрагмент построения концептуальной многокритериальной модели на основании однопродуктового баланса «Сырая нефть».

Таблица 2.5 – Фрагмент построения многокритериальной модели на основе однопродуктового баланса «Сырая нефть»: нефть обезвоженная, обессоленная и стабилизированная, включая газовый конденсат

| Оценочный блок, выделенный из структуры однопродуктового баланса                                                                                                                                     | Многокритериальная модель                                                                                                                                                                                                                                                     | Весовой коэффициент                      | Примечание                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3                                        | 4                                                                                                                                                                                |
| Производство энергоресурсов: ( $P_{эн}$ )<br>$W_{пэн}$ – весовой коэффициент блока «Производственные ресурсы»                                                                                        | Ввоз ( $Q_{вв}$ ), тонн ( $\uparrow\downarrow$ )<br>Вывоз ( $Q_{вывоз}$ ), тонн ( $\uparrow\downarrow$ )<br>Изменение запасов ( $Q_{и}$ ), тонн ( $\uparrow\downarrow$ )                                                                                                      | $p_{1-вв}$<br>$p_{2-вывоз}$<br>$p_{3-и}$ | ( $\uparrow\downarrow$ ) желаемое направление показателя в зависимости от складывающейся ситуации во внутренней и внешней среде соответствующего муниципального образования (МО) |
|                                                                                                                                                                                                      | $P_{эн} = \pm p_{1-вв} * Q_{вв} (\uparrow\downarrow) \pm p_{2-вывоз} * Q_{вывоз} (\uparrow\downarrow) \pm p_{3-и} * Q_{и}$ $(\uparrow\downarrow) \rightarrow \max$ <p>Для получения комплексного критерия используется аддитивная модель.</p>                                 |                                          |                                                                                                                                                                                  |
| Потребление первичной энергии ( $P_{пэ}$ )<br>$W_{ппэ}$ – весовой коэффициент блока «Потребление первичной энергии»                                                                                  | При формировании комплексного критерия по данному блоку целесообразно вести по объектам потребления первичной энергии. В исследуемом однопродуктовом балансе рассматриваемого МО данный блок имеет 0 значение.                                                                |                                          |                                                                                                                                                                                  |
| Статистическое расхождение ( $C_p$ )                                                                                                                                                                 | При формировании комплексного критерия целесообразно использовать Евклидово расстояние, так как данный критерий показывает на сколько рассматриваемый вариант отклоняется от некоторого желаемого значения. В данном случае идеальной точкой для                              |                                          |                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                      | статистического расхождения будет нулевое значение. Можно также в аналитическую систему закладывать анализ структуры позиций пункта «Статистическое расхождение» с целью последующего выявления причин возникших расхождений и принятие соответствующих мер по их устранению. |                                          |                                                                                                                                                                                  |
| Производство: электрической энергии ( $P_{ээ}$ )<br>тепловой энергии ( $P_{тэ}$ )<br>теплоэлектростанции (Птэс)<br>котельные (К)<br>Электрокотельные и теплоутилизационные установки (ЭкиТУУ) и т.д. | Аналогично рассмотренному фрагменту формирования многокритериальной модели по блоку $P_{эн}$ формируются модели по всем позициям однопродуктового баланса.                                                                                                                    |                                          |                                                                                                                                                                                  |

Источник: составлено автором.

В качестве демонстрации возможности практического построения многокритериальной модели выбран Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО) Югры (Россия), являющийся основным нефтегазоносным регионом России и одним из крупнейших нефтедобывающих регионов мира. На основании фактических и прогнозных данных по ХМАО-Югра, отраженных в официальных документах, находящихся в свободном доступе в сети Интернет была сформирована информационная база для оценки (таблицы 2.6–2.7). Фактические данные служат объективной информационной базой для определения текущего состояния и выявления сложившихся тенденций. Прогнозные значения задают целевые ориентиры развития и могут быть использованы в качестве идеального состояния по каждому критерию ( $b_j^0$ ).

Таблица 2.6. – Выборка исходных данных из ТЭБ ХМАО-Югра, тыс. тонн условного топлива (тыс. т.у.т.)

| Показатель                    | Факт 2021 | Факт 2023 | Прогноз 2030 | Темп прироста, % (2023 / 2021) | Темп прироста, % (2030 / 2023) |
|-------------------------------|-----------|-----------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1                             | 2         | 3         | 4            | 5                              | 6                              |
| Производство ТЭР              | 365414040 | 398220857 | 334656449    | 8,98                           | -8,42                          |
| Сырая нефть (производство)    | 308537944 | 308870133 | 278993000    | 0,11                           | -9,58                          |
| Природный газ (производство)  | 50069273  | 47007800  | 49257830     | -6,11                          | -1,62                          |
| Нефтепродукты (производство)  | 6792710   | 7279972   | 6392266      | 7,17                           | -5,90                          |
| Гидроэнергия и НВИЭ           | 0         | 0         | 0            | 0,00                           | 0,00                           |
| Потребление первичной энергии | 67941566  | 95962889  | 62948713     | 41,24                          | -7,35                          |
| Конечное потребление          | 35260814  | 22980751  | 29196704     | -34,83                         | -17,20                         |
| Вывоз                         | 363000255 | 329117386 | 336058199    | -9,33                          | -7,42                          |
| Промышленность (потребление)  | 22760543  | 12591688  | 24479118     | -44,68                         | 7,55                           |

Для демонстрации применимости предлагаемой методической основы рассмотрим альтернативные управленческие решения, которые могут быть реализованы в округе для поддержания добычи углеводородов и реализации



принципов, обусловленных энергетическим переходом.

1. Интенсификация добычи нефти за счет разработки новых технологий.
2. Увеличение степени рационального использования ресурсов в округе.
3. Развитие газового сектора.
4. Развитие нефтехимии и нефтепереработки (глубины переработки)
5. Цифровая трансформация процессов в ТЭК (позволит оптимизировать процессы добычи и переработки) [402].

Таблица 2.7 – Критерии для многокритериальной оценки по округу

| № | Критерий (желаемое направление изменения критерия, ↑↓) | 2021 год | 2023 год | 2030 год (может быть принят за $b_j^0$ )* | Примечание к включенному в модель критерию                                                               | Вес критерия (определяется экспертное исходя из сущностной характеристики критерия) |                                                                                                      |
|---|--------------------------------------------------------|----------|----------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                                      | 3        | 4        | 5                                         | 6                                                                                                        | 7                                                                                   |                                                                                                      |
| 1 | K1 – Коэффициент извлечения нефти (КИН), доли, ↑       | 0,28     | 0,40     | 0,48                                      | Повышение КИН за счет геолого-технических мероприятий                                                    | 0,25                                                                                | Высокая значимость обусловлена исчерпаемостью запасов и                                              |
|   |                                                        |          |          |                                           |                                                                                                          |                                                                                     | необходимостью максимального использования недр                                                      |
| 2 | K2 – Удельный расход энергии, т.у.т/т., ↓              | 0,22     | 0,31     | 0,23                                      | Реализация мер по ресурсосбережению                                                                      | 0,05                                                                                | Важен в контексте энергетического перехода                                                           |
| 3 | K3 – Доля нефти, %, ↓                                  | 84,4     | 77,6     | 83,3                                      | Желаемое изменение направления критерия зависит от реализуемой энергетической политики, внешних факторов | 0,15                                                                                | Высокий вес обусловлен стратегической необходимостью снижения нефтяной зависимости экономики региона |
| 4 | K4 – Доля газа, %, ↑                                   | 13,7     | 11,8     | 17,7                                      |                                                                                                          | 0,2                                                                                 | Приоритетное направление диверсификации ТЭБ, соответствует роли газа в структурной динамике          |
| 5 | K5 – Утилизация попутного нефтяного газа (ПНГ), %, ↑   | 95,5     | 96       | 98                                        | Соблюдение экологических требований                                                                      | 0,2                                                                                 | Обоснован экологическими требованиями и значительным потенциалом утилизации ПНГ в ХМАО               |

Окончание таблицы 2.7

| 1     | 2                                       | 3   | 4   | 5   | 6                                                                                          | 7    | 8                                                                         |
|-------|-----------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------|
| 6     | К6 – Доля ВИЭ, %, ↑                     | 0   | 0   | 1   | Требуются программы меры для развития направления ВИЭ, особенно в контексте энергоперехода | 0,05 | Меньший вес отражает ограниченный потенциал ВИЭ в ХМАО                    |
| 7     | К7 – Доля внутреннего потребления, %, ↑ | 9,6 | 5,8 | 8,7 | Развитие нефтехимии                                                                        | 0,1  | Обусловлен важностью создания добавленной стоимости на территории региона |
| Итого |                                         |     |     |     |                                                                                            | 1    |                                                                           |

\* целевые значения соответствуют утвержденной концепции развития ресурсной базы углеводородного сырья в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) до 2050 г. (Источник: Департамент недропользования и природных ресурсов ХМАО-Югры. – URL: <https://depprirod.admhmao.ru>)

Источник: составлено автором.

В таблице 2.8 представлены данные для выбора лучшего варианта решения с позиции его влияния на структурные изменения ТЭБ округа.

Представленные расчеты в таблице 2.8 позволяют определить оптимальное управленческое решение по набору критериев, которое, может быть, в округе рассмотрено как приоритетное – это остаться в традиционном для округа векторе развития нефтегазового сектора. Решение 1 показывает по набору критериев самый минимальный разрыв от параметров, утвержденных в концепции развития ресурсной базы углеводородного сырья в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) до 2050 г.

Таблица 2.8 – Исходные данные для проведения многокритериальной оценки выделенных управленческих решений

| S. No.                 | Критерий | Вес  | $b_j^0$ | Варианты решения |      |      |      |      | Нормированные значения по вариантам решения |       |       |       |       | $b_j^0$ (норм.) |
|------------------------|----------|------|---------|------------------|------|------|------|------|---------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
|                        |          |      |         | 1                | 2    | 3    | 4    | 5    | 1                                           | 2     | 3     | 4     | 5     |                 |
| 1                      | 2        | 3    | 4       | 5                | 6    | 7    | 8    | 9    | 10                                          | 11    | 12    | 13    | 14    | 15              |
| 1                      | K1       | 0,25 | 0,48    | 0,5              | 0,44 | 0,42 | 0,47 | 0,49 | 0,9                                         | 0,3   | 0,0   | 0,7   | 1,0   | 0,9             |
| 2                      | K2       | 0,05 | 0,23    | 0,21             | 0,24 | 0,18 | 0,25 | 0,19 | 0,4                                         | 0,9   | 0,0   | 1,0   | 0,1   | 0,7             |
| 3                      | K3       | 0,15 | 83,3    | 82               | 78   | 75   | 79   | 81   | 0,8                                         | 0,4   | 0,0   | 0,5   | 0,7   | 1,0             |
| 4                      | K4       | 0,2  | 17,7    | 16,5             | 21   | 18,5 | 17   | 17,5 | 0,0                                         | 1,0   | 0,4   | 0,1   | 0,2   | 0,3             |
| 5                      | K5       | 0,2  | 98      | 98,5             | 98,8 | 97   | 98,8 | 98,9 | 0,8                                         | 0,9   | 0,0   | 0,9   | 1,0   | 0,5             |
| 6                      | K6       | 0,05 | 1       | 0,8              | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,35 | 0,0                                         | 0,6   | 0,7   | 0,7   | 0,8   | 0,3             |
| 7                      | K7       | 0,1  | 8,7     | 9,5              | 12   | 10,5 | 12,5 | 11   | 0,2                                         | 0,9   | 0,5   | 1,0   | 0,6   | 0,0             |
| $d_i \rightarrow \min$ |          |      |         |                  |      |      |      |      | <b>0,257</b>                                | 0,611 | 0,680 | 0,457 | 0,359 |                 |

Источник: составлено автором.

Практическая значимость предлагаемого подхода заключается в возможности превентивного проигрывания поведения системы (ТЭБ) в зависимости от принимаемых управленческих решений, комплекса программных мер или рассматриваемых сценариев. В целом он позволяет осуществлять поиск более эффективных решений, направленных на выявление и использование потенциала синергии межотраслевого взаимодействия.

Необходимо отметить, что в рамках предлагаемого автором многокритериального подхода вопрос о корректности определения весовых коэффициентов остается дискуссионным. В научном сообществе нет единого мнения о том, как определить вес критерия, включаемого в оценочную систему. Согласно авторской логике веса целесообразно определять на основе экспертных оценок, в зависимости от приоритетных целей и задач, зафиксированных в стратегических документах на уровне государства, региона или компании. Однако, если есть необходимость в структурной перестройке ТЭБ в долгосрочном периоде, например, увеличение доли ВИЭ, газа или другого ТЭР, то весовые коэффициенты распределяются исходя из приоритетной структуры в прогнозном ТЭБ.

Системная оценка влияния отраслей ТЭК на структурную динамику топливно-энергетического баланса требует разработки комплексной оценочной системы, учитывающей множество разнонаправленных критериев. Для преодоления методологических сложностей, связанных с большим количеством разнородных показателей, предлагается преобразовать систему критериев в иерархическую (древовидную) структуру. Критерии следует агрегировать по следующим уровням: отраслевая принадлежность, виды энергетических ресурсов, территориальное деление (регионы, округа). Весовые коэффициенты назначаются как для укрупненных групп критериев, так и для отдельных показателей внутри каждой группы.

В научной литературе значительное внимание уделяется проблеме обоснования весовых коэффициентов критериев. В частности, в исследовании *Mukhametzyanova* [43] проведен сравнительный анализ альтернативных методов определения весовых коэффициентов, исключающих субъективность экспертных

оценок. Автор рассматривает такие объективные подходы, как метод энтропии (Entropy), метод CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) и метод стандартного отклонения (SD), оценивая их применимость и устойчивость в различных контекстах принятия решений.

Важным свойством многокритериальных моделей является их высокая чувствительность к значениям весовых коэффициентов. Даже незначительные изменения в распределении весов могут приводить к существенным изменениям в итоговом ранжировании альтернатив, что подчеркивает важность корректного и обоснованного выбора метода их определения.

Несмотря на растущее признание того, что цифровые технологии способны решить проблемы формирования единого прогнозного ТЭБ на более высоком качественном уровне [257], позволяющем просчитывать приращение эффектов от принятия различных мер и достигать высокого уровня межотраслевого взаимодействия сохраняется разрыв между концептуальной разработкой теоретических моделей и практическим их переводом в цифровую плоскость. Ключевая проблема заключается в сборе необходимой информации, ее консолидации на уровне государства, обеспечения ее защищенности и доступности для ключевых участников процесса формирования прогнозного ТЭБ, степени агрегации входящих в него подсистем. Для получения оперативных данных от непосредственных компаний ТЭК и смежных отраслей, потребителей ТЭР необходимо обеспечить получение данных на основе цифровизации информационных потоков [265]. То есть цифровая инфраструктура, по мнению автора, не готова к переводу ТЭБ в цифровой формат, позволяющий осуществлять интеллектуальное прогнозирование на основе использования искусственного интеллекта, проводить аналитику больших данных и осуществлять моделирование поведения ТЭБ и отраслей ТЭК в зависимости от изменения ключевых параметров [267]. *Maroufkhani* [24] в своей работе отмечает, что несмотря на хорошую теоретическую проработку цифровой трансформации на концептуальном уровне, лишь немногие ресурсодобывающие отрасли разработали официальные цифровые стратегии. Сравнение технологий интернета вещей (IoT) и искусственного

интеллекта (ИИ), проведенное Żywiołek [66] показало, что они по-разному эффективны на разных этапах цепочки создания стоимости в сфере энергетики и ресурсов. Эти технологии могут иметь разную эффективность и в процессе формирования прогнозного ТЭБ. Например, искусственный интеллект способствует более точному прогнозированию спроса и предложения на энергоресурсы, поэтому он крайне важен на этапах производства ТЭР [25].

В процессе формирования прогнозного ТЭБ и дальнейшего его анализа необходимо обозначить и наличие институциональных ограничений. Они представляют собой комплекс системных препятствий, обусловленных особенностями организационно-правовой среды функционирования энергетического сектора. Данные ограничения формируют структурные барьеры, существенно влияющие на качество, полноту и достоверность информации, относящейся к энергетическому сектору и смежным отраслям, находящимися в системе межотраслевого взаимодействия. Так, одним из значимых ограничений может стать федеральное законодательство. Например, деятельность в сфере недропользования и энергетики регулируется рядом ключевых нормативных актов, таких как Федеральный закон «О недрах», устанавливающий порядок лицензирования и условия пользования участками недр, и Федеральный закон «О газоснабжении в Российской Федерации». Особое значение имеет Федеральный закон «О теплоснабжении», который предписывает обязательность формирования ТЭБ на региональном и муниципальном уровнях, задавая тем самым формальные рамки для планирования. Любое решение, принимаемое на региональном уровне, должно строго вписываться в эти федеральные рамки. Например, целевые показатели по утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) или экологические нормативы задаются именно на федеральном уровне, и регион не может их ослабить, даже если это экономически целесообразно с локальной точки зрения. Институциональные барьеры в контексте вступления в энергетические сообщества рассматриваются в работе Dioba, где к сложностям относятся законодательные требования, экономическая и техническая осуществимость, а также необходимость тесного разноуровневого сотрудничества [34]. Другими проблемами обозначаются

политическая поддержка, финансирование, общественное признание, недостаточная осведомленность и отсутствие соответствующих структур управления.

Таким образом, при реализации предлагаемого методологического подхода к формированию ТЭБ необходимо учитывать целый ряд ограничений, связанных с доступностью и качеством исходных данных, что может приводить к неполноте информационного обеспечения модели. Институциональные ограничения, включая нормативно-правовые барьеры и особенности межведомственного взаимодействия, формируют дополнительные сложности при реализации стратегических решений в ТЭК. Кроме того, внедрение цифровых технологий и привлечение экспертного сообщества сопряжены с проблемами технологической готовности инфраструктуры, кадрового дефицита и обеспечения консенсуса среди стейкхолдеров по вопросам определения весовых коэффициентов и приоритетов развития.

## **2.2 Обоснование системы научных принципов формирования прогнозного ТЭБ в условиях энергоперехода и цифровой трансформации экономики**

На сегодняшний день восприятие ТЭБ и его управленческого потенциала проходит активную стадию трансформации и перевода его из статуса статистического документа в действенный инструмент управления сбалансированным развитием ТЭК и смежных отраслей [359], а также инструментом управления энергетической безопасностью, интегрирующем многоуровневое регулирование на федеральном, региональном и отраслевом уровнях. Несмотря на возросший в последние годы интерес научного сообщества и органов государственной власти к вопросам формирования и оптимизации ТЭБ РФ, в нормативно-правовой базе страны отсутствует четкая и унифицированная трактовка понятия «прогнозный топливно-энергетический баланс». Это создает ряд методологических и практических проблем.

Для более полного и точного анализа существующих методологических основ формирования ТЭБ и его взаимосвязи с ТЭК необходимо перейти к рассмотрению понятийного аппарата ТЭБ. Этот этап предполагает раскрытие терминологического и концептуального базиса, на котором строится понимание и интерпретация данных понятий, что в дальнейшем позволит более четко определить содержание и структуру баланса, а также его роль в управлении и стратегическом планировании развития ТЭК.

Концептуальная терминологическая составляющая ТЭБ не является однозначной. В различных источниках и научных подходах встречаются вариативные трактовки и определения этого понятия. Важным этапом в исследовании вопросов управления ТЭБ является систематизация и анализ существующих подходов к определению ТЭБ, что позволит выявить основные различия и сходства и создаст основу для более точного и универсального понимания этого важного инструмента, а также поможет определить его роль и функции в контексте развития ТЭК.

В решении Комитета по энергетике от 17 января 2024 года отражено, что «Топливо-энергетический баланс представляет собой полный баланс (отчетный и прогнозный) добычи, переработки, транспорта, преобразования, распределения и конечного потребления всех видов топливо-энергетических ресурсов, включая конечную стадию их полезного использования потребителем на федеральном, региональном и отраслевом уровнях» [326].

В работе Н. М. Сторонского, И. В. Тверского, В. Н. Толмачева, А. Р. Сибгатуллина «топливно-энергетический баланс – это свод показателей, характеризующих равенство прихода и расхода энергии в пределах одной территории или производства» [159].

В государственном стандарте «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение» отражено, что «топливно-энергетический баланс – система показателей, отражающая полное количественное соответствие между приходом и расходом (включая потери и остаток) ТЭР в хозяйстве в целом или на отдельных его участках (отрасль, регион, предприятие, цех, процесс, установка) за

выбранный интервал времени. Термин выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии и топлива всех видов в энергетическом хозяйстве, включая (где это необходимо) изменение запасов ТЭР. Топливо-энергетический баланс является статической характеристикой динамической системы энергетического хозяйства за определенный интервал времени» [130].

В работе В. В. Зырянова «Топливо-энергетический баланс – это система показателей, отражающая полное количественное соответствие между приходом и расходом (включая потери и остаток) топливо-энергетических ресурсов (ТЭР) в хозяйстве в целом или на отдельных его участках (отрасль, регион, предприятие, цех, процесс, установка) за выбранный интервал времени. Этот термин выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии и топлива всех видов в энергетическом хозяйстве, включая изменение запасов ТЭР» [161].

В работе М. С. Доронина [149] сущность ТЭБ представлена трактовкой, отраженной в приказе Росстата России от 4 апреля 2014 г. № 229. Он представляет собой «интегральный статистический инструмент, увязывающий в одно целое балансы различных видов топлива и энергии, и позволяющий упорядочить данные о функционировании энергетического комплекса в виде взаимосвязанных таблиц, объединенных общей методологией, показателями, единицами измерения и классификациями» [246].

Основные стратегические приоритеты государства находят свое отражение в документах системы стратегического планирования и управления [443, 444, 445, 446]. Применительно к сфере ТЭК таким документом выступает энергетическая стратегия РФ. Вместе с тем следует признать, что заложенные в ней прогнозные параметры ТЭБ не всегда отличаются требуемой степенью надежности, что обусловлено рядом факторов [335]. Во-первых, гипотезы экономического и энергетического развития могут отсутствовать или же быть недостаточно обоснованными. Во-вторых, используемые модели расчетов часто являются



несовершенными. Наконец, неопределенность внешних факторов и условий имеет важное значение.

Например, в Энергетической стратегии РФ до 2030 г. подчеркивается необходимость «повышения роли отчетных и прогнозных топливно-энергетических балансов как инструмента анализа и устранения диспропорций, эффективного управления развитием топливно-энергетического комплекса и его отраслей» [320]. Среди новых приоритетных направлений развития энергетической стратегии РФ представляется важным переход к новому энергетическому состоянию, характеризующемуся достижением баланса между обеспеченностью населения и экономического сектора страны энергетическими ресурсами и их доступностью, а также достижением углеродной нейтральности.

Проведенный контент-анализ научной литературы позволил систематизировать некоторые существующие трактовки дефиниции ТЭБ, представленные в таблице 2.9. Несмотря на наличие отдельных методических рекомендаций и отраслевых регламентов, действующая нормативно-правовая база Российской Федерации не содержит единообразного и обязательного определения категории «прогнозный топливно-энергетический баланс».

Таблица 2.9 – Некоторые трактовки дефиниции «Топливо-энергетический баланс», существующие в научной и нормативно-справочной литературе

| Трактовка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Источник                                                                                                                                     | Комментарий          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2                                                                                                                                            | 3                    |
| ТЭБ – документ, содержащий взаимосвязанные показатели количественного соответствия поставок энергетических ресурсов на территорию субъекта Российской Федерации или муниципального образования и их потребления, устанавливающий распределение энергетических ресурсов между системами теплоснабжения, потребителями, группами потребителей и позволяющий определить эффективность использования энергетических ресурсов | Федеральный закон от 27.07.2010 N 190-ФЗ (ред. От 08.08.2024) «О теплоснабжении» (с изм. И доп., вступ. В силу с 01.03.2025), статья 2, п.22 | Статический документ |

Продолжение таблицы 2.9

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ТЭБ – система показателей, отражающая полное количественное соответствие между приходом и расходом (включая потери и остаток) ТЭР в хозяйстве в целом или на отдельных его участках (отрасль, регион, предприятие, цех, процесс, установка) за выбранный интервал времени [130].                                                                                                                                                                                                                      | ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение [130]. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения                                                                                                                                                                       | Термин выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии и топлива всех видов в энергетическом                                            |
| Прогнозные ТЭБ содержат взаимосвязанные показатели <u>количественного соответствия</u> поставок топливно-энергетических ресурсов (далее -ТЭР) и их <u>потребления</u> на территории субъекта Российской Федерации (муниципального образования), устанавливают <u>распределение ТЭР</u> между системами снабжения ТЭР (электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения и иными системами снабжения ТЭР), потребителями (группами потребителей) ТЭР и определяют <u>эффективность использования ТЭР</u> | Приказ Министерства энергетики РФ от 29 октября 2021 г. № 1169 «Об утверждении Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований»                                                                        | хозяйстве, включая (где это необходимо) изменение запасов ТЭР. Топливо-энергетический баланс является статической характеристикой динамической системы энергетического хозяйства за определенный интервал времени. |
| ТЭБ – интегральный статистический инструмент, увязывающий в одно целое балансы различных видов топлива и энергии, и позволяющий упорядочить данные о функционировании энергетического комплекса в виде взаимосвязанных таблиц, объединенных общей методологией, показателями, единицами измерения и классификациями                                                                                                                                                                                   | Приказ Росстата от 04.04.2014 N 229 Об утверждении официальной статистической методологии составления топливно-энергетического баланса Российской Федерации. Официальная статистическая методология составления топливно-энергетического баланса Российской Федерации |                                                                                                                                                                                                                    |
| Однопродуктовый энергетический баланс – таблица, отражающая формирование каждого конкретного вида энергетического ресурса или их разнородных групп (например, нефтепродуктов) в натуральном выражении и их использование в процессах преобразования, транспортировки и конечного потребления                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                    |
| Топливо-энергетический баланс - таблица, агрегирующая все однопродуктовые энергетические балансы в один.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                    |
| ТЭБ — это матрица, которая отражает добычу, поставку, преобразование и потребление энергоресурсов, раскрывает особенности и количественные характеристики связей между различными элементами топливно-энергетического                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Энергетическая стратегия России до 2050 года                                                                                                                                                                                                                          | Напрямую трактовка не раскрывается                                                                                                                                                                                 |

## Окончание таблицы 2.9

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2                                                                                                                                                                                                                      | 3                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| комплекса и взаимодействия экономики и энергетической отрасли                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                              |
| Прогнозный ТЭБ России — это набор <b>желаемых</b> значений показателей производства, преобразования и потребления энергетических ресурсов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                        | Может быть использован как синоним <b>целевой набор</b> значений показателей |
| ТЭБ – интегральный статистический инструмент, который позволяет                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Мамий И.П, Иващенко М.А. Прогнозные                                                                                                                                                                                    | Коррелирует с Приказ Росстата от 04.04.2014 N 229                            |
| представить в едином упорядоченном виде массивы разнообразных статистических данных, касающихся функционирования энергетического сектора, в виде системы взаимосвязанных таблиц, построенных на основе единой методологии, системы показателей, общими единицами измерения и классификациями ТЭБ – это коллективная (по всем конкурирующим видам топлива и энергоресурсам) фотография происходящего в энергохозяйстве региона (предприятия, муниципалитета, страны). ТЭБ даёт направление для учёта в региональных программах энергоэффективности | топливно-энергетические балансы: методологические проблемы и варианты формирования, научная статья, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова Евгений Гапо, Игорь Башмаков (руководитель ЦЭНЭФ) [370] |                                                                              |
| Топливо-энергетический баланс – это свод показателей, характеризующих равенство прихода и расхода энергии в пределах одной территории или производства [159]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Сторонский Н.М., Тверской И.В., Толмачев В.Н., Сибгатуллин А.Р. АО «Газпром промгаз»                                                                                                                                   |                                                                              |
| Проблемное поле и предпосылки для уточнения дефиниции «прогнозный топливно-энергетический баланс»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                              |
| 1. В действующем законодательстве — включая Федеральный закон «Об электроэнергетике» [364] (от 2003 г. с изменениями на 25 октября 2024 года), Энергетическую стратегию России и отраслевые нормативные документы — используются термины «топливно-энергетический баланс», «энергетический баланс» и «баланс мощности», однако понятие «прогнозный ТЭБ» либо вообще не упоминается, либо применяется без строгого определения.                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                              |
| 2. Различные государственные и научные учреждения (Минэнерго России, Российский энергетический институт, Институт энергетических исследований РАН) оперируют собственными интерпретациями прогнозных балансов, что приводит к несогласованности методик прогнозирования и затрудняет межведомственное взаимодействие.                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                              |
| 3. Отсутствие нормативного определения осложняет разработку долгосрочных энергетических стратегий, затрудняет объективную оценку обоснованности инвестиционных решений в энергетическом комплексе и создает барьеры для интеграции научных результатов в государственное планирование.                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                              |

*Источник: составлено автором.*

В условиях растущего интереса научного сообщества и государственных структур к развитию и совершенствованию методологических основ

прогнозирования и формирования ТЭБ, возникает объективная необходимость в систематизации и унификации категориально-понятийного аппарата, что предполагает проведение комплексных научных исследований и широкого междисциплинарного обсуждения на уровне научных учреждений, органов государственной власти и профессионального сообщества.

Сравнительный анализ, представленных трактовок в таблице 2.10 проводился автором в контексте реализации нормативно-правового подхода, статистического, системно-аналитического. Выявлено, что большинство нормативно-правовых источников (Федеральный закон «О теплоснабжении», Приказ Минэнерго № 1169) описывают ТЭБ преимущественно как *статический документ*, отражающий текущее распределение энергоресурсов между потребителями и системами снабжения. Однако статистический подход, представленный Росстатом и научными учреждениями, рассматривает ТЭБ в качестве *интегрального инструмента* агрегирования статистических данных, построенного на системе взаимосвязанных таблиц с единой методологией. Напротив, системно-аналитические подходы, прослеживающийся опосредованно в Энергетической стратегии России и трудах ведущих исследователей, позиционируют ТЭБ как матрицу, отражающую полный цикл движения энергоресурсов и системные взаимосвязи в энергокомплексе. Позиция представителей из реального сектора экономики сводится к простому уравнению материального баланса прихода и расхода энергии.

Выявленное многообразие интерпретаций позволяет обозначить три критических противоречия. Первое заключается в противопоставлении статических и динамических характеристик ТЭБ: большинство определений описывают его как ретроспективная статистическая таблица, тогда как категория «прогнозный ТЭБ» логически требует динамического, сценарного подхода, ориентированного на будущие состояния энергетической системы. Второе противоречие касается отсутствия единого понимания сущностного контекста. Определения раскрывают сущность ТЭБ на разных уровнях, а именно от локального уровня (отдельных систем теплоснабжения) до национального. При

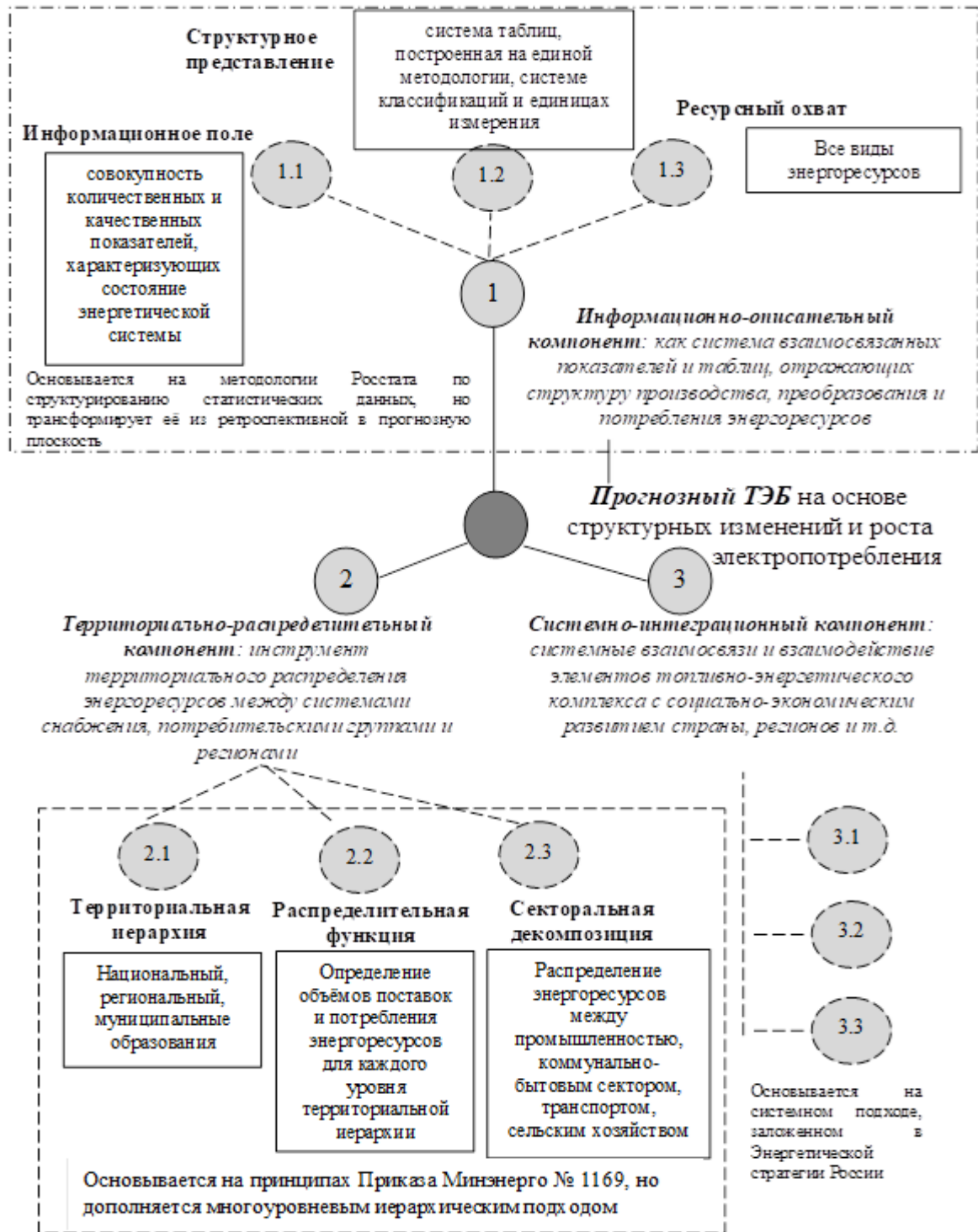
этом отсутствует четкое разграничение методологических подходов для разных территориальных уровней. Третье противоречие проявляется в функциональной размытости. ТЭБ одновременно рассматривается как инструмент статистического учета, стратегического планирования, анализа энергоэффективности и стратегического целеполагания, без определения иерархии и приоритетности этих функций.

Анализ демонстрирует, что ни одно из существующих определений не охватывает полностью необходимые компоненты методологически обоснованного определения прогнозного ТЭБ. Научно выверенное определение должно интегрировать методологию статистического описания, используемую Росстатом; включать территориально-распределительный компонент, предусмотренный Минэнерго; отражать системные взаимосвязи элементов энергокомплекса, заложенные в Энергетической стратегии; содержать нормативно-целевой элемент, позволяющий связать ТЭБ со стратегическими приоритетами государства; быть методологически формализованным и воспроизводимым для обеспечения сопоставимости результатов при использовании различными организациями и в разных временных периодах.

Обоснование авторской трактовки дефиниции «Прогнозный ТЭБ» целесообразно осуществить, опираясь на категориальный метод двухуровневой триадической дешифровки базовой категории [148], что позволит преодолеть фрагментарность существующих определений и выстроить системное, многомерное понимание. В формализованном виде полученные результаты представлены на рисунках 2.8–2.9

На основе двухуровневой триадической дешифровки может быть сформулировано следующее авторское нормативное и интегральное определение:

Прогнозный ТЭБ (нормативное) – это система научно – обоснованных показателей структуры приходной и расходной частей по видам ТЭР на прогнозный период с учетом технологического развития и сценарного форсайта в энергетике и смежных отраслях, приоритетных направлений



- 3.1 – *Воспроизводственные системные связи* (от добычи до потребления)
- 3.2 – *Межсекторальные взаимодействия*. Влияние энергетики на развитие других отраслей экономики и обратное воздействие экономической динамики на энергетические потребности.
- 3.3 – *Системная целостность*. Представление энергетического комплекса не как совокупности независимых элементов, а как интегрированной кибернетической системы с множественными обратными связями.

*Источник: составлено автором.*

Рисунок 2.8 – Двухуровневая триадическая дешифровка категории «Прогнозный топливно-энергетический баланс»: понятийные характеристики



3.1. **Целевые показатели.** Формализация стратегических приоритетов (цифровизация, энергетическая безопасность, климатическая нейтральность, энергоэффективность, развитие ВИЭ) в виде конкретных целевых значений доли различных источников энергии, уровней потребления, показателей эффективности

3.2. **Нормативные показатели.** Определение желаемого состояния энергетической системы на перспективный период (2030, 2050 годы) в соответствии с принятыми государственными стратегиями и международными обязательствами

3.3. **Реалистичность.** Проверка достижимости целевых показателей на основе анализа реальных возможностей технологического развития, инвестиционных ресурсов и институциональных ограничений.

*Источник: составлено автором.*

Рисунок 2.9 – Двухуровневая триадическая дешифровка категории «Прогнозный топливно-энергетический баланс»: динамические характеристики

социально-экономического развития страны, обеспечивающих сбалансированность внутреннего спроса и экспортных поставок ТЭР с объемами их поступления. Формирование прогнозного ТЭБ основывается на использовании ретроспективного анализа, применения экономико-математических методов и моделей, сценарного подхода, форсайт-технологии, требующих обеспечения методологической согласованности и воспроизводимости расчетов.

Прогнозный ТЭБ (интегральное раскрытие дефиниции в авторской трактовке). *Прогнозный топливно-энергетический баланс* (далее — прогнозный ТЭБ) — это интегрированная система взаимосвязанных показателей и альтернативных сценариев развития топливно-энергетической системы, которая отражает прогнозные объемы производства, преобразования, передачи и потребления энергоресурсов по видам и уровням (национальному, региональному, локальному), распределение ресурсов между системами энергоснабжения, потребительскими группами и секторами экономики, взаимодействие элементов ТЭК и их влияние на экономику, траектории развития под воздействием технологических, экономических, климатических и геополитических факторов, а также соответствие прогнозных показателей стратегическим целям государственной энергетической политики.

Двухуровневая триадическая дешифровка базовой категории «прогнозный топливно-энергетический баланс» позволяет преодолеть существующую фрагментарность в понимании этого термина и предложить системное, методологически обоснованное определение, которое:

- интегрирует апробированные практики статистического описания, управленческого планирования и стратегического анализа;
- обеспечивает многомерное понимание прогнозного ТЭБ как одновременно информационного, территориального и системного явления;
- раскрывает динамические характеристики, позволяющие связать прогнозный ТЭБ с историческим опытом, возможными будущими сценариями и стратегическими целями;



- создает основу для разработки унифицированной методологии, которую возможно использовать для нормативного закрепления в правовой и регламентирующей базе РФ.

Предлагаемая авторская трактовка прогнозного ТЭБ обеспечивает органам государственной власти возможность обоснованного принятия решений по развитию энергетического комплекса на основе анализа альтернативных сценариев и оценки соответствия возможных траекторий развития стратегическим целям государственной энергетической политики. Для инвестиционных и хозяйствующих субъектов данный подход создает условия для выявления перспективных направлений развития и объективной оценки рисков [270] при принятии долгосрочных инвестиционных решений в энергетическом комплексе. Научное сообщество получает основу для обсуждения, критического анализа и совершенствования методологии прогнозирования развития энергетических систем, что способствует повышению качества научных исследований в области энергетики и обеспечивает методологическую согласованность между различными научными учреждениями и организациями.

Таким образом, предложенная трактовка дефиниции прогнозного ТЭБ служит научным обоснованием необходимости его официального признания и нормативного закрепления как важнейшего инструмента государственного стратегического планирования в энергетическом комплексе.

Достаточно длительное время формированию ТЭБ не предавалось должного внимания, что прослеживается в публикация разных авторов. Так, например, в работе Е. Гащо, профессора НИУ МЭИ отражено, что «расчет сводного топливно-энергетического баланса страны не производился и задачи анализа эффективности сбалансированности не были в числе приоритетных. Частные компании, вертикально-интегрированные нефтяные компании, Газпром, прочие производители топливно-энергетических ресурсов наращивали добычу, экспортные поставки, сооружали новые источники и электростанции, и никто не сводил балансы, включая Минэнерго России» [117]. На сегодняшний день ситуация меняется и все больше и больше ТЭБ рассматривается в качестве

инструмента управления развитием энергетики, ТЭК и в целом обеспечения энергетической безопасности, но вместе с тем остается много нерешенных вопросов методологического характера относительно его формирования.

Актуальность изучения системообразующих принципов формирования топливно-энергетического баланса (ТЭБ) обусловлена комплексом взаимосвязанных геополитических, экономических, технологических и экологических вызовов, сформировавшихся в настоящее время в мировом сообществе. В условиях нарастающей международной напряженности, санкционных ограничений и необходимости обеспечения энергетического суверенитета требуется глубокое научное переосмысление принципов формирования национальной энергетической системы. Принципиальное значение приобретают вопросы диверсификации энергетического портфеля, импортозамещения критических технологий, перехода на новые технологические решения и снижения углеродного следа. Научный поиск в области системообразующих факторов ТЭБ позволит разработать адаптивные механизмы управления энергетическим комплексом, обеспечить методологическую основу для формирования и последующей корректировке стратегии энергетической безопасности и создать научный базис для опережающего развития отечественной энергетики в условиях глобальной трансформации мирохозяйственных связей.

В решении комитета Государственной Думы по энергетике отражено, что «поскольку ТЭБы являются обобщающей характеристикой взаимосвязи социально-экономической сферы и энергетики, то корректное формирование таких балансов, является необходимым условием для того, чтобы проводимая в стране энергетическая политика позволяла в максимальной степени учитывать интересы как государства в целом, так и отдельных регионов, отраслей экономики» [325]. В свою очередь корректное формирование прогнозных ТЭБ должно опираться на систему научных принципов. Важно отметить, что принципы формирования ТЭБ требуют периодического пересмотра и дополнения, чтобы учитывать изменения в технологическом развитии, экономической ситуации, экологических требованиях и международных условиях. К классическим принципам можно отнести баланс

между производством и потреблением энергии, учет всех видов ресурсов, прозрачность и достоверность данных. В качестве основополагающего методологического принципа разработки энергетического баланса еще в работе С.Д. Фельда был обозначен такой принцип, как «полный учет всех затрат и потерь» [367], что не теряет актуальности и в настоящее время. Принцип обусловлен тем, что в сводном ТЭБ отражается достаточно в укрупненном виде процесс воспроизводства топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на уровне страны, при этом процессы преобразования и продвижения ТЭР потребителям непосредственно сопровождаются с одной стороны, потерями, а с другой – затратами на всех этапах: от производства ТЭР до перемещения и распределения конечному потребителю.

Актуализация вопросов обеспечения экологической устойчивости компаний, входящих в состав ТЭК обуславливает необходимость дополнения данного перечня таким принципом, как экологичность. Понимание принципов формирования ТЭБ важно для экологической безопасности и соблюдения требований энергоперехода, так как позволяет оценивать экологическое воздействие производства и потребления энергии, а также планировать переход к более экологически чистым источникам.

Так, например, ключевая цель новой Климатической доктрины Российской Федерации (утверждена указом Президента Российской Федерации В.В. Путиным от 26.10.2023 № 812) [357] –достижение нейтральности России до 2060 года невозможна без выстраивания комплексной работы в отношении системного управления топливно-энергетическим балансом, коррелирующего с эффективным стратегическим планированием.

Методологические вопросы построения прогнозного ТЭБ тесно связаны с его экономическим содержанием. Соблюдение научных принципов формирования ТЭБ способствует повышению экономической эффективности, так как помогает анализировать затраты и выгоды, обосновывать инвестиции и оптимизировать использование ресурсов. Прогнозный ТЭБ может стать основой для разработки нормативных актов, стандартов и реализации контроля за выполнением

энергетических программ, что обеспечит устойчивое и сбалансированное использование энергетических ресурсов, имеющее важное значение для энергетической безопасности и экономического развития.

Таким образом, с целью разработки качественного и эффективного прогнозного ТЭБ целесообразно исследовать принципы, на которых осуществляется его формирование, что, например, также отражается и в работе, В. В. Добродей, Г. Б. Коровина [144]. Топливо-энергетический баланс в контексте теории систем представляет собой сложную систему, что позволяет рассматривать его как сложную, управляемую структуру, в которой различные компоненты взаимодействуют для достижения определенных целей в области энергетической безопасности.

При этом в данной системе есть входные, выходные параметры, а также внутренние процессы, направленные на производство ТЭР и их потребление, подверженные влиянию внешней среды в формате макропараметров системы, а также управленческих воздействий со стороны региональных органов власти и государства.

На входе формируется информационная база, включающая, во-первых, все виды ресурсов, включаемых в ТЭБ на дату его формирования, а также целевые значения при разработке прогнозного ТЭБ. Во-вторых, количественные показатели по видам ТЭР, отражающие потребность в каждом виде ресурса. В-третьих, существующие технологические возможности по закрытию выявленных потребностей, а также экологические ограничения. Информационная база «входа в систему» должна непосредственно коррелировать с нормативно-правовыми документами, актуальными стратегиями развития отраслей, комплексов и другими документами, утвержденными на уровне государства и затрагивающими вопросы воспроизводства и использования ТЭР, включаемых в баланс.

«Выход системы» характеризуется ключевыми показателями относительно обеспечиваемого уровня энергетической безопасности, стабильности энергоснабжения, экономической и целевой эффективности, в том числе и в контексте экологической составляющей.

Обратная связь, соединяющая «выход» и «вход» позволяет отслеживать динамику эффективности управленческих решений по управлению ТЭБ на основе непрерывного мониторинга достижения целевого состояния системы в определенный период времени.

Важной особенностью кибернетического подхода является возможность постоянного мониторинга и адаптации системы к изменяющимся условиям, что позволяет своевременно реагировать на внешние и внутренние воздействия, оптимизировать процессы и предотвращать сбои. Таким образом, ТЭБ как кибернетическая система — это динамическая структура, способная к постоянному развитию и совершенствованию, что обеспечивает ее устойчивость и эффективность в условиях постоянных изменений внешней среды.

Понимание ТЭБ как кибернетической системы открывает возможность более глубокого анализа ее ключевых характеристик и принципов функционирования. Автором диссертационного исследования принципы формирования ТЭБ отражены в работе [264]. В рамках такого подхода особое значение по мнению автора приобретают такие принципы, как цифрообусловленность, системность, надежность, адаптивность, вариативность, развитие, самоорганизация, структуризация. Каждый из этих принципов можно принять за принципы 1-го порядка и декомпонировать на принципы (подпринципы) 2-го порядка. Соблюдение данных принципов в процессе формирования прогнозных ТЭБ позволит обеспечить более рациональные пропорции развития энергетики, эффективное использование всех видов ресурсов: твердого, жидкого, газообразного топлива, гидроэнергии, атомной энергии, возобновляемой энергии и т.д.

Адаптивность ТЭБ как системы позволяет своевременно реагировать на изменившиеся технологические возможности компаний, входящих в ТЭК, возрастающие экологические требования, которые необходимо учитывать как на этапе, например, добычи отдельных видов ресурсов, так и на этапе их потребления. Адаптивность должна прослеживаться не только к требованиям глобального энергоперехода, но и к цифровым императивам развития экономики.

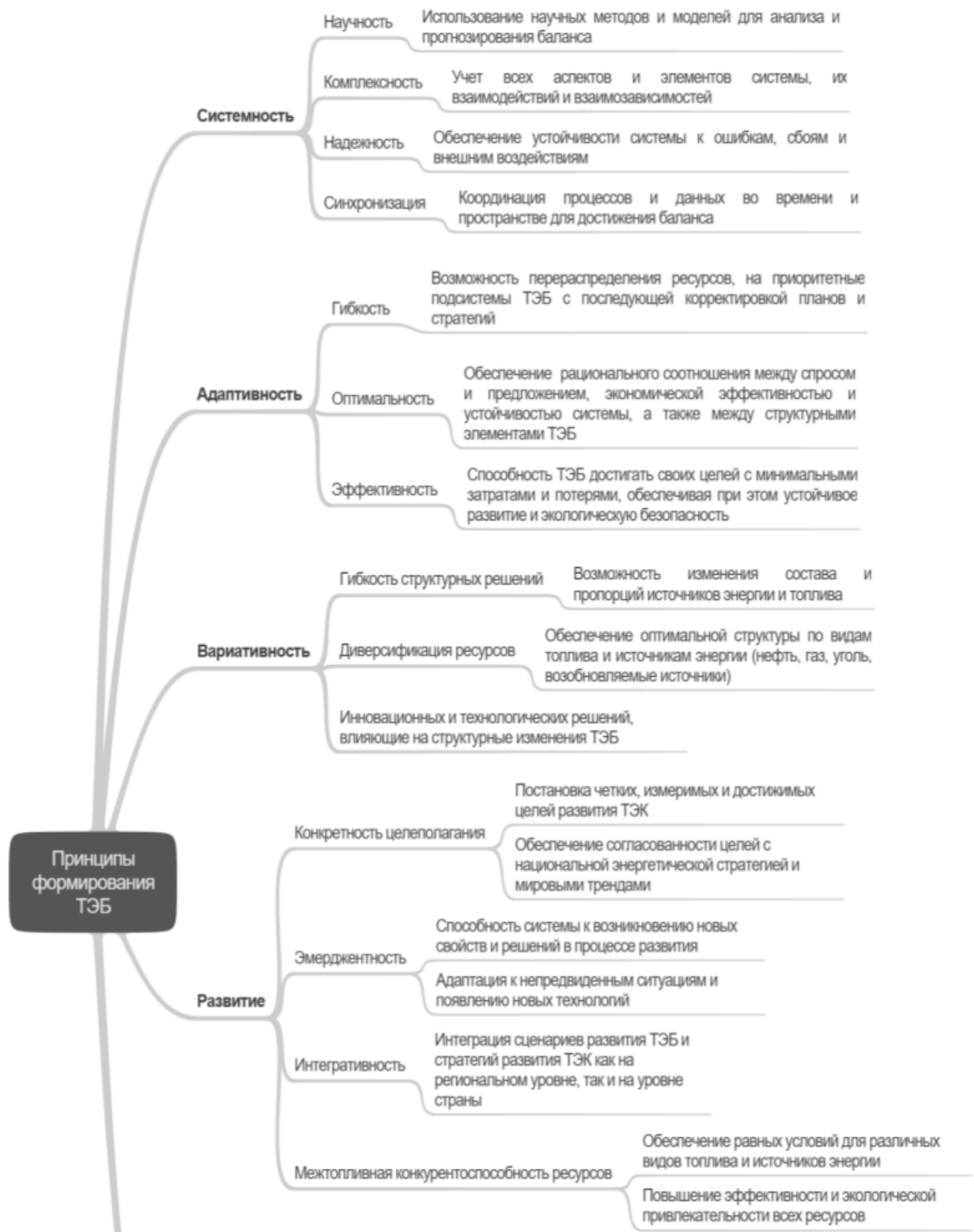
Вариативность проявляется в возможности достижения целевых параметров оптимальной структуры ТЭБ за счет реализации различных программных мер.

При этом структура прогнозных ТЭБ также является вариативна и зависит от уровня технологического развития страны, динамики изменения спроса на различные виды ТЭР. Обеспечение вариативности позволит обеспечить и гибкость прогнозного ТЭБ в условиях возрастающей нестабильной внешней среды и вызовов, формирующихся в мировом сообществе.

Заложенный принцип развития позволит двигаться системе вперед за счет постоянного совершенствования всех подсистем, способных удовлетворять все большие потребности общества в различных видах ТЭР и в разных пропорциях закрывать эти потребности. Отдельно в рамках данного принципа можно выделить наиболее значимые подпринципы: «межтопливная конкурентоспособность ресурсов», проявляющаяся в обеспечении равных условий для различных видов топлива и источников энергии, а также повышение эффективности и экологической привлекательности ТЭР, но при этом она существенно на сегодняшний день различается по секторам потребления [113]; «интегративность» предполагающий интеграцию сценариев развития ТЭБ и стратегии развития ТЭК как на региональном уровне, так и на уровне страны в целом.

Исследование этих принципов позволяет не только лучше понять внутреннюю причинно-следственную динамику прогнозного ТЭБ, но и разрабатывать более эффективные методы управления и развития в современных условиях, позволяющих отвечать на существующие глобальные вызовы. Базовые принципы формирования ТЭБ отражены на рис. 2.10.

*Системность*, которая Л.А. Мелентьевым закладывается как основа исследований в энергетике [226], предполагает рассмотрение ТЭБ как целостной, взаимосвязанной системы, где каждый элемент влияет на другие, а баланс достигается через взаимодействие всех компонентов. В контексте принципа системности целесообразно выделить особо ряд принципов 2-го порядка (подпринципы).



Источник: составлено автором с использованием онлайн инструмента IOctopus. – URL: <https://mind-map-online.ru/doc-da7e41f7d5b69c94>.

Рисунок 2.10 – Базовые принципы формирования прогнозного ТЭБ: начало



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 2.10 – Базовые принципы формирования прогнозного ТЭБ: окончание

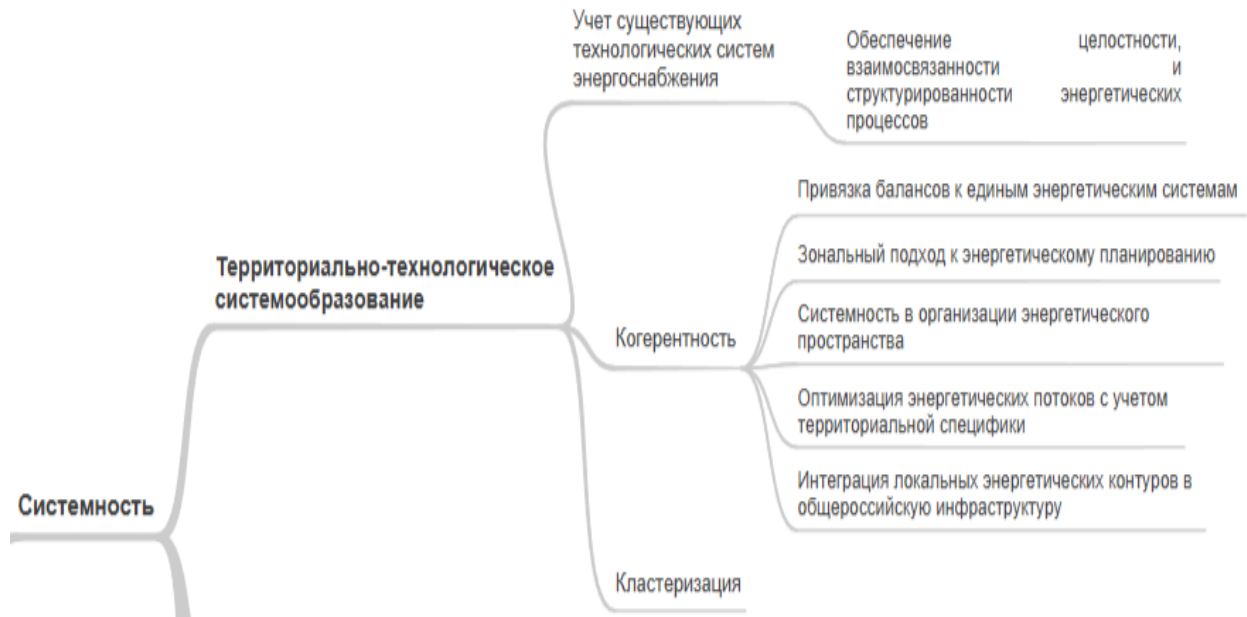
1. «Территориально-технологическое системообразование», включает учет существующих технологических систем энергоснабжения, когерентность и кластеризацию (рис. 2.11).

2. О целесообразности формирования ТЭБ исходя из технологического деления страны в рамках действующих единых систем энергоснабжения говорилась П. Сорокиным на совещании по совершенствованию системы управления развитием энергетики страны и регионов: «При оценке энергобаланса страны лучше исходить из нескольких крупных действующих энергетических систем, а топливно-энергетические балансы регионов формировать уже на их основе» [341].

Учет принципа рыночной разумности при формировании прогнозного ТЭБ создает комплексный механизм адаптивного управления энергетической системой, который позволяет трансформировать статичную модель планирования в динамичную, гибкую стратегию развития. Например, если рассмотреть такой вид ТЭР как «сырая нефть», то объем данного ресурса, включаемого в ТЭБ достаточно



чувствителен к ценовому параметру, изменениям в политической ситуации, а также санкционному давлению, оказываемому на нашу страну.



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 2.11 - Выделение принципа 2-го порядка «Территориально-технологическое системообразование»

22. Рыночная разумность (рис. 2.12).



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 2.12 – Выделение принципа 2-го порядка «Рыночная разумность»

В этих условиях особую значимость приобретает необходимость учета волатильности цен на нефть в условиях санкционного давления и потенциальных ограничений на объем добычи<sup>4</sup>, что требует разработки сценарных вариантов функционирования и развития энергетического комплекса с высокой степенью неопределенности внешнеполитической и экономической конъюнктуры. Этот подход обеспечивает возможность быстрого реагирования на изменения рыночной конъюнктуры, минимизацию избыточных энергетических затрат и создания естественных механизмов отбора наиболее эффективных технологических решений. Рыночная разумность выступает инструментом оптимизации структуры ТЭБ, который позволяет сопоставить реальные потребности экономики, технологические возможности и перспективные тренды энергетического развития, формируя научно обоснованную, экономически сбалансированную модель энергообеспечения.

*Адаптивность* — это способность системы изменяться и приспосабливаться к внешним и внутренним условиям для поддержания устойчивого и эффективного баланса.

*Оптимальность* — это стремление к достижению наилучших результатов при минимальных затратах, рисках и ресурсах. В рамках ТЭБ этот принцип обеспечивает баланс между спросом и предложением, экономической эффективностью и устойчивостью системы.

*Эффективность ТЭБ* — это показатель, характеризующий степень рационального использования ресурсов, энергии и топлива в системе, а также способность системы достигать поставленных целей при минимальных затратах и потерях.

*Вариативность* — это способность ТЭБ адаптироваться к изменяющимся условиям, обеспечивая устойчивость, гибкость и баланс в условиях динамичного

---

<sup>4</sup> Примечание: 30 ноября 2016 года 13 государств - членов ОПЕК договорились о сокращении нефтедобычи. 10 декабря к соглашению присоединились еще 11 стран, не входящих в ОПЕК: Россия, Азербайджан, Бахрейн, Бруней, Казахстан, Малайзия, Мексика, Оман, Судан, Экваториальная Гвинея (вошла в ОПЕК позднее, в 2017 году) и Южный Судан. Все участники соглашения, который в СМИ начали называть ОПЕК+, договорились уменьшить совокупную добычу на 1 758 тыс. баррелей в сутки (б/с) по сравнению с уровнем октября 2016 года Россия снизила добычу на 300 тыс. б/с. [171].

развития рынка, технологий и внешних факторов.

*Принцип развития* предполагает систематическое и целенаправленное совершенствование структуры ТЭБ с учетом новых вызовов, технологий и рыночных условий. В рамках этого принципа выделяются такие важные составляющие, как конкретность целеполагания, эмерджентность и межтопливная конкурентоспособность ресурсов.

*Самоорганизация* — это способность системы самостоятельно формировать структуру и функции без внешнего управления, основываясь на внутренних взаимодействиях и принципах. В контексте ТЭБ этот принцип включает такие важные аспекты, как иерархичность, модульность и сотрудничество.

Объединяющим весь набор базовых принципов, к которым необходимо отнести из всей совокупности принципов системность, адаптивность, вариативность, развитие, самоорганизацию и структуризацию (иерархичность) является принцип цифрообусловленности.

*Принцип цифрообусловленности предполагает, что цифровая трансформация экономики выступает как фактор, формирующий дополнительный спрос на электроэнергию, который должен быть учтен в прогнозном ТЭБ через выделение отдельной балансовой статьи «Электропотребление цифрового сектора».*

Цифровая трансформация экономики, происходящая в настоящее время будет продолжаться и в среднесрочном, и в долгосрочном периодах, как и энергетический переход, который достаточно тесно взаимосвязан с цифровизацией, и можно сказать управляется ею с целью обеспечения энергетической безопасности государства. Принимая во внимание данные обстоятельства, по мнению автора, принцип цифровой обусловленности представляет собой главный теоретико-методологический принцип, согласно которому при формировании прогнозного ТЭБ необходимо учитывать цифровую экономику как самостоятельный источник спроса на электроэнергию, выделяя электропотребление цифровой инфраструктуры и цифровых услуг в отдельную балансовую категорию, разрабатывая специфические методы его прогнозирования

и интегрируя цифровой фактор в сценарное моделирование энергетического развития.

Реализация государственных программ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности», федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» продолжит тренд на снижение энергоемкости экономики. Крупнейшие компании страны заявили ресурсоэффективность стратегической целью ближайшего пятилетия. Среди ключевых показателей эффективности – оптимизация расхода первичных ТЭР, доля энергии из возобновляемых источников, доля отходов, возвращаемых в производство [359]. Реализация мероприятий по достижению стратегических целей окажет влияние на структуру ТЭБ (табл.2.10), от чего, в свою очередь, зависит определение потребности в новых генерирующих мощностях, выбор схем снабжения хозяйствующих субъектов топливно-энергетическими ресурсами.

Таблица 2.10 – Влияние на ТЭБ реализации комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики РФ [183]

| План мероприятий по повышению энергетической эффективности промышленных организаций                                                                                                                                                                            | Влияние на топливно-энергетический баланс                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                              | 2                                                                                                                                  |
| Внедрение механизма, обеспечивающего снижение <u>уровня износа основных фондов</u> регулируемых организаций в целях обеспечения их энергоэффективности                                                                                                         | Снижение спроса на топливно-энергетические ресурсы регулируемых организаций                                                        |
| Определение <u>единых целевых значений потерь</u> энергетических ресурсов при их транспортировке, исходя из показателей таких потерь, достигаемых при использовании наиболее энергоэффективных технологий                                                      | Потенциальное высвобождение части энергетических ресурсов за счет сокращения потерь при использовании энергоэффективных технологий |
| Установление требований к приоритетному включению и сохранению в составе схем и программ перспективного развития электроэнергетики <u>энергоэффективных генерирующих объектов</u>                                                                              | Увеличение предложения электрической энергии                                                                                       |
| Обеспечение включения в состав отраслевых схем и программ инвестиционных программ субъектов электроэнергетики мероприятий, направленных на <u>достижение установленных нормативов удельного расхода</u> топлива при выработке электрической и тепловой энергии | Сокращение использования первичных топливно-энергетических ресурсов для производства электрической и тепловой энергии              |

## Окончание таблицы 2.10

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Методологическое обеспечение деятельности угледобывающих организаций по реализации мероприятий в области энергосбережения                                                                                                                                                                                                                                           | Сокращение удельного расхода ресурсов при производстве                                                                                                               |
| Актуализация перечня целевых показателей региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, а также мероприятий, подлежащих включению в их состав, в целях обеспечения реализации государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности на региональном и муниципальном уровнях | Формирование стратегических индикаторов для составления плановых и прогнозных топливно-энергетических балансов с учетом мероприятий по повышению энергоэффективности |

*Источник: составлено автором.*

Динамика энергоемкости валового регионального продукта (ВРП) субъектов РФ направлена на снижение. Отмечается, что для ряда российских регионов энергоемкость валового регионального продукта снизилась в 2020 г. по сравнению с 2016 г. (табл. 2.11).

Таблица 2.11 – Динамика энергоемкости ВРП по некоторым субъектам РФ в 2016–2020 гг., кг у.т./10 тыс. руб. [204]

| Энергоемкость ВВП (ВРП) за 2016–2020 гг. в ценах 2016 гг |        |        |        |        |        |                                  |                               |                                  |                               |
|----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Субъект РФ                                               | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | Δ, в %<br>2020г.<br>к 2016<br>г. | Δ, в %<br>2020г. к<br>2017 г. | Δ, в %<br>2020г.<br>к 2018<br>г. | Δ, в %<br>2020г. к<br>2019 г. |
| 1                                                        |        | 2      | 3      | 4      | 5      | 6                                | 7                             | 8                                | 9                             |
| Калининградская область                                  | 73,95  | 69,62  | 67,88  | 66,97  | 62,01  | -16,15                           | -10,9                         | -8,65                            | -7,41                         |
| Воронежская область                                      | 135,46 | 118,62 | 115,41 | 112,03 | 108,78 | -19,70                           | -8,3                          | -5,74                            | -2,90                         |
| Калужская область                                        | 127,73 | 120,79 | 118,76 | 118,90 | 108,41 | -15,13                           | -10,2                         | -8,72                            | -8,82                         |
| Белгородская область                                     | 161,62 | 165,76 | 162,19 | 162,74 | 160,91 | -0,44                            | -2,9                          | -0,79                            | -1,12                         |
| Владимирская область                                     | 165,31 | 162,54 | 142,25 | 132,33 | 122,78 | -25,73                           | -24,5                         | -13,69                           | -7,22                         |
| Тюменская область                                        | 129,53 | 124,20 | 124,80 | 124,72 | 128,43 | -0,85                            | 3,4                           | 2,91                             | 2,97                          |
| Челябинская область                                      | 267,98 | 273,33 | 271,51 | 269,31 | 259,13 | -3,30                            | -5,2                          | -4,56                            | -3,78                         |
| Иркутская область                                        | 157,02 | 148,29 | 222,89 | 228,65 | 237,28 | 51,11                            | 60,0                          | 6,46                             | 3,77                          |
| Ленинградская область                                    | 238,09 | 213,71 | 182,08 | 172,88 | 167,48 | -29,66                           | -21,6                         | -8,02                            | -3,12                         |

Окончание таблицы 2.11

| 1                   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8     | 9     | 10    |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Алтайский край      | 327,77 | 335,54 | 158,18 | 147,82 | 142,64 | -56,48 | -57,5 | -9,82 | -3,50 |
| Омская область      | 429,36 | 413,47 | 166,73 | 162,40 | 154,02 | -64,13 | -62,7 | -7,62 | -5,16 |
| Липецкая область    | 360,16 | 367,20 | 360,79 | 350,11 | 327,59 | -9,04  | -10,8 | -9,20 | -6,43 |
| Вологодская область | 389,38 | 406,34 | 381,56 | 384,58 | 383,09 | -1,62  | -5,7  | 0,40  | -0,39 |
| Республика Хакасия  | 284,88 | 292,89 | 314,57 | 302,33 | 300,03 | 5,32   | 2,4   | -4,62 | -0,76 |

Анализ энергоемкости ВРП субъектов Российской Федерации за 2016–2020 гг. в ценах 2016 года показывает, что в большинстве рассмотренных регионов наблюдалась тенденция к снижению энергоемкости, что в целом свидетельствует о повышении энергетической эффективности региональных экономик. Наиболее выраженное сокращение показателя зафиксировано в Омской области (-64,13% к 2016 г.), Алтайском крае (-56,48%), Ленинградской области (-29,66%) и Владимирской области (-25,73%). Существенное снижение также отмечается в Воронежской, Калининградской и Калужской областях, где энергоемкость сократилась на 15–20%.

Для ряда субъектов снижение носило умеренный характер. Так, в Липецкой области, Челябинской области, Вологодской области, Белгородской области и Тюменской области изменение энергоемкости за анализируемый период оказалось незначительным, что может указывать либо на относительную устойчивость сложившейся структуры энергопотребления, либо на ограниченные темпы структурной и технологической модернизации.

Одновременно в отдельных регионах наблюдается рост энергоемкости. Наиболее заметно это проявилось в Иркутской области, где показатель увеличился на 51,11% по сравнению с 2016 г. и на 60,0% по сравнению с 2017 г. Также рост зафиксирован в Республике Хакасия (+5,32% к 2016 г.), что может свидетельствовать о повышении доли энергоемких производств, изменении отраслевой структуры экономики или специфике динамики валового регионального продукта.

Таким образом, межрегиональный анализ показывает существенную дифференциацию динамики энергоемкости ВРП. Для большинства субъектов

характерно снижение энергоемкости как индикатор повышения энергоэффективности, однако в ряде регионов сохраняется либо стагнация, либо рост показателя. Это позволяет сделать вывод о том, что процессы энергетической модернизации в субъектах РФ протекают неравномерно и в значительной степени определяются структурой региональной экономики, уровнем технологического развития и спецификой отраслевой специализации.

В таблице 2.12 представлен анализ вклада факторов в изменение потребления энергии в 2020–2023 гг.

Таблица 2.12 – Вклад отдельных факторов в изменение потребления энергии в 2020–2023 гг., тыс.т.у.т. [131]

| Фактор                                                                            | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. | 2023г.[134] | 2024 г. [135] |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-------------|---------------|
| 1                                                                                 | 2       | 3       | 4       | 5           | 6             |
| Потребление энергии                                                               | 829826  | 888658  | 889074  | 1048235     | 1076644       |
| <i>в том числе за счет:</i>                                                       |         |         |         |             |               |
| - экономическая активность                                                        | х       | +39855  | х       | +41511      | +45168        |
| - рост долей энергоемких секторов — топливная генерация электроэнергии, транспорт | х       | +4779   | х       | -26104      | х             |
| - структура подсекторов                                                           | х       | -2009   | х       | -16105      | -14611        |
| - климатический фактор способствовал приросту потребления энергии                 | х       | +14697  | х       | -6195       | -1056         |
| - загрузка производственных мощностей в постковидный период                       | х       | -1020   | х       | -1104       | 7581          |
| - благоустройства жилья и обеспеченности населения бытовой техникой               | х       | -329    | х       | -44         | -490          |
| - технологический фактор*                                                         | х       | 2809    | х       | 12078       | -8183         |

\* Изменение энергоемкости за счет технологического фактора служит главным индикатором для мониторинга реализации политики повышения энергоэффективности

Данные таблицы 2.12 показывают, что в 2021 и 2023 гг. рост потребления энергии был обусловлен прежде всего расширением экономической активности, которая выступала главным фактором увеличения спроса. В 2021 г. дополнительное влияние на прирост оказали климатический фактор и увеличение

доли энергоемких секторов, тогда как в 2023 г. их воздействие оказалось разнонаправленным и частично сдерживало общий рост. Одновременно в 2023 г. усилилось положительное значение технологического фактора, что свидетельствует о возрастающем влиянии технологических изменений на динамику энергопотребления.

Подтверждается полученный вывод и внешним независимым экспертным исследованием, проведенным на основе компактных ТЭБ субъектов РФ за 2016–2022 гг., подготовленных ЦЭНЭФ-XXI [85], а также данных Росстата о динамике ВРП в ценах 2016 г. При этом для ряда субъектов Федерации получение надежных оценок затруднено вследствие динамической неустойчивости статистических данных по потреблению первичной энергии.

Установлено, что среднегодовые темпы изменения энергоемкости ВРП в российских регионах в 2016–2022 гг. в большинстве случаев находились в диапазоне от -5% до +5%, что свидетельствует о существенной региональной дифференциации тенденций энергоэффективности (приложение Л).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что региональная динамика энергоемкости ВРП носит неоднородный характер, а в ряде субъектов сохраняются признаки усиления энергоемкости экономического роста. В этой связи для большей части регионов первоочередной задачей остается не столько дальнейшее повышение энергоэффективности, сколько стабилизация ситуации и прекращение роста энергоемкости ВРП, что требует более адресных мер региональной энергетической и экономической политики.

Как отмечено в Государственном докладе «О состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в РФ в 2023 году» энергоемкость ВВП, рассчитанная традиционным способом (по потреблению первичной энергии в целом), в 2023 г. составила 10,81 т.у.т./млн руб., что на 3% ниже уровня 2022 г. и сопоставимо с уровнем 2020 г. (10,96 т.у.т./млн руб.) (рис.2.13) [85].





Рисунок 2.13 – Изменение энергоемкости ВВП за 2015–2023 гг., в том числе за счет технологического фактора (без неэнергетических нужд) [85]

Снижение энергоемкости ВВП в 2023 г. до минимального уровня за исследуемый период связано с увеличением объемов использования энергоэффективных технологий и структурными изменениями в экономике.

Разработка научных основ формирования ТЭБ и выделение ключевых принципов его формирования имеет большое как теоретическое, так и практическое значение. На основе всесторонней внутренней увязки структурообразующих подсистем ТЭБ возможно обеспечить необходимый уровень координации развития отдельных отраслей ТЭК. Рассмотренные принципы могут быть включены отдельным пунктом в порядок составления ТЭБ субъектов РФ, муниципальных образований на уровне министерства энергетики, а также указываться в самих документах, в которых представлены прогнозные балансы муниципальных образований. Унификация, заложенная в понимание научных принципов на уровне всех основных акторов позволит повысить качество подготовки прогнозных ТЭБ как на уровне субъектов РФ, так и на национальном уровне.

## **2.3 Теоретико-методические основы прогнозирования ТЭБ в условиях глобальных трендов**

Теоретико-методические основы прогнозирования ТЭБ в контексте глобальных трансформационных процессов находят свое институциональное воплощение в многолетних исследованиях, проводимых Институтом энергетических исследований (ИНЭИ). С момента своего основания институт последовательно развивает научные и прикладные разработки в области формирования прогнозных ТЭБ, моделирования траекторий энергопотребления и анализа энергоэффективности народного хозяйства, рассматривая эти направления как стратегические приоритеты своей деятельности.

Историческое развитие методологических основ разработки ТЭБ демонстрирует последовательный переход от нормативных подходов к системному моделированию. На начальном этапе методологическая база формировалась под влиянием концептуальных разработок А. А. Макарова и А. Г. Вигдорчика, предложивших нормативный метод расчета энергопотребления. Данный метод предполагал определение потребности в энергоносителях через умножение удельных нормативов энергоемкости на физические объемы производства основных видов продукции, с последующим агрегированием отдельных топливных балансов в консолидированный баланс котельно-печного топлива.

Качественное методологическое развитие было обусловлено интеграцией экспертных знаний ведущих специалистов из Госплана СССР (П.К. Аксютин) и его вычислительного центра (Т.В. Клейник). Их участие позволило разработать усовершенствованную методику формирования сводного баланса первичных энергоресурсов и создать комплекс имитационных моделей. Эти модели обеспечивали трансформацию отечественных статистических данных в формат унифицированного ТЭБ, разработанного при активном участии советских исследователей в рамках Европейской экономической комиссии ООН.

В последние годы данная тематика развивалась усилиями член-корреспондента РАН С. П. Филиппова, А. Н. Курашева и Е. В. Мохиной и была востребована при решении различных практических задач [353, 368].

Усиление конкуренции между различными видами топлива приводит к необходимости при построении прогнозов делать основной акцент на исследованиях конъюнктуры рынков жидких, газообразных и твердых видов энергетических ресурсов, не ограничиваясь одним лишь прогнозом производства и потребления по отдельным энергоносителям, как это делается в большинстве исследований. По мнению И.П. Мамий, М.А. Иващенко возникает необходимость проводить прогнозирование сразу по нескольким направлениям. С одной стороны, на основе изучения уже используемых в настоящее время энергетических технологий возможно построение базовых сценариев развития мировой и национальной энергетики и рынков энергетических ресурсов. С другой стороны, прогнозирование прорывных достижений в области производства и применения углеводородного сырья и продуктов его переработки приводит к необходимости построения сценариев, учитывающих возможные технологические достижения и прогнозов развития энергетики России в условиях масштабного изменения мировых топливных рынков.

В настоящее время одним из вариантов формирования ТЭБ является представленный Министерством энергетики России прогнозный топливно-энергетический баланс России на период до 2050 г., базирующийся на прогнозных гипотезах социально-экономического развития страны и основных направлениях энергетической политики, главные пропорции которой сформулированы в Энергетической стратегии России до 2050 г. Прогнозный ТЭБ предусматривает сбалансированность внутреннего спроса и экспортных поставок ТЭР с объемами их добычи, производства и импорта, а также смягчение сложившихся диспропорций, связанных с доминированием природного газа и малым удельным весом угля и нетопливных энергоресурсов (энергия атомных электростанций, возобновляемых источников энергии) в структуре потребления топливно-энергетических ресурсов в стране [220].

Как отмечается в работе В.А. Цыбатова прогнозные расчеты для сбалансированного развития экономики и ТЭК «проводятся на основе сценарного подхода, в рамках которого обеспечивается сведение и итеративное согласование прогнозов энергопотребления и производства энергоресурсов по основным видам ТЭР. Интегрирующую функцию в процессе согласования играют прогнозные ТЭБ, которые обеспечивают формирование непротиворечивой и взаимосогласованной системы прогнозов экономического развития региона, объемов потребления и производства основных видов топлива и энергии, а также производственного потенциала отраслей ТЭК» [379].

В отечественной практике известны различные подходы к прогнозированию, посредством которых формируются следующие виды ТЭБ [160]:

1. Топливо-энергетический баланс ЕАЭС.
2. Баланс производимой и потребляемой электроэнергии Российской Федерации.
3. Баланс производимого объема углеводородов (нефти и природного газа) Российской Федерации.
4. Официальный топливо-энергетический баланс Российской Федерации.
5. Топливо-энергетический баланс Института энергетических исследований.
6. Топливо-энергетические балансы энергетических компаний Российской Федерации.
7. Прогнозный баланс развития электроэнергетики.

Существенный прагматический интерес представляли российские исследования в сфере моделирования и прогнозирования энергетики, поскольку в них в большей степени учитываются особенности национальных институтов управления и статистического описания объектов моделирования. Наибольшего внимания заслуживает технология моделирования и прогнозирования энергетики, разработанная в институте энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН) [55, 167, 168, 215].

Технология успешно используется для прогнозирования как российской, так

и мировой энергетики [388]. Главной ее особенностью является формирование непротиворечивой и взаимосогласованной системы прогнозов экономического развития страны, объемов потребления и производства основных видов топлива и энергии, а также финансирования отдельных отраслей ТЭК. Итеративное согласование в системе прогнозов производится через энергетические балансы, формируемые в целом для страны и отдельных регионов, производственные характеристики и финансовые балансы отраслей ТЭК, замыкаемые на межотраслевые балансы национальной экономики [378].

В последнее десятилетие в мировом сообществе также возрос интерес к возможности использования ТЭБ в качестве инструмента управления сбалансированным развитием ТЭК и смежных отраслей. Однако, проблема, существующая в области методологического характера, не позволяет обеспечить взаимосвязанность ТЭБ с документами стратегического планирования и встраивание его в систему оценки степени взаимовлияния ТЭК на другие отрасли экономики. В связи с этим актуализируются различные аспекты в области разработки единого инструментария формирования ТЭБ. В зарубежных научных публикациях прослеживается проработка отдельных методических аспектов, предполагающих использование более точных методов анализа и прогнозирования в разрезе структурообразующих элементов, а также в региональном аспекте.

В таблице 2.13 отражены некоторые аспекты формирования ТЭБ, раскрываемые в зарубежной научной литературе.

Таблица 2.13 – Некоторые аспекты формирования ТЭБ, раскрываемые в зарубежной научной литературе

| № | Аспект сравнения                                           | Описание методического аспекта                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Источник                     |
|---|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2                                                          | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4                            |
| 1 | Долгосрочное энергетическое планирование на уровне региона | Рассматривается модель оптимизации энергосистемы Пьемонта, разработанная в рамках проекта ТЕМОА с открытым исходным кодом (ТЕМОА-Piedmont). Модель позволяет учитывать местные особенности производства и потребления энергоносителей и помогает выявлять препятствия и возможности для энергетического перехода. Методология, | Kavei & Nicoli et al. (2025) |

Продолжение таблицы 2.13

| 1 | 2                                                                                                                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4                                       |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|   |                                                                                                                                   | принятая в рамках проекта ТЕМОА-Piedmont для разработки каждого сектора модели, варьируется в зависимости от структуры имеющихся данных. Приводится обзор основных секторов, подотраслей, потребностей, технологических показателей и факторов спроса в регионе, которые могут стать основой для многокритериальной оптимизации энергобаланса в региональном разрезе                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                         |
| 2 | Региональное прогнозирование для сбалансированной системы энергоснабжения и глобального перехода к экологически чистой энергетике | Отражены сложности прогнозирования получения энергии за счет возобновляемых источников энергии, и в частности ветровой. Обозначенные проблемы обусловлены трудностями из-за неопределенности в прогнозировании погоды и многомерности данных. Предлагается система регионального прогнозирования ветровой энергии на сутки вперед с использованием глубоких сверточных нейронных сетей. Рост достоверности прогнозов обеспечивается использованием методов машинного обучения в сочетании с конформным прогнозированием, а именно применение конформной квантильной регрессии (CQR) и конформной прогностической системы (CPS) для прогнозирования квантилей и плотности распределения. В оригинальном источнике: Conformal Quantile Regression (CQR) and the Conformal Predictive System (CPS) for quantile and density forecasting | Jonkers & Avendano et al. (2024)        |
| 3 | Прогнозирование электропотребления с учетом нелинейных взаимосвязей в структуре энергопотребления                                 | Разработана модель прогнозирования потребления электроэнергии как ключевого структурообразующего элемента ТЭБ на основе архитектуры глубокого прогнозирования энергопотребления (Deep Energy Predictor Model, DEPM). Предложена гибридная модель, интегрирующая преимущества XGBoost в задачах классификации и глубоких нейронных сетей (DNN) для реализации методов глубокого обучения (DL). Модель учитывает временную динамику и стохастическую природу процессов энергопотребления. В первоисточнике: innovative hybrid model combines the strengths of XGBoost for classification and Deep Neural Networks (DNN) for deep learning (DL) capabilities.                                                                                                                                                                           | Ragupathi & Dhana-sekaran et al. (2024) |
| 4 | Использование моделей временных рядов для прогнозирования спроса, потребления и производства энергии                              | Обозначено, что классические модели, такие как скользящее среднее (Moving Average, MA), экспоненциальное сглаживание (Exponential Smoothing, ES) и авторегрессионные интегрированные модели (Autoregressive Integrated Models, ARIMA), по-прежнему широко используются для прогнозирования энергопотребления и структуры сетевой нагрузки. Обосновывается переход к интеллектуальным алгоритмам прогнозирования в качестве альтернативы традиционным линейным моделям, включая модели                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Mustafa & Sh. Al. D. Al-Yozbaký (2025)  |

Продолжение таблицы 2.13

| 1 | 2                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4                                               |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|   |                                                                                                                                                           | нечетких временных рядов (Fuzzy Time Series, FTS), метод рассуждений на основе прецедентов (Case-Based Reasoning, CBR), модели серого прогнозирования (Grey Prediction Models, GPM) и модель Prophet. В работе представлен обширный анализ моделей прогнозирования с характеристикой их области применения в контексте электроэнергетики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                 |
| 5 | Модели энергетического планирования, ориентированные на прогнозирование спроса и предложения на энерго-ресурсы                                            | Проведен анализ методов прогнозирования, используемых в 483 моделях энергетического планирования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kumar Biswajit Debnath & Monjur Mourshed (2018) |
| 6 | Национальные модели, переход к мультиагентным моделям                                                                                                     | Рассматривается национальная модель мировой энергетики на примере российской модели GEM-Dyn, которая несколько схожа с моделью MESSAGE. Отмечается, что рассматриваемая модель не эквивалентна модели GEM-E3 (General Equilibrium Model for Economy, Energy, Environment), разработанной Европейской комиссией в 90-е гг. Глобальная энергетическая модель (Global Energy Model, GEM) представляет собой линейную оптимизационную модель с детальным описанием технологий извлечения, преобразования, транспортировки, импорта-экспорта и потребления электроэнергии. Более подробно рассматриваются такие модели, как имитационная глобальная энергетическая модель «TIMES», вычислимая модель общего равновесия «GTAP», интегрированные модели экономики изменения климата «MERGE-GCAM-DICE-MESSAGE», а также перспективы развития мультиагентных моделей | Sidorenko & Savin (2014)                        |
| 7 | Анализируются мультиэнергетические системы (Multi-energy systems, MES), целесообразность ухода от централизованного управления и влияние на энергобаланс. | Мультиэнергетические системы рассматриваются как перспективное решение возникающих проблем в области электроэнергетики. В MES различные источники энергии интегрируются на разных уровнях с помощью сочетания технологий генерации, хранения и преобразования, что позволяет сбалансировать источники энергии в системе и оптимизировать распределение ресурсов. Отмечается, что в научной литературе недостаточно исследований, посвященных анализу многоцелевого планирования и управления в сфере энергетики. Рассматриваются модели: Exhaustive method; Evolutionary multi-objective optimization on weights; Evolutionary multi-objective optimization on system configuration                                                                                                                                                                         | Tangi & Amaranto (2025)                         |
| 8 | Построение сценариев на основе                                                                                                                            | Рассматриваемые методы ориентированы на разработку энергетическими компаниями эффективных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Alizadeh, Reza &                                |

Окончание таблицы 2.13

| 1  | 2                                                                                              | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4                               |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|    | метода Глобальной бизнес-сети (Global Business Network, GBN), форсайт технологии               | стратегий сохранения ресурсов в условиях неопределенности внешней среды.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Lund, et al. (2016)             |
| 9  | Усиление степени влияния социального фактора при построении сценариев в энергетическом секторе | Отмечается, что при построении сценариев в энергетическом секторе предпочтение отдается технологическим и экономическим количественным данным с минимальным включением социального фактора. Обосновывается целесообразность расширения влияния социального фактора в сценарных моделях посредством включения предпочтений населения по использованию энергии в повседневной жизни.                  | Kaviani & Strengers (2023)      |
| 10 | Математическая оптимизация в энергетических системах                                           | Рассматриваются оптимизационные функции в области энергетики посредством включения различных ограничивающих переменных (например, ключевого показателя эффективности в виде выбросов CO <sub>2</sub> ). На основе факторов, влияющих на достижение цели, и возможности многоцелевой оптимизации выделены подкатегории экологические, технические, экономические, социальные, многоцелевые, субсидии | Sporleder & Rath, et al. (2022) |
| 11 | Оптимизация децентрализованных мультиэнергетических систем                                     | Рассматривается оптимизационная модель MANGO (Multi-stAge eNerGy Optimization). Основывается на стратегической ценности инвестиционной гибкости, позволяющей оптимально распределять инвестиции. Раскрываются некоторые аспекты многоцелевой оптимизации                                                                                                                                            | Mavromatidis & Petkov (2021)    |

*Источник: составлено автором по работам [28, 2, 51, 44, 21, 57, 60, 7, 13, 59, 42].*

Таким образом, проведенный контент-анализ показал высокий интерес к методическим вопросам формирования прогнозного ТЭБ и отдельных его структурообразующих элементов. При этом в 80% публикаций (из таблицы 2.13) отображается целесообразность использования искусственного интеллекта на разных этапах формирования прогнозного ТЭБ. Вместе с тем вопросы оценки влияния принимаемых управленческих решений в энергетическом секторе на прогнозную структуру ТЭБ не в полной мере освещаются в научной литературе и требуют дальнейшей проработки.

Разработка и утверждение программных решений в области управления любой составляющей ТЭБ непосредственно должно коррелировать и в некоторой части даже основываться на существующих и формирующихся мегатрендах в



области технико-технологического решения актуальных вопросов в области ТЭК и смежных отраслей, что позволит усилить доступность получения и потребления различных видов ТЭР, более рационально развивать межтопливную конкуренцию, обеспечивать сбалансированность спроса и предложения как в среднесрочной, так и в долгосрочной перспективах. На пленарном заседании международного форума «Российская энергетическая неделя», где темой было «Создавая энергетику будущего вместе» Президентом РФ В. В. Путиным отмечено, что «Определяющую, все более значимую роль играет сам *доступ к топливу и энергии*, наличие сетей и трубопроводов, установленная мощность энергосистем. В этих условиях особенно важно эффективно управлять добычей и запасами ресурсов, *обеспечивать технологическое и экономическое развитие отрасли*, чтобы снабжать внутренний рынок, достигать национальные цели развития [358], а также выполнять внешние договоренности. Мы всегда это делали, делаем и, безусловно, будем это делать — это один из наших безусловных приоритетов» [108].

Изучение глобальных мегатрендов в развитии той или иной отрасли — хороший ориентир для обдумывания и оценки широкого спектра альтернатив будущего развития, подходов к реализации долгосрочных проектов, соответствующих изменений в компаниях и способов их реализации. Тренды помогают обращать больше внимания на изменения во внешней среде и лучше понимать, что делать. Сущность и основные виды мегатрендов отражены на рис. 2.14.

Анализ публикаций по вопросам влияния мегатрендов на различные подсистемы ТЭБ показывает интерес со стороны представителей различных государственных структур, бизнеса и академической науки к данному вопросу. Так в статье М. Лифшиц обозначены мегатренды влияющие на развитие энергетического сектора [207].

Аналитическая компания Cargemini представила ежегодный обзор, в котором раскрываются ключевые вопросы состояния и перспективы развития мировых энергетических рынков. В представленном исследовании прослеживается

рост потребления энергии в Китае, обозначена тенденция снижения цен на использование возобновляемых источников энергии.



Источник: составлено автором, использован рисунок «пирамида трендов» с сайта [krasivo.biz](http://krasivo.biz).

Рисунок 2.14 – Учет мегатрендов при формировании прогнозной структуры ТЭБ

Энергетический сектор достаточно существенно подвержен влиянию мегатрендов, которое будет ощутимо не в краткосрочном периоде, а в долгосрочной перспективе, однако некоторые трансформационные процессы в энергетическом секторе можно уже проследить и в настоящее время. И именно данные мегатренды будут оказывать влияние на изменение структуры как мирового энергобаланса, так и ТЭБ отдельных стран и регионов.

Ретроспективный анализ развития энергетической отрасли показывает, что она функционировала в пределах парадигмы неограниченного роста производственных мощностей идя в некоторых случаях по пути укрупнения электростанций. Необходимо отметить, что такой тренд оправдывался достигаемыми положительными результатами за счет действия эффекта масштаба, своевременным обновлением и модернизацией оборудования, активным внедрением инновационных производственных технологий.

В настоящее время происходит изменение парадигмы и переход к реализации новых трендов связанных, например, с активным внедрением концепции бережливого производства и усилением достижения эффективности от реализации практически все процессов. В рамках нового тренда становится не совсем эффективно наращивать количество турбин и концентрировать мощности на огромных производствах в первую очередь с позиции потребителя. Поэтому целесообразно изменение существующего тренда в направлении децентрализации и создание микросетей.

Например, из мирового опыта: «В США большая часть электроэнергии вырабатывается централизованно — на крупных станциях. По оценкам Управления по энергетической информации США, в среднем потери в электрических сетях составляют 7% от всей вырабатываемой электроэнергии в стране. Чем больше расстояние от генерации до потребителя, тем больше потери. Решение, которое поможет их снизить, — децентрализация энергетической системы. В этом случае место огромных предприятий занимает распределенная сеть локальных электростанций, преобразующих энергию солнца и ветра, а также генераторы на топливных элементах» [207].

Децентрализационные процессы в области энергетики являются непосредственно мегатрендом, который обусловлен такими факторами, как: снижение стоимости производства электроэнергии за счет более активного использования возобновляемых источников (они служат важной составляющей распределенных систем); появление технологии для эффективного управления распределенными системами; эффективная децентрализация систем в некоторых случаях оказывается выше централизованных, например в районах с низкой плотностью населения. Другой мегатренд, который прослеживается в области энергетики и активно будет формироваться и развиваться в долгосрочной перспективе – это создание и использование «умных» сетей посредством развития систем искусственного интеллекта: использования предиктивной аналитики и интернет вещей, блокчейн.

Так PwC<sup>5</sup> «оценивает экономический эффект от внедрения интернет вещей в российскую электроэнергетику до 2025 года приблизительно в 532 млрд рублей. Такой результат достигается за счет ценности данных, передаваемых в общую сеть. Информация от умных устройств позволяет диагностировать проблемы и оптимизировать энергопотребление» [207]. Тренды текущего года обусловлены внешними факторами и связаны с ускорением роста в постпандемийный период, структурными изменениями и возрастающим доверием к технологиям. Матрица жизненного цикла мегатрендов представлена на рис. 2.15.



Рисунок 2.15 – Матрица жизненного цикла мегатрендов [193]

<sup>5</sup> PricewaterhouseCoopers (PwC) — международная сеть компаний, предлагающих услуги в области консалтинга и аудита.

Основные технологические тренды обозначены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Технологические тренды 2022 года

| Тренд                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ускорение роста                                                             | Формирование изменений | Доверие технологиям      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                                                                           | 3                      | 4                        |
| <b>Ускорение роста:</b> поиск ИТ-инноваций, которые позволят завоевать новые доли рынка для бизнеса после пандемии. Это набор технологических направлений, которые приведут к максимальному увеличению стоимости бизнеса. Тренды позволят объединить в себе цифровые возможности для интеграции физического и виртуального миров: для гибридной работы, нового опыта и эффективного управления   | Генеративный искусственный интеллект                                        | Разработка ИИ          | Облачные платформы       |
| Формирование изменений: набор технологических решений для масштабирования и цифровизации системы управления                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Автономные системы                                                          | Гипер автоматизация    | Конфиденциальные решения |
| Доверие технологиям: создание устойчивой базы, позволяющей управляемой системе масштабироваться с минимальными затратами. Набор решений для безопасной интеграции цифровых активов и масштабирования по мере роста системы. Эти тренды направлены на увеличение доверия данным, а также получения достаточного набора технологий для защиты информации как во внутренней, так и во внешней среде | Территориально-распределенные управляемые системы (предприятия, территории) | Компонуемые приложения | Ткань данных             |

Выделенные мегатренды, связанные с нефтегазодобывающей отраслью, могут внести свой вклад в трансформацию ТЭБ и его структуры в долгосрочном периоде. В таблице 2.15 представлены 6 мегатрендов, опубликованных в журнале «Нефтегазовая вертикаль».

Таблица 2.15 – Мегатренды, связанные с нефтегазодобывающей отраслью [280]

| Мегатренд                                                                                | Характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Смена вида доминирующего топлива и активные трансформационные процессы в области энергии | Первый мегатренд был обозначен руководителем подсистемы долгосрочного планирования компании ВР. Он отмечает, что энергетический сектор развивается от эпохи к эпохе, а фактически оно связано с переходом от преобладающего использования дров, угля к нефти. 21 век характеризуется следующим переходным этапом. Возрастает роль использования газа и возобновляемых источников энергии. |

Продолжение таблицы 2.15

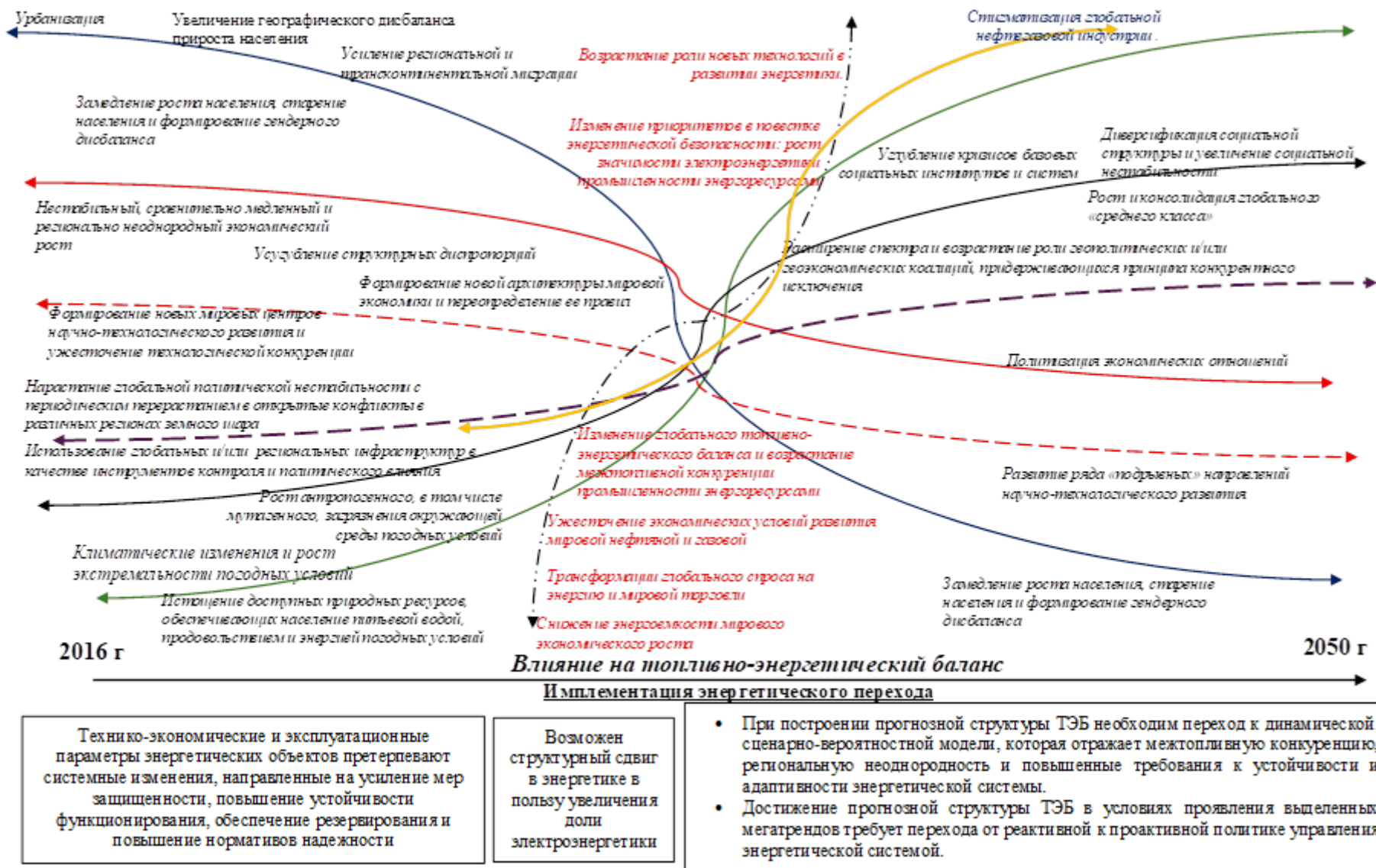
| 1                                                             | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               | <p>Такое развитие в условиях динамичного изменения цен на энергоносители делает процесс прогнозирования достаточно сложным. Формируемые сценарии сопровождаются малой вероятностью реализации и сложно прогнозируемым воздействием внешних факторов.</p> <p>Мировое сообщество достаточно кардинально меняется практически во всех аспектах. Глобальные изменения происходят в отношении объемов спроса и предложения на различные виды энергии. Геополитические процессы также подвергаются существенной трансформации. Меняются политические подходы к проблемам окружающей среды и изменения климата. Скорость обозначенных трансформационных процессов будет непосредственно зависеть от Парижского соглашения 2015 года.</p>                                                                                                                                                                |
| Принципиальные изменения в обосновании объемов поставки нефти | <p>Ретроспективный анализ мировых взглядов относительно добычи нефти показал, что произошла их трансформация от ожидания достижения пикового объема добычи в рамках теории «Пик нефти», широко освещаемой рядом ученых до возможности обеспечения добычи избыточного объема нефти, сопровождаемого резким падением цен. Все это предопределило переход к смене энергетической парадигмы и переосмыслению мировым сообществом принципов управления в области добычи сместив акценты на прогнозирование и обоснование спроса, с непосредственного обоснования пикового объема добычи. Концентрация усилий рассматривается в плоскости прогнозирования пикового объема спроса на нефть и определения временного интервала, за пределами которого будет наблюдаться снижение спроса. Интервальный прогноз показывает, что максимальная востребованность нефти придется на интервал 2025–2040 гг.</p> |
| Устойчивые тенденции востребованности поставок газа           | <p>Основной отличительной особенностью газа является область его практического использования, а именно это индустрия и выработка электричества. Транспортная система не так активно вписывается в сферу использования. В среднесрочной перспективе прогнозируется перелом этой тенденции.</p> <p>Еще одно отличие, которое влияет на формирование мегатренда – это торговая система, которая в большей степени на сегодняшний день представлена регионально. Смена этой устойчивой тенденции произойдет по мере развития торговли газом в форме СПГ. По оценкам экспертов в течение следующих 20 лет произойдет перелом тенденции и преобладающей долей в торговле станут поставки сжиженного газа.</p> <p>В целом же по оценкам ВР в долгосрочном периоде не предвидится снижение спроса на газ</p>                                                                                             |
| Рост использования возобновляемых источников энергии          | <p>В долгосрочном периоде прослеживается картина мира, в которой преобладающими источниками энергии станут возобновляемые. Фактическая ситуация в области использования возобновляемых источников энергии и интерес, проявляемый к ним со стороны всего мирового сообщества в разы, превзошел существующие прогнозы. В первую очередь речь идет об использовании энергии ветра и солнца. Сдерживание интенсивного развития сложившейся тенденции обусловлено высокой стоимостью на сегодняшний день технических решений, позволяющих ориентироваться на солнечную энергию и энергию ветра. Однако, в среднесрочном и долгосрочном периодах прогнозируется снижение их стоимости, но опять же скорость снижения будет обусловлена</p>                                                                                                                                                             |

Окончание таблицы 2.15

| 1                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | количеством и масштабностью программ, реализуемых и поддерживаемых государствами и крупными отраслевыми компаниями в данном направлении. На сегодняшний день обозначенные виды источников энергии уже могут быть конкурентоспособными на рынке энергоснабжения.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Электрификация транспорта | Большие изменения должны произойти в транспортном секторе с появлением электрических двигателей, машин с автономным без водителей управлением и возникновением новых типов транспортного бизнеса. Абсолютно все прогнозы придают большое значение фактору роста доли электричества в балансе мирового энергопотребления. Уже сейчас зарождается класс потребителей продукта, создаваемого объединением электрификации транспорта с новыми методами движения.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Демография                | Демография развивающихся экономик и потребности поколения нового века изменят модель спроса и трендов производства. В старых экономиках модель спроса менялась с каждым поколением. В настоящее время в странах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), за счет значительно повышения эффективности, энергопотребление практически не увеличивается. Интенсивный рост спроса на энергию в ближайшие десятилетия будет происходить в другой части мира, в странах вне ОЭСР. Кроме того, предстоят изменения характера спроса в поколении XXI века. Сфера их интересов и деятельности будет основываться на цифровых технологиях и на моделях, которые в настоящее время элементарно не существуют и трудно поддаются представлению |

Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 года [304], а также стратегия научно-технического развития РФ [343] формируют долгосрочные траектории технологических и институциональных изменений, которые необходимо встраивать в конкретные количественно-качественные допущения при построении прогнозного ТЭБ. Для практического использования положений научно-технического развития в прогнозной модели ТЭБ необходима четкая привязка прогнозных горизонтов к временным интервалам с позиции достижения ожидаемых эффектов (краткосрочные эффекты на горизонте до 5 лет, среднесрочные от 5 до 10 лет и долгосрочные более 10 лет), выделение контуров влияния (технологические преобразования, структурная смена доминирующих видов топлива, изменение энергоэффективности, сетевые ограничения и ограничения накопительных систем хранения, стоимость и доступность ТЭР). На рисунке 2.16 представлена карта трендов, составленная автором на основании обозначенных выше документов.



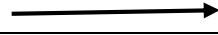


Источник: составлено автором на основании прогноза НТР отраслей ТЭК России до 2035 г.

Рисунок 2.16 – Влияние мегатрендов на прогнозную структуру ТЭБ



Условные обозначения к рисунку 2.16:

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                   | <b>Мегатренды в области:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|  | Окружающая среда                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|  | Социальная область                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|  | Геополитика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|  | Техническая область                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|  | Экономика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|  | Энергетика<br>Некоторые тренды [225]:<br>- децентрализация генерации производства электроэнергии<br>- изменение традиционной энергетической цепочки создания стоимости<br>- электрификация транспорта и промышленности<br>- акцент на декарбонизацию энергетики<br>- цифровая трансформация – сквозной тренд                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|  | Демография                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|  | Стигматизация глобальной нефтегазовой индустрии, т. е. резко негативное восприятие отрасли в целом и ключевых ее участников со стороны общества [12].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|  | Имплементация энергетического перехода                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Прочие                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Активное распространение более «умных» и экологически чистых распределительных электросетей [122]</li> <li>- Человек – центр энергетической революции</li> <li>- Рост общественного интереса к чистой энергии – распространение сортировки и переработки твердых бытовых отходов</li> <li>- Отходы могут стать выгодным источником сырья для производства энергоносителей, сопоставимым с ископаемыми энергоресурсами</li> <li>- Создание «зеленых» жилищно-коммунальных экосистем</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Тренды, обозначенные в Энергетической стратегии на период до 2050 года            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ускоренный рост энергопотребления</li> <li>- Фрагментация рынков, в первую очередь энергетических</li> <li>- Формирование многополярного мира</li> <li>- Сокращение доли доллара при увеличении роли национальных валют в международных расчетах</li> <li>- Рост волатильности и ряд рыночных шоков</li> <li>- <u>Недоинвестирование в нефтегазовый сектор</u> и наращивание капиталовложений в сектор возобновляемой генерации на фоне ускорения темпов роста энергопотребления (тренд коррелирует с трендом <u>стигматизации глобальной нефтегазовой индустрии</u>)</li> <li>- Развитие альтернативных технологий, используемых в энергетике, в т.ч. хранения электроэнергии, улавливания, использования и хранения диоксида углерода и вторичной переработки</li> <li>- Увеличение темпов роста потребления природного газа</li> <li>- Ускорение развития электротранспорта при сохранении спроса на нефть</li> <li>- Ухудшение ресурсной базы углеводородов в ключевых странах-производителях</li> <li>- и др.</li> </ul> |

Достижение прогнозной структуры ТЭБ в условиях проявления выделенных мегатрендов требует перехода от реактивной к проактивной политике управления энергетической системой. Научно-методологическая основа этого перехода

опирается на принципы системного управления, теорию институциональных преобразований и методы стратегического, технологического форсайта [90]: будущее рассматривается как пространство возможных траекторий, которые могут быть целенаправленно определены посредством согласованных программно-целевых мер на разных уровнях управления.

Необходимость учета мегатрендов при формировании прогнозной структуры ТЭБ на горизонте более 10 лет по мнению автора обусловлена:

- неоднородностью и временной неопределенностью действия мегатрендов. Мегатренды действуют с разной скоростью и через различные системы, а это означает, что без опережающего планирования адаптационные меры либо будут запаздывать, либо могут оказаться фрагментарными. В данном аспекте разработка планов, направленных на обеспечение прогнозной структуры ТЭБ на основе программно-целевого подхода, позволит синхронизировать кратко-, средне- и долгосрочные программные меры, сгладить временные разрывы между инвестициями и ожидаемыми эффектами [266];

- высокой степенью неопределенности и необходимостью сценарной готовности. Вероятностный характер трендов требует не единственного прогноза, а набора сценариев с четко определенными индикаторами для корректировки стратегий всеми акторами, находящимися в контуре управления ТЭБ. Программы с целевыми индикаторами и механизмами пересмотра обеспечивают адаптивность и механизмы быстрого реагирования при фактической реализации альтернативных траекторий развития в области энергетики, окружающей среды, социальной сферы, геополитики, технического прогресса, глобальных экономических процессов, а также в области демографии;

- межсекторным и региональным характером воздействия мегатрендов. ТЭБ интегрирует ресурсы, инфраструктуру, рынок и социальную сферу, что предопределяет разработку координирующих мер как по горизонтали, так и по вертикали. Программно-целевой подход позволит задействовать институциональные механизмы координации, распределения ответственности и

источников финансирования между федеральным, региональным и муниципальным уровнями;

- необходимостью мобилизации технологического развития и финансирования. Форсайт-ориентированные целевые программы объединяют дорожные карты по НИОКР, стимулы для раннего внедрения и механизмы доступа к «зеленым» технологиям, что ускоряет достижение целевых показателей по доле ВИЭ, накопителей и низкоуглеродных носителей.

Таким образом, программно-целевое планирование с учетом сложившихся и формирующихся мегатрендов обеспечивает проактивный учет неопределенных мегатрендов в управляемые политики и инвестиционные траектории, необходимые для достижения прогнозной структуры ТЭБ. Откладывание разработки таких планов увеличивает риск несоответствия инфраструктурных и технологических возможностей целям декарбонизации, энергетической безопасности и экономической эффективности.

Составление прогнозных ТЭБ на долгосрочную перспективу должно ориентироваться не только на продление выявленных тенденций в происходящих изменениях в отдельных его составляющих, структурных сдвигах, но в большей степени учитывать возможности приращения в области научных достижений, которые могут оказать существенное влияние на изменение основных характеристик баланса, и в первую очередь в энергоемких подсистемах и элементах. Тем самым будет достигаться желаемое состояние структуры ТЭБ в определенный временной период, проработанный и обоснованный за счет осуществления активных слаженных действий со стороны всех уровней управления по изменению ситуации в краткосрочном периоде посредством реализации соответствующих целевых программ. Основным инструментом в описании желаемого состояния ТЭБ и активных действий, которые должны быть предприняты, в настоящее время может стать форсайт технология.

Форсайт в основном используется в долгосрочном прогнозировании развития крупных социально – экономических систем на макроэкономическом

уровне [201], однако, данную методологию возможно использовать как в поисковых, так и в целевых прогнозах.

Впервые термин «foresight» употребил известный писатель Герберг Уэллс в 1930г. Выступая на BBC, он сделал предложение о целесообразности создания особой специальности – «профессор предвидения». Основной задачей которого будет являться анализ и поиск практического использования будущих технологических открытий [72].

Форсайт – систематическая всесторонняя оценка долгосрочной перспективы развития общества, экономической системы, а также получения инновационных достижений в области технологий и научно-исследовательской сфере. Целью проведения такой оценки, реализуемой преимущественно в проектной форме, является определение стратегического видения долгосрочного развития крупных систем, оказывающих существенное влияние на уровень социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом, укрепления их экономической и энергетической безопасности.

В российской практике накоплен опыт по использованию форсайта [245] при разработке долгосрочного прогноза социально-экономического развития РФ на период до 18 лет, что отражено в утвержденных методических рекомендациях [229]. «Метод Форсайта ориентирован на получение экспертной (общественной или профессиональной групп) оценки возможных сценариев состояния объекта исследования в будущем, и рекомендаций по программным шагам для достижения целевого состояния объекта («дорожных карт»). Метод Форсайта – синтетический экспертный метод, объединяющий прогнозирование с программно-целевым подходом. В государственном долгосрочном прогнозировании целесообразно применение форсайт-технологии при разработке прогнозов технологического и инновационного развития отраслей» [53, 229].

С целью всестороннего раскрытия понятия «форсайт» целесообразно рассмотреть различные его определения, которые в систематизированном виде отражены в работе Г. А. Афанасьева [75, 76].

Форсайт — это процесс, основной целью которого является обеспечение повышения качества и эффективности принимаемых управленческих решений в настоящий момент времени с выстраиванием соответствующей координации совместных действий по их реализации, опирающийся на совместно построенный экспертами образ будущего развития системы в среднесрочном и долгосрочном периодах. Последнее отражает непосредственно суть форсайта (FOREN Guide).

Форсайт — это попытки экспертов, осуществляемые на системной основе, описать достаточно долгосрочное будущее научной и технологической сферы, а также экономики и общества в целом с целью обеспечения интенсивного совместного и гармоничного развития и общества, экономики и окружающей среды (Asia-Pacific Economic Cooperation — Center for Technology Foresight).

Форсайт — представляет собой деятельность человека, которая осуществлялась и ранее, но в настоящее время получила большую популярность и формализацию процесса ее реализации, подкрепленную развитием теоретико-методических основ для описания последствий долгосрочного характера от принимаемых управленческих решений в области развития науки и технологий. Областью применения результатов Форсайта является разработка стратегий и долгосрочных планов развития стран, регионов и других видов территориального образования (Technology and Innovation Foresight for Bulgaria and Romania — ForeTech).

Если более коротко говорить о Форсайте, то это размышления ученых и экспертов относительно будущего и воздействий на него осуществляемые на системной основе (Australian Center for Innovation).

Форсайт также можно отнести и к методам экспертных оценок, так как основными участниками форсайт сессий являются эксперты различных областей. Их совместная деятельность направлена на оценку стратегических направлений социально-экономического и инновационного развития, выявления технологических прорывов, способных оказать воздействие на экономику и общество в средне- и долгосрочной перспективе (UNIDO).

Позиция американского исследователя *Б. Мартина* (University of Sussex): говорит о том, что «Форсайт — это систематические попытки оценить долгосрочные

перспективы науки, технологий, экономики и общества, чтобы определить стратегические направления исследований и новые технологии, способные принести наибольшие социально-экономические блага» [41].

Форсайт несколько отличается от классического, но в то же время имеет общие фрагментарные технологические и методические аспекты, а именно [196]:

- используется накопленный в прошлом опыт для выявления устойчивых тенденций и трендов, а также позволяющий выявлять факторы, оказывающие наиболее сильное влияние на прогнозируемую систему;

- в качестве методов прогнозирования будущего состояния систем могут использоваться одни и те же экспертные методы, например метод Дельфи, сценарный подход, метод мозгового штурма, экспертные панели или фокус группы;

- выявляются технологии критической направленности.

К базовым основополагающим принципам Форсайта можно отнести то, что [262]:

- развитие системы в будущем периоде зависит непосредственно от усилий, прилагаемых в настоящее время и реализуемых, например, посредством целевых программ, поэтому будущее состояние системы возможно не только смоделировать, но и практически создать за счет активных действий;

- развитие будущей системы многовариантно и поэтому целесообразно смоделировать их некоторое множество, формализовать в виде сценариев развития событий с четким определением сценарных параметров. Это же позволяет говорить о том, что будущее состояние системы не есть простое продление тенденций, выявленных в прошлых периодах, а значит оно зависит от конкретных решений, принимаемых на различных уровнях управленческой иерархии;

- будущее развитие системы может быть спрогнозировано с определенной долей вероятности, со 100% достоверностью предсказать поведение системы не представляется возможным. Однако, к желаемому будущему состоянию системы можно подготовиться заранее.

Одной из важнейших особенностей прогнозирования на основе форсайт технологии является то, что, формируя прогноз в достаточно отдаленном будущем

существует возможность учета не только вероятных событий и отражение их в соответствующих вариантах сценариев, но и событий, которые вообще маловероятно, что произойдут. Систематизированное представление последних получило название «дикие карты», и именно они могут оказать существенное влияние на изменение исследуемой системы в достаточно долгосрочном будущем периоде.

Вариантом работы с «дикими картами» является, например, Emerging Issues Analysis — методология поиска тех крупинок изменений в настоящем, которые в будущем способны повлиять на развитие событий [262].

Форсайт технология используется для решения достаточно глобальных вопросов и привлечения большого количества участников: ученых, экспертов, представителей органов власти и крупных компаний и так далее. Сложность объекта прогнозирования предопределяет необходимость включения в исследование множества крупных систем (например, решая задачи повышения эффективности управления ТЭБ могут быть задействованы в форсайт – сессии представители множества смежных отраслей в системе «ТЭК – народное хозяйство»). А это значит, что необходимо особое внимание уделить поиску консенсуса между важнейшими стратегическими направлениями развития системы. Для этого должен быть выстроен эффективный диалог между всеми участниками данного процесса.

Мониторинг технологических и мировых тенденций в области управления ТЭБ, снижения энергоемкости ВВП (ВРП), обеспечения энергетической безопасности может быть встроен в форсайт технологию. Полученные результаты будут оказывать существенное влияние на все обозначенные подсистемы и на построение всей государственной политики в разноаспектном плане.

Для успешной реализации форсайт технологии при решении глобальных проблем и задач на уровне государства и отдельных регионов необходимо создание экспертного сообщества, которому будет по силам и в профессиональном, и в личностном плане участвовать в форсайт сессиях и формировать гипотетические картины прогрессивного развития исследуемой системы «ТЭК – народное

хозяйство», а также разрабатывать меры, реализация которых сможет вывести гипотетические образы из прогнозной плоскости в реальную.

Полноформатная реализация форсайт технологии предполагает использование более 20 методик, основными из которых являются:

- классический обзор и анализ научных публикаций по теме исследования, а также других различных публикаций на прямую или косвенно относящихся к теме исследования;

- панель экспертов, предполагающая опрос экспертов по теме исследования через равные промежутки времени;

- метод сценариев, предполагающий многовариантное представление развития исследуемой системы в прогнозном периоде в зависимости от изменения сценарных параметров [73];

- мастерские будущего, представляющие технологию совместной работы группы экспертов по формированию картины будущего развития системы, разработке решений проблем различного масштаба;

- метод мозговой атаки или мозгового штурма, предполагающий поиск нестандартных решений обозначенных проблем или задач по обеспечению устойчивого поступательного развития исследуемой системы или достижения долгосрочных целевых ориентиров;

- метод экстраполяции, позволяющий включать в область исследований накопленный в прошлом опыт о поведении системы, выявлять тенденции, сложившиеся в ретроспективном периоде и продлять их на краткосрочную перспективу;

- метод интервью, предполагающий обосновывать прогнозное состояние системы посредством устных опросов группы экспертов, что позволяет достаточно быстро получить необходимую информацию о будущем и осветить объект исследования, хотя и поверхностно, без детальной проработки существа вопроса;

- анализ мегатрендов, позволяющий вписывать гипотетические картины будущего состояния объекта исследования в существующие или формирующиеся глобальные мегатренды, затрагивающие деятельность всего мирового сообщества.



На рисунке 2.17 представлена комбинация ключевых форсайт – методик по данным Global foresight outlook [31, 123].

Например, «влияние глобальных мегатрендов на нефтехимическую отрасль России до 2030 г.: взгляд руководителей нефтехимических компаний:

- 77 % представителей российских компаний выделили мегатренд «Смена регионального баланса сил» как наиболее важный;

- 69 % представителей российских компаний не считают ограниченность природных ресурсов важным для России мегатрендом;

- 54 % представителей российских компаний отмечают наибольшее влияние инноваций и технологических прорывов» [197].

При использовании форсайт – технологии происходит совмещение экспертно-концептуальной работы экспертного состава с продвижением полученных результатов относительно будущего состояния исследуемой системы в практику реальной деятельности. Это объясняет тот факт, что при использовании данной технологии отсутствуют строгие рекомендации относительно используемых методов, однако могут быть выделены наиболее часто встречающиеся комбинации использования различных методов, которые в формализованном виде отражены на рис. 2.17.



Рисунок 2.17 – Комбинации ключевых форсайт – методик

(по данным Global foresight outlook 2007 [31]) (начало)

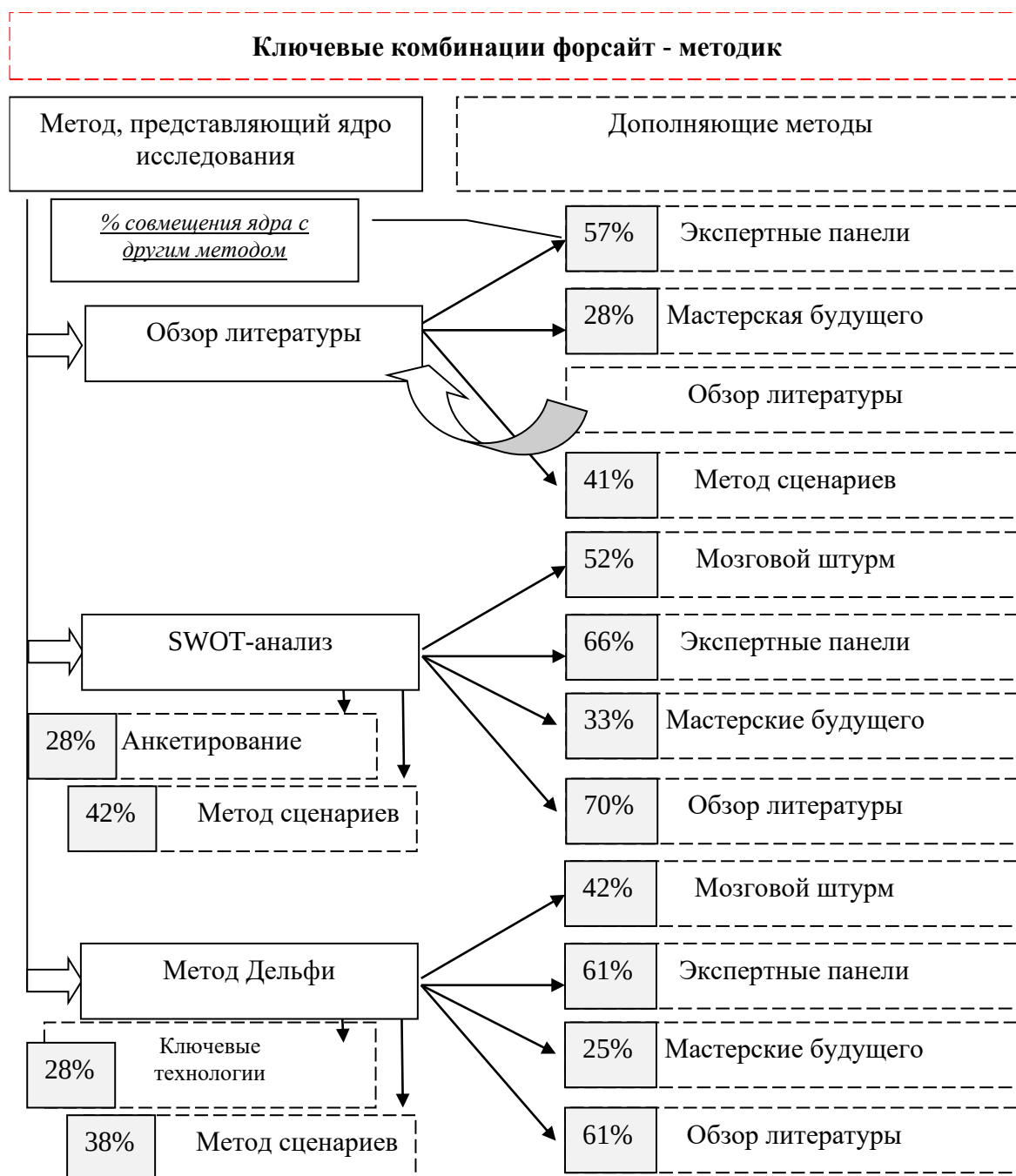


Рисунок 2.17 – Комбинации ключевых форсайт – методик  
(по данным Global foresight outlook 2007) (окончание)

Реализация форсайт сессий завершается разработкой дорожных карт, которые представляют собой документ официально утвержденный, включающий различные вероятные пути достижения обозначенного будущего состояния системы исследования. Именно дорожные карты становятся основой для формирования долгосрочных приоритетов в той или иной сфере деятельности,

отрасли промышленности или государства в целом. Разработка стратегии развития государства и отдельных подсистем, постановка целей, принятие управленческих решений государственного или регионального значения, координация всех сфер деятельности общества осуществляется на основании обозначенных выше документов.

Базовым методом, используемым в большинстве форсайт-проектов, является метод экспертных панелей. Реализация данного метода предполагает формирование группы экспертов из 12–20 человек, ориентированных на обдумывание и проработку различных вариантов будущего поведения системы согласно обозначенной тематике исследования в течение нескольких месяцев. Их деятельность практически ничем в методическом плане не ограничивается, приветствуется использование современных информационных и аналитических технологий для обоснования выводов и результатов.

Реализуемый процесс в рамках метода экспертных панелей является достаточно открытым для большого количества людей, что является непосредственно его преимуществом и особенностью в сравнении с другими методами. Преимуществом является также и тот факт, что обеспечивается системное и комплексное взаимодействие представителей различных сфер деятельности, управленческой и властной иерархии.

Еще одним эффективным методом, встроенным в форсайт технологию, является дорожное картирование, предложенное в конце 70-х годов прошлого века компанией Motorola. Область практического его применения сводится к разработке стратегий развития крупных компаний или отдельных отраслей на долгосрочный период.

Основой данного метода является разработка детальных планов для основных составляющих бизнеса, если речь идет о его применении на уровне компании или различных подсистем, входящих или взаимодействующих с той или иной отраслью. При этом внимание концентрируется не только на производственной составляющей бизнеса или развития отрасли, но и на финансовых аспектах, рыночных компонентах, инфраструктуре и так далее.

Достижение согласованного видения долгосрочного развития системы и его подсистем является основным преимуществом дорожного картирования.

Методические основы форсайт –сессий постоянно развиваются, дополняются, находятся новые более эффективные методические комбинации, обусловленные влиянием большого количества различных факторов, которые могут выступать и как ограничения. К последним целесообразно отнести информационные, ресурсные ограничения, а также временные. Данное развитие позволяет обеспечить более эффективную работу все состава экспертов и получить лучшие результаты в отношении долгосрочного видения функционирования исследуемой системы<sup>6</sup>.

Реализация Форсайта в полноформатном виде позволяет реализовать концепцию триединства таких направлений деятельности, как:

- проведение долгосрочных исследований будущего развития систем, входящих в широкомасштабный перспективный анализ, осуществляется с акцентом на выявление альтернативных вариантов будущего развития систем и ухода от представления инвариантного прогноза;
- комплексное планирование деятельности долгосрочного характера на основе стратегического анализа, обозначения ключевых приоритетов;
- выстраивание эффективных, разноплановых коммуникаций, а также создание сетей, позволяющих включить в аналитическую работу большого количества информационных источников, что в свою очередь позволит обеспечить участие всех заинтересованных лиц в обсуждении и принятии управленческих решений, направленных на формирование желаемого будущего состояния системы.

В рамках каждого из обозначенных направлений действий как правило используется свой набор методов от широко используемых до

---

<sup>6</sup> «Подготовка и распространение научных, методических, образовательных, статистических, аналитических и информационных материалов по методологии Форсайт, обзоров зарубежного опыта Форсайт-проектов осуществляется Международным научно-образовательным Форсайт – центром. Центр создан в 2006 г. в рамках реализации Инновационной образовательной программы НИУ ВШЭ как структурное подразделение Института статистических исследований и экономики знаний в связи с возросшим интересом к проблемам средне- и долгосрочного прогнозирования экономического и социального развития с использованием методологии Форсайта».

узкоспециализированных и редко встречающихся в аналитической практике.

В силу того, что Форсайт представляет собой систематический процесс, включающий непрерывный анализ эффективности разработок и мониторинг возникающих новых возможностей для развития системы, то первые 6 стадий образуют замкнутый контур, которому присущи характеристики цикличности. Седьмая стадия отражает коммуникационные процессы, раскрывает взаимодействие между всеми участниками процесса (рис.2.18) [284].

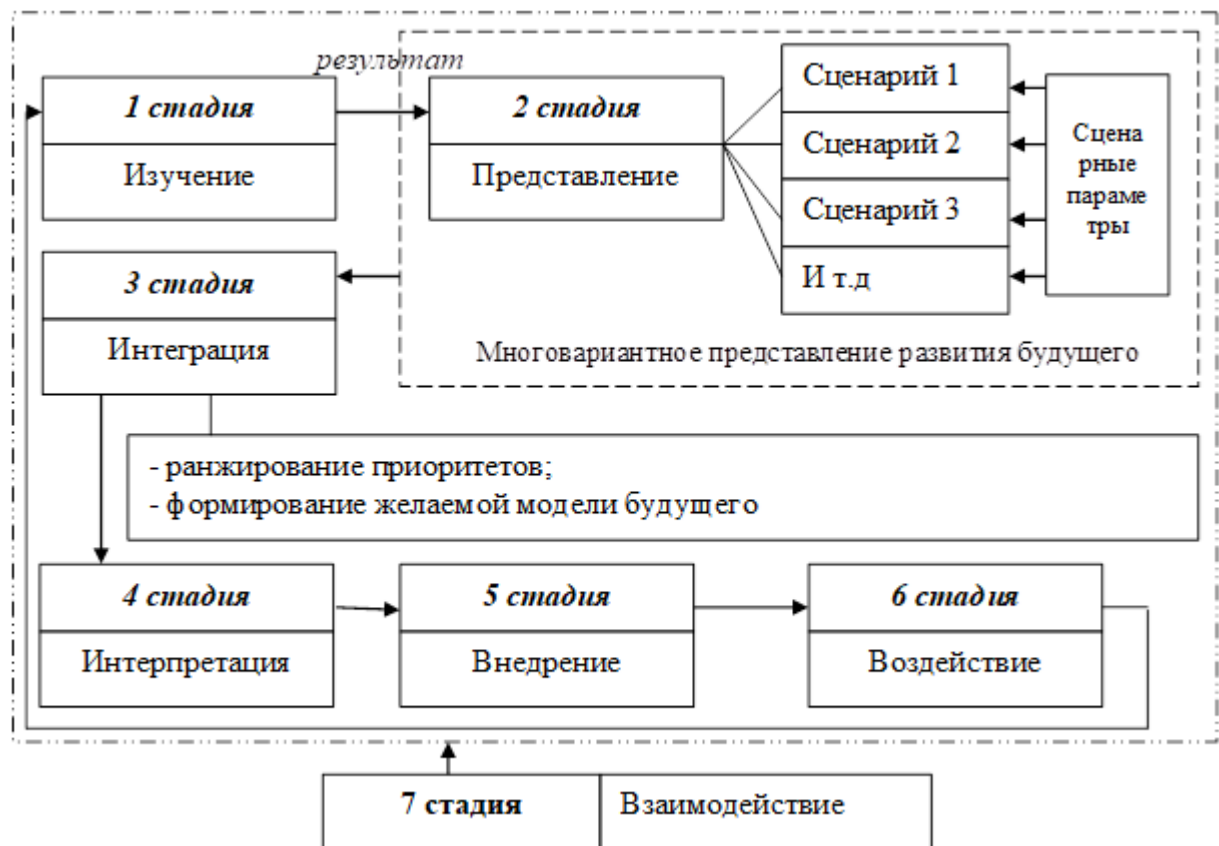


Рисунок 2.18 – Циклическое контурное представление основных стадий проведения системного Форсайта

Среди основных методов проведения Форсайта выделяют следующие.

*Метод Дельфи* представляет собой технологию сбора мнений экспертов, которая достаточно эффективна при формировании долгосрочных прогнозов, затрагивающих вопросы технологического развития на длительный прогнозный период, что органически вписывается в концепцию современного Форсайта. Данный метод начал свою эволюцию с момента его разработки в 1953 году

Гордоном и Хелмером в RAND Corp. В настоящее время он имеет ряд разновидностей и модификаций. Центральной идеей метода является проведение опроса большой группы экспертов посредством анкетирования. Все коммуникации между организаторами экспертного оценивания и непосредственно самими экспертами строятся на работе с опросником, его обработке и получении обратной связи от экспертов в случае высказывания крайних точек зрения по исследуемому вопросу. Метод позволяет осуществлять поиск решений для достаточно глобальных и комплексных проблем, к которым можно отнести и проблемы, связанные с управлением структурой прогнозного ТЭБ и придания ему определенных динамических характеристик.

Реализация данного метода позволяет определить большое число важных характеристик изменения объекта исследования и факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на эти изменения, а также вероятность их появления, возможные последствия от потенциальных и реально принимаемых управленческих решений.

Использование метода Дельфи оправдано в Форсайт технологии в силу того, что варианты будущего состояния исследуемой системы строятся в условиях крайне ограниченного числа количественных данных, высокой доли неопределенности. Специфика метода Дельфи позволяет выделить ряд особенностей его практического применения в контексте повышения эффективности управления ТЭБ и перевода его в действенный инструмент обеспечения энергетической безопасности, а именно:

1. При решении проблем управления ТЭБ привлеченные эксперты осуществляют индивидуальную экспертную работу в рамках обозначенной проблемы, работают с предоставленными анкетами и обосновывают свою точку зрения по вариантам развития объекта исследования в будущем, а также набору конкретных мер и целевых программ, которые должны быть в приоритете на сегодняшний день на разных уровнях управленческой иерархии и которые реально могут привести систему к желаемому состоянию в будущем. Таким образом наблюдается отсутствие коллективного обсуждения проблемы. Полученные

результаты эффективно используются на более поздних стадиях (этапах) Форсайт прогнозирования.

2. За счет многоуровневой процедуры опросов повышается точность экспертного оценивания относительно будущего развития системы управления структурной трансформацией прогнозного ТЭБ и отдельных отраслей промышленности, оказывающих существенное влияние на него. Проверка согласованности мнений экспертов на сегодняшний день с развитием информационных технологий и автоматизацией вспомогательных аналитических процедур проводится достаточно точно и оперативно.

3. Организация информационного обмена между экспертным сообществом и региональными структурами, отвечающими за формирование ТЭБ, а также структурой формирующей сводный ТЭБ на уровне государства на всех турах экспертного оценивания, что также возможно посредством создания специализированного портала, на котором отражается оперативная информация полученных результатов после каждого тура опроса и каждый участник процесса информационного обмена может анонимно высказать свою точку зрения или задать какой либо уточняющий вопрос. Адресность экспертов доступна будет только организаторам процесса экспертного оценивания. Достаточно значимым вопросом в данном случае будет являться скорость обмена информацией и анонимность, которая не позволит привести к искажению экспертных точек зрения за счет влияния более весомых и значимых экспертов.

Если рассматривать поиск решений технических вопросов, направленных на обеспечение снижения энергоемкости различных процессов, которые в дальнейшем внесут свой вклад в структуру ТЭБ, то наиболее привлекательным из существующих разновидностей метода Дельфи для целей формирования прогнозных ТЭБ является модификация System for Event Evaluation and Review (SEER) – система оценки и обзора события [284]. Данная модификация предусматривает проведение экспертного оценивания в два тура, но с привлечением разных групп экспертов. Так, в первом туре участвуют эксперты, которые всесторонне владеют информацией в области технических решений и

возможностей, направленных на снижение энергоемкости. Это могут быть ученые, а также представители компаний – производителей. Данная группа экспертов обладает не только теоретическими знаниями, но и большим практическим опытом поиска и внедрения технических решений в области энерго и ресурсосбережения. Именно данная группа экспертов может спрогнозировать наиболее точно период появления принципиально новых энергосберегающих технологий. Для обработки больших информационных массивов на данном этапе целесообразно использовать специальный математический аппарат.

В качестве экспертов, привлекаемых для работы во втором туре, во-первых, приглашаются специалисты в области информационных технологий, что достаточно актуально в условиях реализации тренда глобальной цифровизации различных технико-технологических процессов, в том числе и в области энерго и ресурсосбережения. Во-вторых, высококвалифицированные специалисты – отраслевые, выполняющие различные управленческие функции и способные придать практическую реализацию потенциально разработанным в ходе экспертного оценивания решениям.

Целесообразность использования данного метода возрастает по мере сложности объекта исследования, что и обуславливает его потенциальную эффективность для формирования прогнозных региональных ТЭБ и сводных, на уровне страны. Он позволяет осуществлять опережающую работу по техническому развитию в области энерго и ресурсосбережения.

Принципиальное отличие от базового метода «Дельфи» заключается в том, что и в первом, и во втором туре эксперты анализируют обозначенные перед ними вопросы или задачи в случае получения ответов, выходящих за диапазон средних, полученных от большинства экспертов.

Эксперты, участвующие в первом туре, формируют список относительно потенциально возможных достижений в области энерго и ресурсосбережения. Здесь же они определяют вероятность наступления каждого достижения и его значимость для конечного потребителя и степень влияния на отдельные составляющие ТЭБ. При этом прогнозируются возможные временные периоды или



определяются точечные значения появления новых технических решений. Как правило формируется три временных варианта, соответствующих трем сценариям развития событий: оптимистическому, пессимистическому и наиболее вероятному. Помимо этого, в рамках первого тура происходит соотнесение обозначенных потенциальных новых вариантов технико-технологических решений с экономическими возможностями крупных отраслевых компаний или региона.

Основной задачей работы экспертов в рамках второго тура является проведение более детальной оценки и критического анализа результатов, полученных в первом туре, определение взаимовлияния сделанных предложений, возможности их комплексного влияния на решение основного вопроса или задачи. В заключении данного тура происходит корректировка и уточнение прогноза, на основании которого в дальнейшем будут определяться целевые ориентиры для различных энергоемких подсистем, влияющих на ТЭБ. В целом же второй тур носит нормативный характер и является основой для формирования более детальных программно-целевых планов на краткосрочный и среднесрочный периоды.

Рассмотрим некоторые теоретико-методические основы регулирования деятельности нефтегазодобывающих структур, непосредственно участвующих в формировании ТЭБ через призму Форсайта. Для обеспечения долгосрочного устойчивого развития нефтегазодобывающим структурам необходимо осуществлять непрерывное прогнозирование и выявление долгосрочных трендов в области научных достижений с тем, чтобы уже сегодня осуществлять финансирование инновационных, научно-исследовательских проектов, направленных на получение новых технологий, позволяющих снизить влияние негативных факторов, таких как рост доли трудноизвлекаемых запасов, рост обводненности нефти и так далее. Таким образом, ведение эффективной политики в области устойчивого развития за счет создания новых современных, инновационных, прорывных технологий основывается на глубоком анализе достижений науки и техники в данной сфере с целью поиска оптимальных технологий и технических решений.

В настоящее время именно научно-техническое развитие является определяющим фактором экономической стабильности и развития нефтегазодобывающих структур, их конкурентоспособности на мировом рынке.

Рассматривая вопросы обеспечения устойчивого развития для нефтегазодобывающих компаний необходимо рассмотреть потенциально возможные тренды среднесрочного и долгосрочного периода как в области состояния минерально-сырьевой базы, так и в области возможного технологического прорыва или прироста радикальных инноваций в нефтегазодобывающей отрасли. Все это даст целостное представление научно обоснованной гипотетической картины ее технологического развития в будущем.

Использование технологического прогнозирования на основе Форсайта обеспечивает новое качество данных и позволяет предвосхищать радикальные угрозы для отрасли, «подрывные» технологии и инновационные бизнес-модели. Форсайт как совокупность поэтапных обсуждений стратегических вызовов и приоритетов компании с участием руководителей всех уровней и подразделений, внешних экспертов и консультантов предлагает независимую оценку тех или иных тенденций. В целом корпоративный Форсайт повышает эффективность традиционного механизма стратегического управления крупнейших корпораций в условиях растущей нестабильности, т. е. дополняет его системой раннего обнаружения признаков грядущих изменений бизнес-среды для своевременной адаптации к ним.

Накопленный практический опыт проведения Форсайта на корпоративном уровне и полученных результатах чаще всего представляют собой закрытую информацию. Однако, как отмечено в работе Березного А., целый ряд эмпирических исследований последних лет раскрывают технологию стратегического прогнозирования крупнейших игроков ключевых отраслей мировой экономики. Эти работы демонстрируют, с одной стороны, сходство базовых принципов реализации Форсайта, с другой — значительную отраслевую, а иногда и внутрикорпоративную специфику. Сходства проявляются, прежде всего, в делегировании соответствующих функций в масштабах компании, в общей

логике самого процесса корпоративного Форсайта (последовательность базовых этапов) и наборе применяемых методов. Сегодня все большее число крупнейших нефтяных компаний, транснациональных компаний создают специальные подразделения в составе головных офисов, курирующие Форсайт-исследования.

Таким образом, объединяясь, отраслевые эксперты в Форсайт – сессиях реализуют основной принцип данной технологии – кооперирование. Именно Форсайт – технология выступает не только в качестве инструмента прогнозирования, но и обеспечивает достижение синергического эффекта от взаимодействия экспертов, что непосредственно повышает точность прогнозов относительно будущих долгосрочных горизонтов развития ТЭК.

Анализ данных, публикуемых в открытой печати и на официальных сайтах нефтяных компаний, позволяет сделать вывод о достаточно активном обсуждении практического использования Форсайта для формирования и обеспечения траектории устойчивого развития за счет активного поиска и внедрения технологических решений в операционную деятельность, что может отразиться в структуре ТЭБ за счет изменений в модулях «Прогнозная производственно-финансовая программа отраслей ТЭК», «Прогноз финансового состояния отраслей и компаний ТЭК», подсистема «Нефтегазовой комплекс», выделенных в «модельно-информационном комплексе SCANNER» (приложение М), разработанном ИНЭИ РАН и «призванном обеспечить системную оценку эффективности и рисков реализации различных стратегий развития энергетики» [174, 188].

Выявление сложившихся тенденций, прослеживающихся во взаимосвязи различных секторов ТЭК, а также секторов ТЭК и конечных потребителей продукции является результатом глубокого и всестороннего ретроспективного анализа. Он позволяет также диагностировать узкие места в обеспечении энергобезопасности региона. Фактические балансы, формирующиеся в отчетных периодах, являются базой для верификации балансов, составленных в следующих периодах и основой для формирования прогнозных ТЭБ.

«Для того, чтобы понимать, каким образом сейчас работает российская энергетическая система, нужно обладать полноценной информацией. Фактически ТЭБ являются важнейшим источником данных на всех уровнях власти», - сказал эксперт Аналитического центра Александр Курдин, открывая круглый стол «Формирование топливно-энергетических балансов России и регионов» [232].

Составление и анализ ТЭБ связаны с переработкой большого количества информации статистического, производственного и коммунального характера. В связи с этим компьютерная поддержка этого процесса позволит ускорить, контролировать, корректировать, сохранять, обновлять содержание. Разработка математической модели ТЭБ представляется целесообразной. Наличие полноценной модели ТЭБ позволит [86]:

- ускорить составление баланса;
- обеспечить автоматическую проверку элементов баланса;
- получить сведения о текущем потреблении;
- ускорить составление прогноза потребления;
- осуществить оценку потенциала энергосбережения;
- оценить эффективность энергопотребления.

По мнению директора ИНЭИ РАН Сергея Филиппова: «Основная проблема разработки ТЭБ – неполнота и низкое качество статистической информации. «Здесь требуется разработка общепринятой методики до счета», — считает эксперт. — Также отсутствует согласованная система федерального и территориальных ТЭБ». Отмечается, что достижение согласованности прогнозных ТЭБ страны и регионов возможно при условии создания социально-экономической основы, а именно разработке качественных прогнозов социально-экономического развития страны и регионов. Еще одну сложность для отрасли специалист видит в недостатках нормативного регулирования разработки системы ТЭБ [232].

ТЭБ формируется на основе форм статистической отчетности Росстата. В приложении Ж представлены основные формы, которые необходимы для формирования отчетного ТЭБ, а также раскрыта краткая их характеристика. Однако, ряд экспертов считает, что использование форм статистической

отчетности для формирования ТЭБ приведет к искажению и снижению его достоверности.

По мнению Ю.Ф. Тихоненко, руководителя департамента проектов и программ ОАО «Арtpол инжиниринг» ТЭБ, основанный на неполноценной, да к тому же не всегда достоверной информации, не может служить инструментом для руководства к действию. К тому же региональный ТЭБ за предыдущий год появляется не раньше сентября текущего года. Слишком запоздалый документ для оценки текущего состояния в энергообеспечении и малопригодный для разработки на его основе перспективных ТЭБ. Помимо этого, ТЭБ разрабатывается как информационный материал для Министерства энергетики РФ, а не как основополагающий документ для энергетического планирования на местах. Занижая роль ТЭБ, девальвируется их значимость, поэтому и их разработка вполне допустима на основе форм статистической отчетности [348].

Для того, чтобы ТЭБ был действительно основой формирования энергетической стратегии региона, он должен быть абсолютно достоверным. Для этого необходимо обеспечить:

- ведение полного реестра источников энергии;
- достоверность информации о возможных объемах импорта (экспорта) энергоресурсов от источников как внутри территориального образования, так и за пределами территорий;
- ведение полного реестра потребителей энергоресурсов;
- сбор, систематизация информации о производстве и потреблении энергоресурсов в режиме текущего времени;
- разработкой ТЭБ должна заниматься одна специализированная организация (по регионам), входящая в структуру регионального министерства энергетики, так как ТЭБ, если он действительно будет использоваться в качестве инструмента для анализа, то он должен постоянно корректироваться в зависимости от меняющейся ситуации.

Разработка ТЭБ должна быть законодательно закреплена, а ТЭБ должен иметь статус обязательного документа, не для статистики, а именно для

руководства на региональном и муниципальном уровнях. Закон должен регламентировать сбор и передачу необходимой информации непосредственно с первичных средств учета в единую базу данных, порядок разработки ТЭБ по единой методологии.

На сегодняшний день различные подсистемы, участвующие в формировании ТЭБ накапливают и обновляют разрозненные данные по отдельным его составляющим. Негативной стороной сложившейся ситуации является наличие двойного учета отдельных данных по потребляемым ресурсам, отсутствие согласованной единой классификации потребителей ресурсов и мониторинга спроса на отдельные виды ТЭР, что нарушает стабильность в определении возможного объема, позволяющего удовлетворить потребности потребителей.

Отчетные документы зачастую не позволяют получить целостное представление о балансе рассматриваемой территории, что обусловлено либо сложностью доступа к имеющимся данным, либо их разрозненным характером сбора и хранения. Такая ситуация в свою очередь снижает оперативность в подготовке и обосновании управленческих решений по достижению целевых показателей в области сохранения энергетической безопасности территории, а также снижает эффективность управления выделенными подсистемами, влияющими на ТЭБ, например снижает эффективность управления топливно-энергетическим комплексом в целом.

Накопленный опыт формирования ТЭБ в региональном аспекте в ИЭОПП СО РАН позволил разработать модели ТЭБ на основе мультиметодного подхода для нескольких субъектов Федерации Сибирского федерального округа (СФО). Преимуществом мультиметодного подхода является комбинирование различных источников информации для построения целостной глобальной модели. Эти источники могут быть ориентированы на использование статистической, аналитической информации, а также полученной от экспертов. В качестве особенностей разработанного и предлагаемого модельного инструментария необходимо отметить, что модель регионального ТЭБ «RegТЭБ» включает две подмодели.

Первая подмодель описывает ретроспективный период и называется «РетроТЭБ», а вторая прогнозный период и называется «Прог ТЭБ». Одновременная разработка многовариантных балансов основывается на использовании различных методик и опирается на единую информационную базу.

На рис. 2.19 представлены основные информационные составляющие модели РегТЭБ.

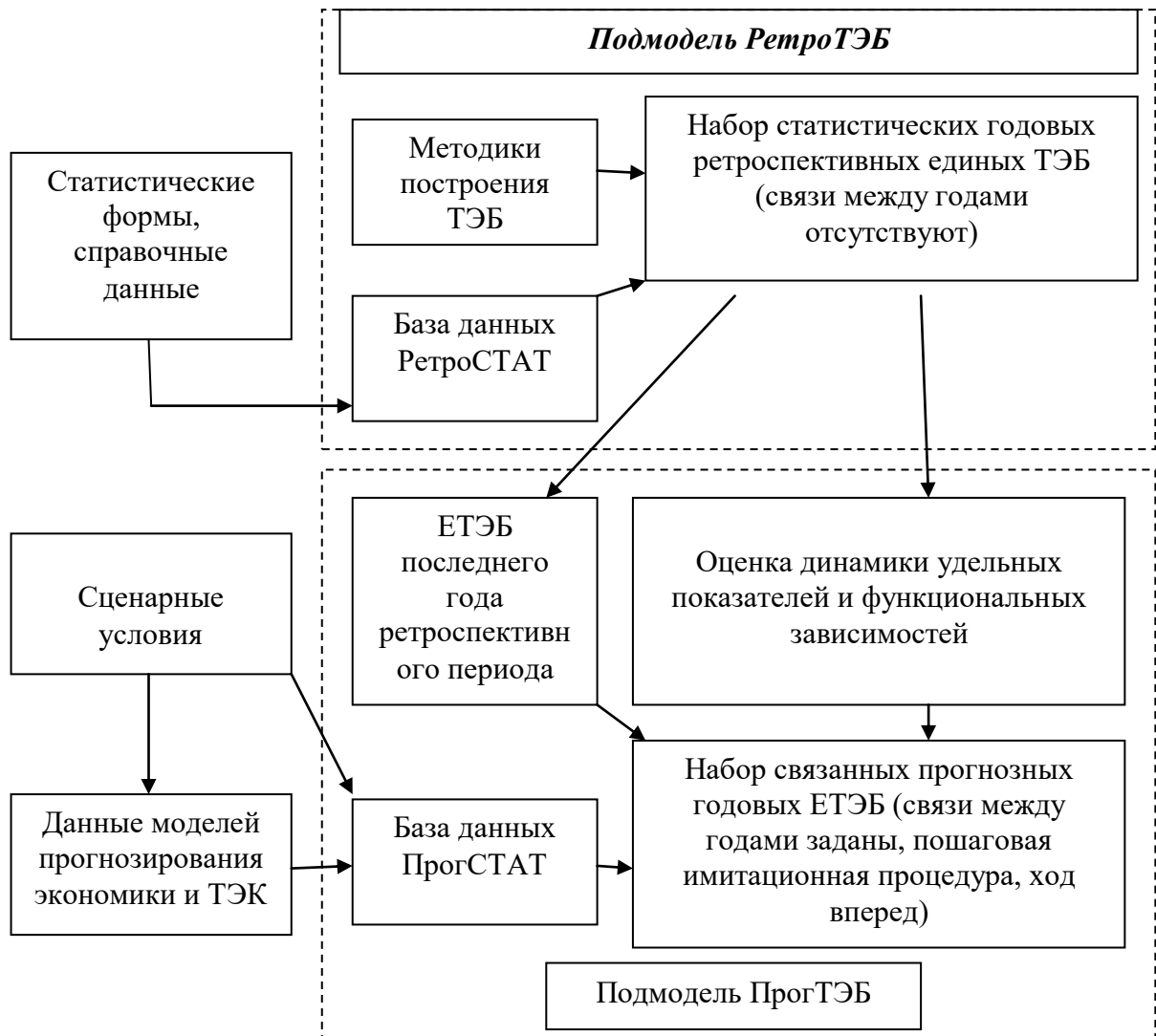


Рисунок 2.19 – Основные информационные составляющие модели РегТЭБ [211]

Таким образом, анализ исследований широкого круга ученых и экспертов, занимающихся вопросами информационного обеспечения процесса формирования ТЭБ, показал, что в настоящее время надежной и достоверной единой информационной базы на уровне государства нет. Все сводится к использованию

статистических форм. Это не обеспечивает возможность использования ТЭБ как полноценного инструмента для планирования государственных и региональных программ по управлению ТЭК, и как следствие энергетической безопасностью страны.

Целесообразно формирование единого цифрового информационного пространства для аккумулирования данных, необходимых для построения ТЭБ, с целью решения проблем информационного обеспечения и сложности получения первичных данных. Построение информационной системы возможно на основе унификации форм входной и выходной информации для всех пользователей, а также модульного принципа, что позволит развивать информационную систему в долгосрочном периоде и сделать ее гибким инструментом управления информационным пространством формирования фактических и прогнозных ТЭБ.

Встроенные механизмы интеллектуальной верификации и согласованности данных позволят избежать рассогласования региональных и сводных ТЭБ так как будут осуществлять сбор, интеграцию и обновление данных на уровне региона и на уровне государства с гарантией достоверности, масштабируемости и оперативной доступности для моделирования, планирования и мониторинга энергетической системы.

Данный подход позволит выстроить двухсторонний диалог через информационные потоки между региональными властями и энергетическими компаниями. Согласованность информационных потоков позволит регионам совместно с компаниями формировать и верифицировать итоговые программы и инвестиционные дорожные карты, направленные на достижение прогнозной структуры ТЭБ. Отсутствие эффективного диалога может привести к существенному снижению реальных инвестиций со стороны энергетических компаний и не хватке первичной энергии. Это не позволит регионам обеспечить выход на заданную прогнозную структуру ТЭБ, что приведет к невозможности удовлетворения в полном объеме конечного спроса на ТЭР и как следствие обеспечить достижение целей в области энергетической и национальной безопасности.



По мнению Ю.К. Шафраника структура ТЭБ определяет изменение структуры экономики [385]. С позиции авторской логики необходимо представить концептуальное осмысление «рациональной» и «оптимальной» структуры в контексте формирования ТЭБ. В научной литературе данный вопрос также освещается, например, рассматривается в работе О.Э. Кичигина [177]. Теоретико-методологические аспекты в контексте ТЭБ позволяют провести содержательную авторскую дифференциацию понятийного аппарата и выделить «Рациональная структура ТЭБ» и «Оптимальная структура ТЭБ»:

- *Рациональная прогнозная структура ТЭБ* – конфигурация ТЭБ, обеспечивающая сбалансированное удовлетворение текущих энергетических потребностей при минимальных издержках и соблюдении экологических ограничений.

- *Оптимальная прогнозная структура ТЭБ* – целевая (идеальная) модель ТЭБ, максимизирующая долгосрочную экономическую эффективность и устойчивость энергоснабжения в условиях заданных целевых ориентиров и сценарных параметров.

В таблице 2.16 представлен сравнительный анализ концептуального осмысления дихотомии «рациональной» и «оптимальной» структуры ТЭБ.

Таблица 2.16 – Сравнительный анализ концептуального осмысления «рациональной» и «оптимальной» структуры ТЭБ

| Аспекты сравнения           | Рациональная структура ТЭБ                                                         | Оптимальная структура ТЭБ                                             |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1                           | 2                                                                                  | 3                                                                     |
| Экономический               | Минимизация текущих затрат на энергоснабжение                                      | Достижение максимально возможной экономической отдачи                 |
| Технологический             | Реализуемость в текущих технологических условиях                                   | Ориентация на передовые технологии или технологии будущего            |
| Энергетическая безопасность | Обеспечение приемлемого уровня энергетической безопасности в текущем периоде       | Долгосрочная устойчивость высокого уровня энергетической безопасности |
| Экологическая безопасность  | Соблюдение нормативов по экологической безопасности                                | Обеспечение прогрессирующего уровня экологической безопасности        |
| Прочие                      | Приоритетность отдается обеспечению социальной приемлемости, проявляющейся в учете | Приоритетность отдается созданию условий для технологического прорыва |

Окончание таблицы 2.16

| 1                     | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | общественных ожиданий и социальных последствий (например, ярко выраженный тренд текущего момента на газификацию территорий в рамках увеличения доли газа в структуре ТЭБ)                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Научный               | <p>Соблюдение принципа <u>адаптивной достаточности</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• учет реальных производственных возможностей;</li> <li>• минимизация рисков дефицита энергоресурсов;</li> <li>• постепенная эволюция энергетического баланса;</li> <li>• баланс интересов различных акторов</li> </ul> | <p>Соблюдение принципа <u>целевой максимизации</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ориентация на долгосрочные стратегические цели;</li> <li>• активное формирование технологического задела всеми акторами в контуре «государство-компании ТЭК-смежные отрасли»;</li> <li>• приоритетность инновационных проектов и решений;</li> <li>• максимизация совокупного экономического эффекта</li> </ul> |
| Структурные изменения | Оптимизация структуры ТЭБ за счет реализации: оперативного регулирования тарифов, корректировок в объемах финансирования инвестиционных программ, мониторинга текущей эффективности [45].                                                                                                                                  | Трансформация структуры ТЭБ за счет реализации: стратегического планирования, стимулирования и активной государственной поддержки программ по опережающему технико-технологическому развитию                                                                                                                                                                                                                     |

*Источник: составлено автором*

Как отмечено в технической библиотеке [382] «Оптимизация ТЭБ состоит в определении наиболее рациональных путей обеспечения в течение заданного времени потребности экономики в топливе и энергии, при которых достигается минимум общественных трудовых затрат и создание необходимого задела для последующего развития энергетического хозяйства». Таким образом, эффективное управление ТЭБ предполагает последовательное движение от рациональной к оптимальной структуре через поэтапную трансформацию с учетом региональной специфики и стратегических приоритетов.

## Выводы по главе 2

В современных условиях развития системы «ТЭК-народное хозяйство» необходимости переосмысления роли прогнозного ТЭБ в системе стратегического

управления развитием ТЭК, цифровой трансформацией экономики и энергетической безопасности. ТЭБ не может рассматриваться исключительно как формальный статистический документ, фиксирующий состояние производства и потребления ТЭР. Его функциональное назначение существенно расширяется: прогнозный ТЭБ выступает инструментом согласования интересов государства, регионов, компаний ТЭК и смежных отраслей, а также механизмом оценки структурной сбалансированности энергетической системы и ее влияния на энергоемкость экономики. При этом ретроспективный анализ показал, что ослабление внимания к формированию сводного ТЭБ со стороны государства и отраслевых органов управления сопровождается снижением качества оценки структурных диспропорций и ограничивает возможности управления энергетической эффективностью на национальном и региональном уровнях.

Важнейшим выводом раздела является обоснование необходимости рассмотрения процесса формирования прогнозного ТЭБ как динамической, открытой и многокомпонентной системы, функционирующей на основе системного и программно-целевого подходов. Такой подход позволяет представить ТЭБ не как статический результат расчетов, а как управляемую систему, имеющую входные параметры, механизмы преобразования и выходные характеристики, связанные с достижением целевых ориентиров социально-экономического и энергетического развития. В этой логике формирование ТЭБ приобретает признаки программно-управляемого процесса, а оценка эффективности управления балансом закономерно сводится к многокритериальной задаче, в которой должны одновременно учитываться надежность энергоснабжения, экономическая эффективность, экологические ограничения, доступность ТЭР, межотраслевые взаимодействия и долгосрочная устойчивость структуры энергобаланса.

Развитие данного положения связано с выводом о целесообразности использования интегральных методов многокритериальной оценки при оптимизации структурной динамики ТЭБ. Предложение использовать метод «Эвклидово расстояние» позволяет методически решить задачу сопоставления фактической, рациональной и целевой структуры баланса, а также оценивать

степень приближения к оптимальной конфигурации ТЭБ. Тем самым формируется аналитическая основа для перехода к комплексному измерению качества структурных изменений в энергетической системе. Существенно, что данная логика согласуется с выводом о необходимости поэтапного перехода к оптимальной структуре ТЭБ, учитывающего региональную специфику, ограничения инфраструктуры и стратегические приоритеты развития.

Принципиально значимым результатом раздела является развитие концептуальных основ формирования прогнозного ТЭБ через уточнение его дефиниции и обоснование системы научных принципов формирования в условиях энергоперехода и цифровой трансформации экономики. Показано, что преодоление фрагментарности существующих трактовок требует системного, многомерного понимания ТЭБ, что потребовало уточнения дефиниции «Прогнозный ТЭБ» и обозначения авторской ее интерпретации. ТЭБ рассматривается автором как система, при формировании которой необходимо учитывать ряд базовых принципов, а именно цифрообусловленность, системность, надежность, адаптивность, вариативность, развитие, самоорганизация и структуризация. При этом ключевое место занимает принцип цифровой обусловленности, поскольку именно цифровизация становится не только инструментом повышения качества расчетов, но и самостоятельным фактором, влияющим на структуру спроса, параметры управления и характер межотраслевых взаимодействий в энергетической системе.

Цифровая трансформация создает для формирования прогнозного ТЭБ как новые возможности, так и новые ограничения. С одной стороны, цифровые технологии, включая искусственный интеллект, большие данные и платформенные решения, позволяют повысить качество расчетов, расширить сценарные возможности прогнозирования, обеспечить расчет эффектов от различных управленческих мер и усилить межотраслевую координацию. Это подтверждается и результатами контент-анализа зарубежной научной литературы, показавшего высокий интерес к методическим вопросам формирования прогнозного ТЭБ и наличие в значительной части публикаций аргументации в пользу использования

искусственного интеллекта на различных стадиях его построения. С другой стороны, сохраняется существенный разрыв между разработкой концептуальных моделей и их практической цифровой реализацией, что обусловлено проблемами сбора, консолидации, защищенности и доступности данных, а также различной степенью агрегации входящих в ТЭБ подсистем.

Не менее важным является вывод о необходимости учета мегатрендов и научно-технологических достижений при формировании долгосрочных прогнозных ТЭБ. Показано, что программно-целевое планирование должно опираться не только на анализ уже сложившихся тенденций, но и на выявление формирующихся технологических, экономических и институциональных изменений, способных трансформировать структуру энергобаланса. В этой связи долгосрочное прогнозирование ТЭБ должно учитывать потенциал научных достижений, особенно в энергоемких подсистемах, а также развивать инструменты форсайта как в поисковых, так и в целевых прогнозах. Это позволяет переводить мегатренды в плоскость инновационно-инвестиционных решений и инфраструктурных вариантов развития, необходимых для достижения целевой структуры ТЭБ. Игнорирование данного требования повышает риск несоответствия технологических и инфраструктурных возможностей задачам декарбонизации, экономической эффективности и энергетической безопасности.

Таким образом, прогнозный ТЭБ необходимо рассматривать как инструмент стратегического управления энергетическим развитием. Его формирование должно строиться на сочетании системного и программно-целевого подходов, учитывать принципы функционирования ТЭБ как кибернетической системы, опираться на цифровые технологии и искусственный интеллект, а также интегрировать в сценарное прогнозирование мегатренды научно-технологического и энергетического развития. В совокупности это создает концептуальную основу для перехода к прогнозному ТЭБ, ориентированному на обеспечение сбалансированного развития энергетики в условиях энергоперехода и цифровой трансформации экономики.

### **ГЛАВА 3 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГНОЗНОГО ТЭБ В СИСТЕМЕ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ**

#### **3.1 Алгоритм формирования прогнозного ТЭБ с высокими адаптивными и динамическими характеристиками**

Актуализированная потребность в трансформации ТЭБ в действенный инструмент обеспечения экономической безопасности страны предопределяет поиск путей развития методологии управления им как на уровне государства, так и на уровне отдельных субъектов. Рассматривая различные целевые ориентиры в изменении структуры прогнозного ТЭБ в условиях энергетического перехода и цифровой трансформации экономики важно обозначить, каким образом все участники процесса формирования ТЭБ могут способствовать обеспечению поступательного развития экономической системы и укреплению экономической и энергетической безопасности нашей страны. Одним из действенных инструментов управления в данном контексте является программно-целевой подход, который требует более детальной проработки при формировании современной методологии управления ТЭБ, опирающейся с одной стороны на накопленный научный опыт, а с другой на использование лучших инструментальных практик в области управления.

Смещая акценты при формировании ТЭБ в сторону динамического, гибкого и адаптивного инструмента управления топливно-энергетическим сектором экономики особую важность приобретают вопросы теоретико-методологического формирования его прогнозных форм. Решение данного вопроса видится в выделении в алгоритме формирования прогнозного ТЭБ системных контуров, в рамках которых балансы, с одной стороны, будут формироваться исходя из ретроспективного анализа накопленной статистической информации, реализуемых и принятых к реализации программных мер в ближайшие 10 лет. С другой стороны, если речь идет именно об управлении энергетической и экономической

безопасностью через прогнозные ТЭБ, то формирование их на более длительный период времени с активным включением в этот процесс форсайт – технологий [104] и мировых мегатрендов.

Учитывая то, что необходимо соблюдать баланс между тремя направлениями энергетической трилеммы, то целесообразно выделить такие контуры управления, как:

- контур системного управления;
- контур Форсайт управления;
- контур программно-целевого управления.

Выстраивая эти контуры в виде иерархии во главе целесообразно выделить контур, Форсайт управления. Так как речь идет о формировании прогнозных ТЭБ на достаточно отдаленный период времени (от 10 до 50 лет и более), то целесообразно отталкиваться от прогноза, составленного на основании Форсайт технологии относительно видения того, какой баланс необходим государству через 10 – 50 лет и более, какой уровень технологического развития должен быть для обеспечения согласованного взаимодействия всех направлений энергетической трилеммы. Информация, сформированная на выходе этого контура, является входом для контура программно-целевого управления. Для того, чтобы обеспечить прогнозную структуру ТЭБ, которую эксперты обосновали в будущем долгосрочном периоде необходимо уже сегодня разработать целевые ориентиры для всех участников процесса и организовать поддержку программ, направленных на их достижение. Поддержка может быть, как со стороны государства, так и со стороны региональных органов власти.

В контуре программно-целевого управления осуществляется разработка программ, направленных на развитие ТЭК, снижение энергоемкости ВРП и так далее. В силу того, что в данном контуре может быть предварительно сформировано большое количество потенциальных программ необходима разработка системы отбора приоритетных программ, обеспечивающих наибольшую целевую эффективность. С этой целью отборочная процедура по мнению автора может быть сведена к многокритериальной задаче, а оценка

структурной трансформации прогнозного ТЭБ к комплексной оценке экономических эффектов. Таким образом, предложенный вариант формирования системных контуров управления ТЭБ позволит достичь оптимального соотношения структуры баланса как в краткосрочном периоде, так и в долгосрочном. Это в свою очередь позволит обеспечить укрепление энергетической безопасности страны в современных условиях [252].

Обозначая в качестве приоритета исследования формирование методологической основы управления прогнозным ТЭБ на основе программно-целевого подхода необходимо четко обозначить авторскую позицию в отношении трактовки термина «методология прогнозного ТЭБ».

С научно-теоретической точки зрения методология формирования прогнозного ТЭБ представляет собой комплекс методов, позволяющий сформировать и обосновать оптимальную структуру прогнозного ТЭБ опираясь на результаты долгосрочного научного прогнозирования, а также включающий разработку и оценку программных мер, обеспечивающих формирование желаемой структуры прогнозного ТЭБ в среднесрочном и долгосрочном периодах. Данный подход позволит обеспечить ТЭБ большую гибкость и адаптивность к меняющимся внутренним и внешним условиям цифровой трансформации экономики с учетом требований энергоперехода, укрепления ее экономической безопасности. В авторской логике большая гибкость рассматривается в сравнении с методологией формирования ТЭБ как интегральной статистической таблицы фактического формирования каждого конкретного вида энергетического ресурса (их разнородных групп) в натуральном выражении и их использование в процессах преобразования, транспортировки и конечного потребления. Последнее соответствует раскрытию смысловой нагрузки однопродуктового энергетического баланса, отраженной в «Официальной статистической методологии составления топливно-энергетического баланса Российской Федерации отражена приказом Росстата от 4 апреля 2014 г. №229» [246].

С практической точки зрения «методология формирования прогнозного ТЭБ» представляет собой систему способов организации деятельности всех



участников процесса формирования ТЭБ, направленную на получение его целевой структуры в установленные сроки. В контуре реализации программных мер, направленных на достижение структуры прогнозного ТЭБ, практически ориентированная методология сводится к обеспечению их рационального построения и возможности алгоритмизации.

Программно-целевое управление получило широкое распространение как в отечественной, так и зарубежной практике. Несмотря на это единого понимания и трактовки ключевых понятий, характерных для программно-целевого подхода не прослеживается в научной литературе к которым в первую очередь относятся такие категории, как «программа» и «цель». Под программой в широком смысле понимается совокупность действий, намеченных и принятых к реализации, включающих набор операций, процедур, объединяемых единой проблемой или решаемой задачей, а также единым информационным пространством [313]. Цель является достаточно универсальным понятием и представляет собой некий ориентир для обозначенных в программе действий, выражаемый в определенном описанном результате, который необходимо достичь. Концептуальная парадигма программно-целевого управления в формализованном виде представлена на рис. 3.1.

Практическое использование данного подхода получает все большее распространение, что обусловлено возможностью разработки программных действий, обеспечивающих целевую ориентацию мер, предпринимаемых при решении той или иной проблемы или задачи. Таким образом мерам, предпринимаемым на соответствующем уровне, придается определенная направленность и траекторность. Они достаточно легко могут быть вписаны в дорожные карты по обеспечению изменения структуры регионального ТЭБ и укреплению энергетической безопасности региона. В результате формируется целый программно-целевой комплекс, в котором целевой ориентир является ключевым элементом и связующим звеном всех действий.



Источник: составлено автором.

Рисунок 3.1- Содержание парадигмы программно-целевого управления в контексте управления структурообразующими элементами прогнозного ТЭБ

Таким образом, система разработанных мер и действий в рамках решения вопросов управления, например, региональным ТЭБ и его структурой в контексте программно-целевой деятельности призвана обеспечить достижение единой главной цели, а также более мелких целевых ориентиров, обозначенных на различных иерархических уровнях управления.

Практика показывает, что программно-целевой метод целесообразно использовать в условиях наличия проблемных ситуаций, не находящих своего решения в инерционном режиме функционирования и развития программируемой

системы. Другими словами, если исследуемая система не может самостоятельно устранить возникшую проблему или диспропорции, например, в структуре ТЭБ в естественной среде функционирования и даже более того, может провоцировать обострение выявленных проблем, то необходимо методологию поиска решений возникших проблем переводить на программно-целевые управленческие технологии. Именно они позволят разработать специальные программные меры, сконцентрировать усилия и ресурсы на решении проблем в обозначенном интервале времени: краткосрочном, среднесрочном или долгосрочном и выйти на необходимый результат.

Все это позволяет говорить о том, что программно-целевой метод можно рассматривать еще и как проблемно-ориентированный, позволяющий решать в первую очередь достаточно масштабные проблемы и достигать высоких результатов пролонгированного действия.

Основой в программно-целевом методе является целеполагание, поэтому формулировка целей определяет непосредственные ориентиры для разрабатываемых мер, отражаемых в той или иной программе по достижению прогнозной структуры ТЭБ. Бесспорно, что целеполагание в данном случае является ключевым фактором успеха разработки и реализации программных мер по управлению в итоге сложной системой «ТЭК – народное хозяйство». Постановка целей находится в плоскости специфики решаемой проблемы в области обеспечения ТЭР, ее масштабности и имеющегося ресурсного потенциала, в том числе временных ограничений. Поэтому цели должны быть достижимы в рамках функционирования объекта исследования как в краткосрочном периоде, так и в долгосрочном периоде.

Использование программно-целевого подхода направлено на:

- 1) исследование и выбор важнейших проблем управления экономической системой, государством, регионом и обществом в целом. В рамках проводимого исследования проблем управления ТЭБ, его структурой, энергоемкостью ВВП (ВРП), обеспечения энергетической безопасности региона и государства;

2) разработку и иерархическое представление целей, структурированных по степени важности, масштабности, приоритетности достижения, направленных на полное разрешение проблемной ситуации или снижение степени ее актуальности и остроты;

3) формирование системы мер, ориентированной на решение обозначенной проблемы, распределение их по ответственным исполнителям, а также обеспечение координации действий в пространстве и во времени, направленных на их реализацию;

4) определение количественного состава всех видов ресурсов, необходимых для реализации программных мер в установленные сроки, источников их обеспечения, а также рассмотрение вариантов их экономии посредством взаимозаменяемости или взаимодополняемости;

5) разработку механизмов организационного обеспечения процесса реализации программных мер, направленных на достижение прогнозной структуры ТЭБ, их мониторинга и оперативного реагирования на выявленные отклонения от намеченных результатов.

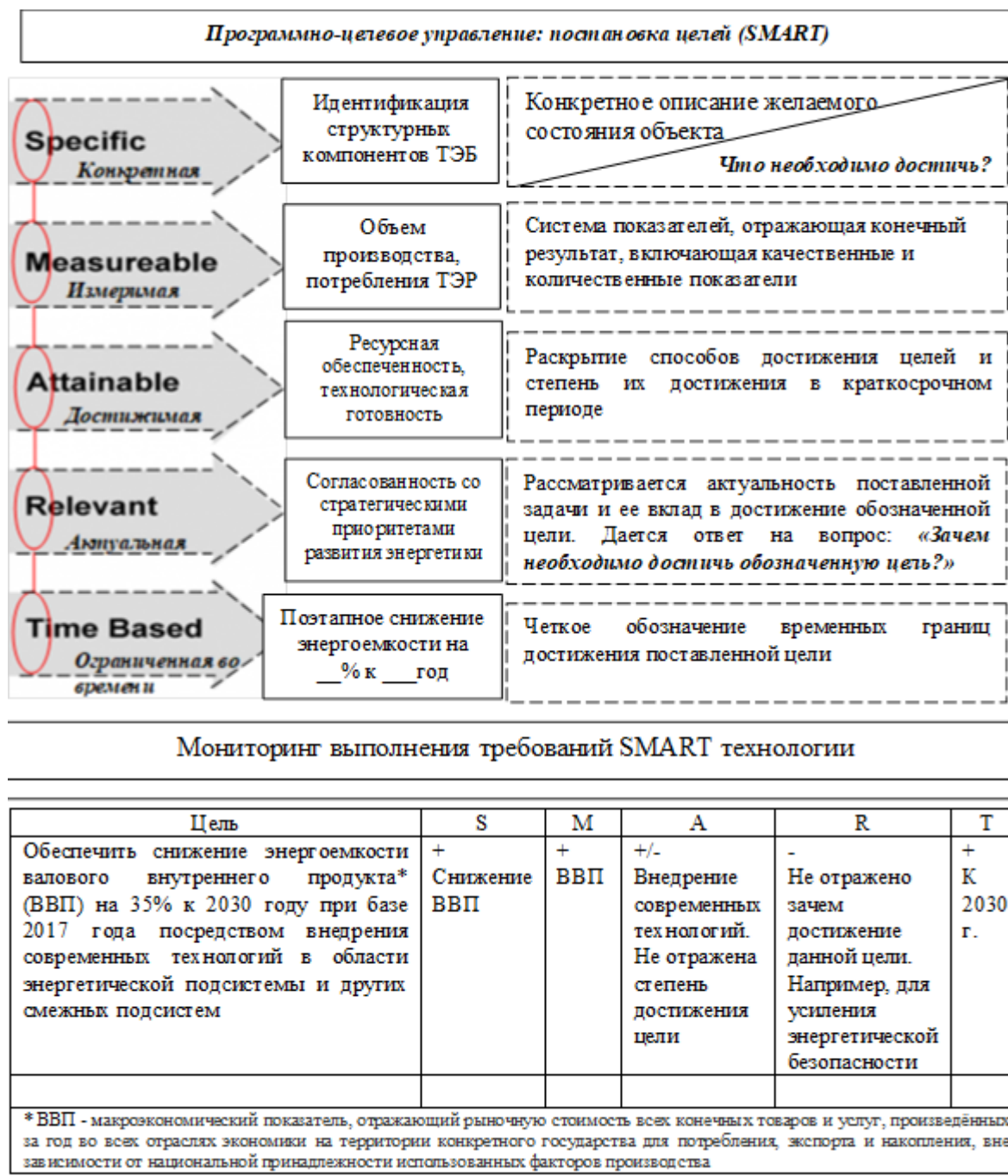
В 2014 году с принятием Федерального закона 172-ФЗ «О государственном стратегическом планировании» появилась институциональная основа формирования единой системы стратегического планирования, где программно-целевое управление становится связующим звеном, обеспечивающим увязку между стратегическими целями и задачами проводимой государственной политики и ресурсными возможностями страны. Важнейшие функции прогнозирования и планирования внутри системы стратегического планирования выполняет Минэкономразвития России. Без институтов, определяющих стратегию и макропропорции развития страны, не могут решаться никакие социально-экономические проблемы. На основе единых методологических принципов необходимо также определить отдачу от улучшения системы управления. Такой комплексный подход к проблемам интенсификации экономики позволит планомерно и позитивно воздействовать на динамику основных показателей эффективности управления ресурсами.

Произошедший процесс перехода от парадигмы «управления затратами» к парадигме «управления ресурсами», представленный в работе М.А. Екатериновской [154] определен историческим развитием методологии программно-целевого управления под влиянием все возрастающих вызовов государственного управления. Минэкономразвития в 2017 году провело масштабную работу по формированию нормативной правовой базы по переводу государственных программ РФ на проектные принципы, что привело к усилению потенциала государственных программ за счет большего структурирования ресурсов, имеющихся в распоряжении. В результате появились пилотные государственные программы, содержащие оптимальный концентрированный набор SMART целей и перечень конкретных проектов, обеспечивающих их достижение. Подходом к постановке целей, не утратившим своей актуальности в настоящее время, является *технология SMART*, которая позволяет на этапе целеполагания обобщить всю имеющуюся информацию, установить приемлемые сроки работы, определить достаточность ресурсов, предоставить всем участникам процесса ясные, точные, конкретные задачи. В контексте решаемой исследовательской задачи SMART — это технология формирования прогнозных целей структурной трансформации прогнозного ТЭБ, основанная на системе взаимосвязанных критериев, обеспечивающих практическую реализуемость и управляемость целевых ориентиров в условиях неопределенности будущих состояний энергетической системы (рис.3.2).

Детализация SMART-критериев для прогнозной структуры ТЭБ предполагает системную адаптацию классических принципов целеполагания к специфике управления энергетическим развитием:

- критерий конкретности (S) требует четкой идентификации структурных компонентов прогнозного ТЭБ, однозначного определения целевых параметров, конкретизации технологических решений и точного указания объектов воздействия;
- критерий измеримости (M) предполагает разработку системы количественных индикаторов, включающей абсолютные показатели объемов

производства и потребления, относительные индикаторы в виде долей, процентов и коэффициентов, темпы изменений, выраженные годовым приростом или снижением, а также нормативные значения стандартов и нормативов;



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 3.2 – Технология SMART в контексте решения специфики исследовательской задачи

- критерий достижимости (А) охватывает оценку реализуемости прогнозных целей через анализ ресурсной обеспеченности, включая финансовые, материальные и кадровые ресурсы, технологической готовности, предполагающей наличие и доступность соответствующих технологий, институциональной возможности, учитывающей нормативно-правовые условия, и временной реалистичности, определяющей достаточность временного горизонта;

- критерий актуальности ® предполагает проверку релевантности целей через их согласованность со стратегическими приоритетами развития энергетики, соответствие глобальным энергетическим трендам, учет региональной специфики и потребностей, а также ориентацию на решение ключевых проблем энергетического комплекса;

- критерий ограниченности во времени (Т) предусматривает установление четких временных горизонтов достижения целей, определение промежуточных контрольных точек, разработку графиков реализации мероприятий и создание временных резервов для корректировки.

Таким образом, SMART-технология выступает в качестве основы системного управления прогнозной структурой ТЭБ, обеспечивающего целенаправленную трансформацию энергетического баланса в соответствии со стратегическими ориентирами развития экономики.

В силу того, что постановка глобальной цели на уровне, например, государства требует декомпозиции и выделение более мелких целей (подцелей) выстраивается некая целевая иерархия с требуемой степенью детализации и раскрытия до соответствующего уровня управления (региона, отдельной компании). Результатом проведения такой декомпозиции является дерево целей, позволяющее в системном виде формализовано увязать все выделенные цели и обозначить их взаимосвязь и взаимовлияние.

В терминологическом аспекте «Дерево целей» — это иерархическая структура, отражающая причинно-следственные связи между целями различных

уровней иерархии<sup>7</sup>. Согласно авторской логике целесообразно выделить отраслевого, регионального и корпоративного уровней целеполагания при формировании и достижении рациональной структуры прогнозного ТЭБ (рис.3.3). Дальнейшая детальная проработка выделенных уровней позволит обеспечить расстановку приоритетов (значимости) на различных управленческих уровнях и выделения соответствующего объема финансирования (ресурсов) для реализации целевых программ, что является достаточно эффективным в условиях ограниченных ресурсов.

Процесс программно-целевой технологии, применительно к прогнозированию и планированию составляющих ТЭБ включает ряд этапов [284]:

1 этап: изучение существа вопроса и проработка целей различных уровней, которые в результате войдут в состав дерева целей;

2 этап: конкретизация и детализация выделенных целей в рамках обозначенного периода планирования или прогнозирования;

3 этап: поиск вариантов управленческих решений, направленных на достижение выделенных целей. Изучение возможности ресурсного обеспечения реализации сформированных альтернативных вариантов решений;

4 этап: построение системы мониторинга и контроля степени достижения запланированных или прогнозных результатов функционирования системы.

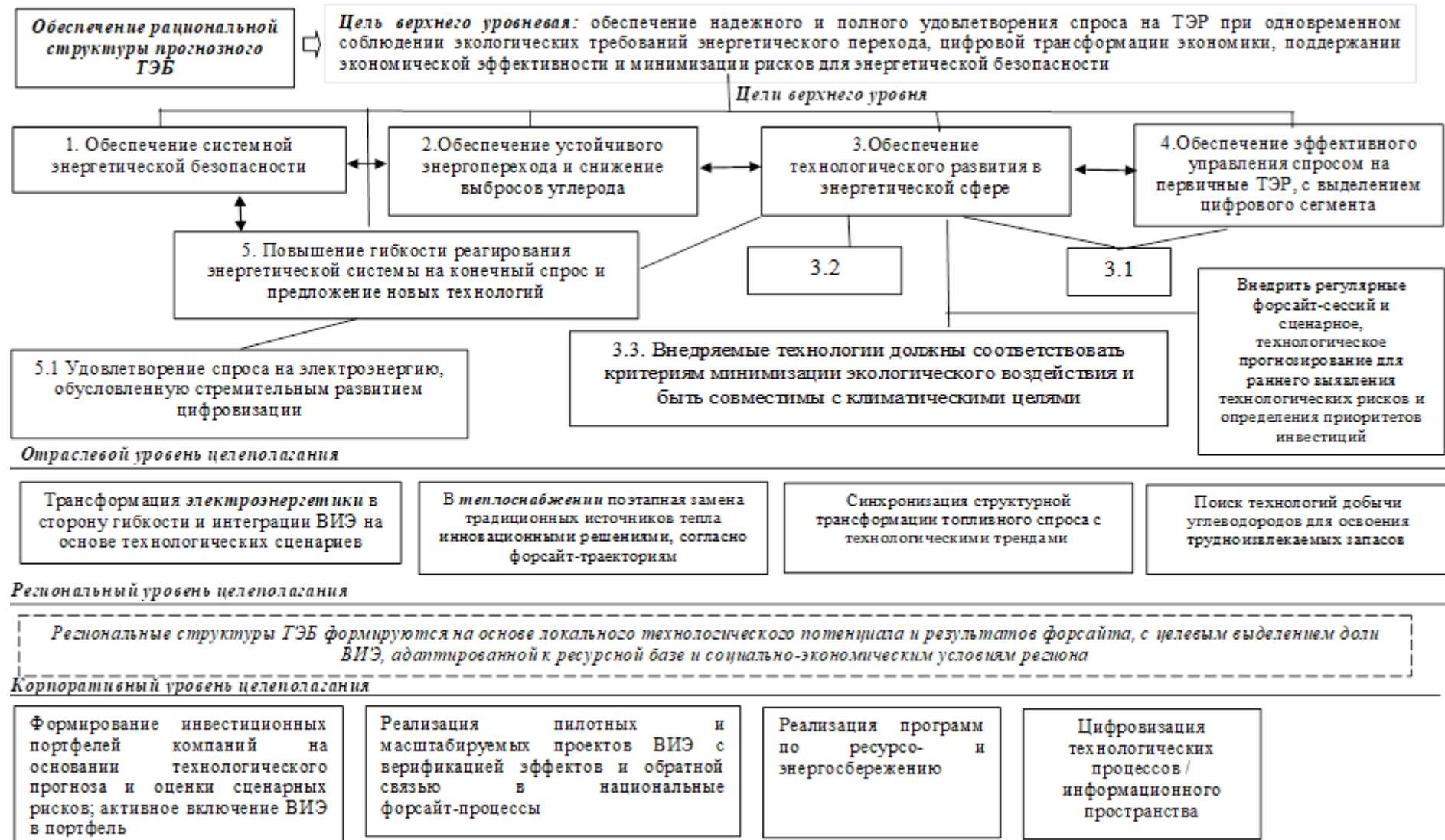
Эффективное использование программно-целевых технологий в подсистемах планирования и прогнозирования предопределяет выстраивание эффективных управленческих процессов в области:

---

<sup>7</sup> Черчмен Ч. И Акофф Р. В 1957 году представили инструмент систематизации целей отражая их в формализованном виде в форме «дерева целей». Практической областью его применения в первую очередь было выделение различных подсистем и элементов в общей целевой программе развития компании и сопоставление их с целями различных иерархических уровней, а также сфер деятельности. В дальнейшем практическая зона использования расширилась и на сегодняшний день «дерево целей» является универсальным инструментом в области декомпозиции глобальных целей для любых объектов исследования, простых и сложных систем.

Новизна предложенного учеными метода «дерева целей» заключалась не только, и не столько в иерархическом представлении и обеспечении согласованности большого количества целей, выделенных для разных управленческих уровней сколько в возможности присвоения весовых коэффициентов выделенным целям с позиции их значимости и вклада в достижение целей вышестоящего уровня. Это в последующем позволяло находить такую целевую комбинацию, которая обеспечила бы максимальный результат и отдачу от выделенных ресурсов на их достижение и именно вокруг них формировать соответствующие целевые программы на краткосрочный и среднесрочный периоды.





Источник: составлено автором.

Рисунок 3.3 – Уровни целеполагания при формировании и достижении рациональной структуры прогнозного ТЭБ

| Условные обозначения к рисунку 3.3        |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Цели верхнего уровня: национальные</i> |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1                                         | Обеспечение системной энергетической безопасности.                                                                        | Обеспечить способность энергетической системы устойчиво удовлетворять совокупный спрос в условиях сценариев стресс-воздействий (внешней и внутренней среды)                                                                                                                              |
| 2                                         | Обеспечение траектории декарбонизации, совместимую с национальными целями по сокращению эмиссий, при минимизации издержек | Рост доли ВИЭ в производстве электроэнергии                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3                                         | Обеспечение технологического развития в энергетической сфере                                                              | 3.1 Применение наиболее эффективных и экономически целесообразных в энергетической сфере технологий (повышение технологической эффективности снижает совокупный спрос на ТЭР, уменьшает затратную нагрузку на инфраструктуру)<br>3.2 Получение технических решений по накоплению энергии |
| 4                                         | Обеспечение эффективного управления спросом на первичные ТЭР                                                              | 4.1. Сочетания нескольких принципиально различных подходов к формированию прогнозов и их дальнейшее согласование [104]<br>4.2. С выделением цифрового сегмента                                                                                                                           |

- распределения ограниченных ресурсов. Здесь речь может идти не только о финансовых ресурсах, выделяемых средствах из федерального или регионального бюджета, но и об обеспеченности процесса разработки и реализации программно-целевых планов высококвалифицированными специалистами, привлечении сильной управленческой команды, имеющих в распоряжении технико-технологических возможностях и так далее;

- реализации адаптационных процессов исследуемой системы к меняющимся условиям внешней среды, особенно если речь идет об обеспечении энергетической безопасности страны посредством усиления структуры ТЭБ, снижения энергоемкости ВВП;

- координации внутренних процессов, а именно координация стратегической деятельности в области укрепления энергетической безопасности, энергоемкости ВВП (ВРП), оптимизации структуры прогнозного ТЭБ, предполагающая выявление сильных и слабых сторон, возможностей и угроз в рамках объекта исследования с последующим корректным воздействием на них;

- принятия всеми участниками управления энергетической безопасностью, энергоемкостью ВВП (ВРП), структурой ТЭБ организационной стратегии, а именно формирование системного мышления, единого понимания в области возникающих проблемных зон и способов их разрешения, а также развитие способности извлекать опыт из принятых ранее управленческих решений в рамках развития объекта исследования независимо от его полярности.

Таким образом, в основе программно-целевого подхода в управлении прогнозным ТЭБ прослеживается логическая схема движения «цели → способы их достижения → средства достижения». А сам программно-целевой подход может рассматриваться в качестве активного инструмента, влияющего на ТЭБ в силу того, что позволяет не просто осуществлять прогноз будущих изменений поведения и состояния системы, но и предпринимать конкретные меры, закладываемые в целевые программы, направленные на достижение желаемого состояния объекта исследования в будущем периоде. Все это позволяет говорить о двойственности программно-целевого подхода, объединяющего с одной стороны процессы планирования и прогнозирования, а с другой – позволяющего осуществлять фактическое влияние на изменение ключевых параметров управляемой системы. В нашем случае добиться изменения энергоемкости ВВП (ВРП), структуры ТЭБ и в целом обеспечить укрепление энергетической безопасности.

Накопленный практический опыт наглядно показывает, что использование программно-целевого подхода позволяет более оперативно приблизить систему к целевой (оптимальной) структуре прогнозного ТЭБ с минимально возможной тратой всех видов ресурсов и тем самым обеспечить ее поступательное развитие.

Преимущества программно-целевого метода управления энергоемкостью ВВП (ВРП), ТЭБ и в целом энергетической безопасностью характеризуются такими особенностями, как (перечень составлен на основании работы В.Я. Любовного, И.Ф. Зайцева, А.Б. Воякиной и др.) [372]:

- наличие явно выраженного *индикативного характера* разрабатываемых целевых программ с сохранением устойчивой зависимости сроков их реализации от выделяемого объема финансовых и материальных ресурсов;

- *системность* в целеполагании и задачах при решении сложных комплексных проблем на уровне отдельных регионов, отраслей промышленности и государства в целом с соблюдением межотраслевых и межрегиональных пропорций;

- обеспечение *единства* методологических и методических основ решения сложных комплексных проблем при управлении энергоемкостью ВВП (ВРП), ТЭБ и в целом энергетической безопасностью регионов и страны;

- способность *концентрации* ограниченных ресурсов на решении приоритетных задач и реализации наиболее важных целевых программ, от которых зависит обеспечение планомерной трансформации некоторых наиболее энергоемких отраслей промышленности и как следствие изменение структуры ТЭБ приближая ее к целевому состоянию в определенных условиях внешней среды;

- *возможность* использовать эффект мультипликатора при проработке различных источников ресурсообеспечения целевых программ. В качестве дополнительных источников может рассматриваться привлечение дополнительных внебюджетных средств, использование средств отраслевых компаний, потенциальных отечественных и зарубежных инвесторов;

- *инициирующий* характер целевых программ при условии роста инвестиционной привлекательности для различных участников процесса управления энергоемкими системами и подсистемами, что может быть обеспечено реальными перспективами развития региона или какой-либо энергоемкой отрасли промышленности;

- *сочетательная способность* управления энергоемкостью ВВП (ВРП), ТЭБ и в целом энергетической безопасностью регионов и страны на основе программно-целевых технологий с методами регионального прогнозирования и индикативного планирования;

- возможность обеспечения *прозрачного контроля* всего управленческого процесса от разработки целей до реализации целевых программ и тратой всех видов выделенных ресурсов (экспертиза, формирование межведомственных комиссий по их реализации и так далее).

Программно-целевой подход является достаточно результативным и перспективным для развития в силу того, что позволяет оказывать существенное влияние на изменение исследуемой системы. Вместе с тем можно выделить и ряд недостатков, которые в системном виде представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Основные недостатки программно-целевого метода

| Недостаток                                                                                                                        | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Методическая незавершенность                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отсутствуют устоявшиеся определения в отношении некоторых категорий, положений разработки и реализации целевых программ, имеющих концептуальный характер;</li> <li>- не прослеживается единая точка зрения в научных работах различных ученых в отношении основного понятийного аппарата, на котором базируется программно-целевое планирование и управление, соотношение плана и целевой комплексной программы;</li> <li>- возникает необходимость адаптации программных методов к использованию в планировании и управлении структурой ТЭБ, что в свою очередь сужает потенциальную область практического применения программно-целевых технологий</li> </ul> |
| Слабое развитие научной базы                                                                                                      | фактическая область применения планирования на основе программно-целевых технологий сводится в большей степени к решению запрограммированных задач и проблем, а не к области возникновения новых проблемных ситуаций, обусловленных динамичными изменениями внешней среды, предопределяющих порой непредсказуемость поведения сложных систем управления. Одной из причин возникновения данной ситуацией является слабое развитие научной базы. Создавая новые системы управления, руководители программ и проектов ориентируются на устоявшиеся методические основы предполагая тем самым уменьшить риск возникновения внештатных ситуаций. Однако в настоящее время это не всегда является оправданным. |
| Не способность систем управления сохранять данные о прошлых (или первоначальных) взаимосвязях в полном объеме                     | По мере развития системы управления, роста ее сложности наблюдается утрата связей с первоначальными выявленными проблемами. Такая ситуация может возникнуть в результате допущенных ошибок на старте и учетом не в полном объеме первоначальных связей и взаимосвязей между подсистемами и элементами внутри более крупной системы. С этим недостатком может быть сопряжено нерациональное использование ресурсов, затрачиваемых на реализацию менее значимых целевых программ.                                                                                                                                                                                                                          |
| Отсутствие эффективной комплексной методической основы для обоснования экономической целесообразности реализации целевых программ | Данный недостаток приводит к возникновению определенных трудностей объективной оценки реализации целевой программы для решения той или иной проблемы или задачи.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Окончание таблицы 3.1

| 1                                                                                                     | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отсутствие высокой скорости внесения оперативных изменений или оперативного реагирования на различные | В силу сложности объекта исследования и масштабности задач по обеспечению энергетической безопасности, снижению энергоемкости ВВП (ВРП), а также управлению ТЭБ наблюдается большой временной лаг с момента утверждения целевой программы до момента ее полной реализации. За этот период времени в функционировании объекта исследования возникает множество новых проблемных ситуаций, изменение выявленных ранее, что требует внесения оперативных корректировок. |
| импульсы, поступающие из внешней среды                                                                | При низкой скорости их внесения могут возникнуть негативные последствия для государства и общества в целом.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Таким образом, обозначенные недостатки программно-целевого подхода обусловлены недостаточным теоретико-методическим обеспечением, актуальным на сегодняшний день и отвечающим требованиям практического использования. Любая методическая основа с течением времени подлежит трансформации за счет внесения корректировок, встраивания в существующую методическую основу научных результатов, полученных как отечественными, так и зарубежными авторами, нового опыта практического применения с учетом специфики объекта исследования.

Иерархическое представление формируемых ТЭБ по уровням управленческой иерархии и территориальному охвату позволяет выделить ряда существенных преимуществ, а именно:

- приоритетные изменения в целевых ориентирах на верхних уровнях оказывают непосредственное влияние на приоритеты на нижних уровнях;
- возможность формирования детального информационного поля, включающего данные о структурном и функциональном содержании выделенных подсистем на нижних уровнях иерархии, отвечающих за состояние и динамические характеристики ТЭБ в инструментальном аспекте, а также анализ целевых установок на верхних уровнях;
- обеспечение соблюдения ограничений, накладываемых на элементы выделенной подсистемы в рамках одного уровня, предполагает их установление и фиксацию на более высоком уровне;

- обеспечение гибкости и адаптивности иерархически выстроенных подсистем за счет реализации принципа модульности и блочности, что в свою очередь позволяет исключать или дополнять иерархические уровни новыми подсистемами без нарушения целостности всей иерархии и установленных внутренних и внешних связей и взаимосвязей.

Следствием преимуществ иерархического представления ТЭБ является достижение устойчивости непосредственно самой иерархии. Это предполагает, что небольшие изменения, произошедшие во внешней и внутренней системе, не могут существенно изменить саму иерархию и включенные в нее подсистемы.

Синтез иерархического представления разработки ТЭБ предполагает согласование балансов, составленных на нижнем уровне с балансами, формируемыми на вышестоящем уровне, которые обладают большим приоритетом в сравнении с разработанными балансами на нижестоящих уровнях. Несмотря на их приоритетность внесение корректировок возможно на любом уровне посредством получения необходимой информации по обратной связи.

Выстраивание связей в иерархии осуществляется как по вертикали, так и по горизонтали. Горизонтальное согласование целесообразно на втором уровне, а именно согласованию подлежат балансы, сформированные по федеральным округам. На следующем уровне происходит согласование балансов, составленных по субъектам РФ в рамках сводного ТЭБ в разрезе определенного округа.

Схема разработки ТЭБ осуществляется по принципу «сверху-вниз», что позволяет реализовать принцип методологического единства разработки прогнозных ТЭБ на всех уровнях иерархии и опирается на единое информационно пространство, включающее как накопленную статистическую информацию, так и описание сценарных параметров, которые необходимо учесть при разработке многовариантных ТЭБ.

Разработка ТЭБ, согласно описанной схеме, позволит обеспечить максимально возможное согласование их на региональном уровне и на уровне страны в целом. Закладывая данный подход в процесс, разработки балансов возможно достичь достаточно высокой гибкости решения поставленных задачи в

различные периоды времени: от краткосрочного до долгосрочного. Чем больше уровней включается в аналитический процесс составления и обоснования ТЭБ, тем больший объем информационного пространства должен быть проработан и тем сложнее будут прогнозные модели и задачи.

Актуальность рассмотренного подхода к формированию ТЭБ не снижается и при его разработке на уровне конкретного субъекта РФ. Происходит согласование баланса конкретного субъекта с управленческими решениями и программными мерами, принимаемыми на уровне федерального округа или страны в целом. Информация, которая формируется на региональном уровне, учитывается при разработке балансов вышестоящего уровня посредством реализации системного процесса согласования в контексте прогнозного уровня энергопотребления, который может опираться на методику формирования как «сверху-вниз», так и «снизу-вверх».

Здесь следует отметить, что прогнозирование, построенное по принципу «снизу-вверх» имеет целый ряд преимуществ, а именно:

- возникает возможность включения в прогнозные модели или в общий процесс прогнозирования перспективы развития отраслевых предприятий, осуществляющих свою деятельность на территории региона и непосредственно оказывающих влияние на уровень энергопотребления;
- возрастает возможность учета инвестиционно-инновационных проектов, так или иначе связанных с энергопотреблением;
- тенденции поступательного развития территории и связанные с этим объемы энергопотребления;
- включение в процесс прогнозирования данных о возможностях использования ТЭР, которыми располагает та или иная территория, например, активное использование возобновляемых источников энергии на территории конкретного региона.

Государству в первую очередь необходимо прогнозировать изменение структуры ТЭБ и возможную ее трансформацию в долгосрочной перспективе, а также находить возможность влиять на структуру с целью оптимизации и



рационализации. Одной из проблемных зон процесса формирования прогнозных ТЭБ является учет спроса на ТЭР с позиции конечного потребителя. Источником возникновения данной проблемной зоны является наличие большого количества конечных потребителей и как следствие возникновение сложности формирования специализированного информационного блока, связанного со спросом в общем поле информационного пространства, например эта проблема касается и формирования «цифрового» спроса на электроэнергию. Решение данной проблемы на сегодняшний день находится в плоскости более активного использования процессов автоматизации и цифровизации для формирования необходимо информационного блока «спрос».

Задача структурирования сектора конечного потребления решается исходя из наличия исходной информации и ее качества. За основу принята классификация видов экономической деятельности (ВЭД). Внешними параметрами для прогнозирования спроса на ТЭР сектора конечного потребления являются результаты формирования взаимосогласованных сценариев развития энергетики и энергетики страны.

Рассмотренный интегрированный подход к прогнозированию энергопотребления сектора конечного потребления, сочетающий прогнозы удельных энергетических характеристик ВЭД аналитическими и статистическими методами с прогнозами развития видов экономической деятельности. Важной его особенностью является ориентация на преимущественное использование статистически наблюдаемой информации, которая в дальнейшем подвергается тщательному анализу, верификации и последующей математической обработке, и визуализации.

Процесс формирования программно-целевого плана управления ТЭБ, согласно авторской логике, может быть алгоритмизирован, что позволит говорить об определенной степени запрограммированности данного процесса и некой его стабильности. Алгоритмизация предполагает включение таких параметров, как цель, альтернативные способы достижения поставленной цели, критерии отбора лучшего варианта достижения цели, определение величины затрат или ресурсного

обеспечения в целом, а также элементы моделирования, направленные на оптимизацию структуры ТЭБ.

Алгоритм формирования программно-целевого плана может быть представлен как укрупненно, так и с определенной степенью детализации. Укрупненный вариант алгоритма включает три уровня и три блока, выделяемых на каждом уровне: во-первых, формирование информационного поля, включающего информацию о текущей структуре ТЭБ и ее трансформации в ретроспективном периоде, факторах, оказавших наиболее существенное влияние на ее изменение как в лучшую, так и в худшую сторону, а также сдерживающих переход к желаемой структуре ТЭБ. Во-вторых, аналитический блок и, в-третьих, блок целеполагания, который в дальнейшем будет включен в блок формирования программных мер на планируемый период (рис.3.4). Сами уровни выделяются исходя из характера информации, подлежащей анализу:

уровень 1 – работа с текущей информацией (рис.3.4);

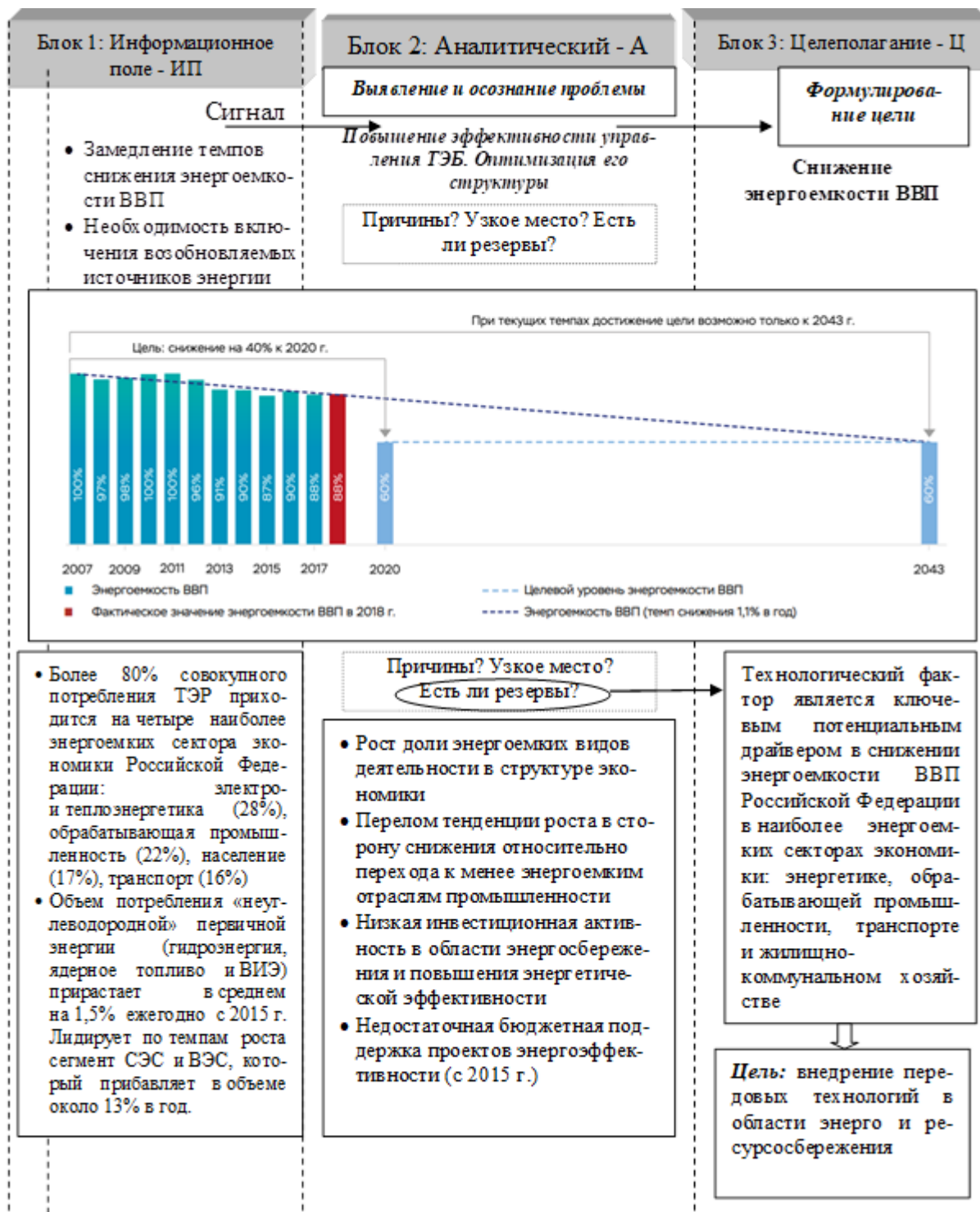
уровень 2 – анализ специальной информации для решения обозначенной задачи;

уровень 3 – работа с информацией о ресурсном обеспечении и действующих ограничениях применительно к формируемым программным мерам и в целом программно-целевому плану управления ТЭБ.

Различные способы достижения цели отражаются в рассматриваемых альтернативных вариантах решений, которые могут быть включены в итоговый программно-целевой план. Каждая альтернатива прорабатывается достаточно детально с выходом на требуемую величину ресурсов для ее реализации. Выбор приемлемых альтернатив из сформированного множества осуществляется на основе заранее проработанной системы оценочных критериев с указанием допустимых их значений или диапазона, которые определяются на основе метода экспертных оценок. Также они могут быть обозначены, ориентируясь на достигнутый уровень других экономических систем (стран, регионов и т. д.).

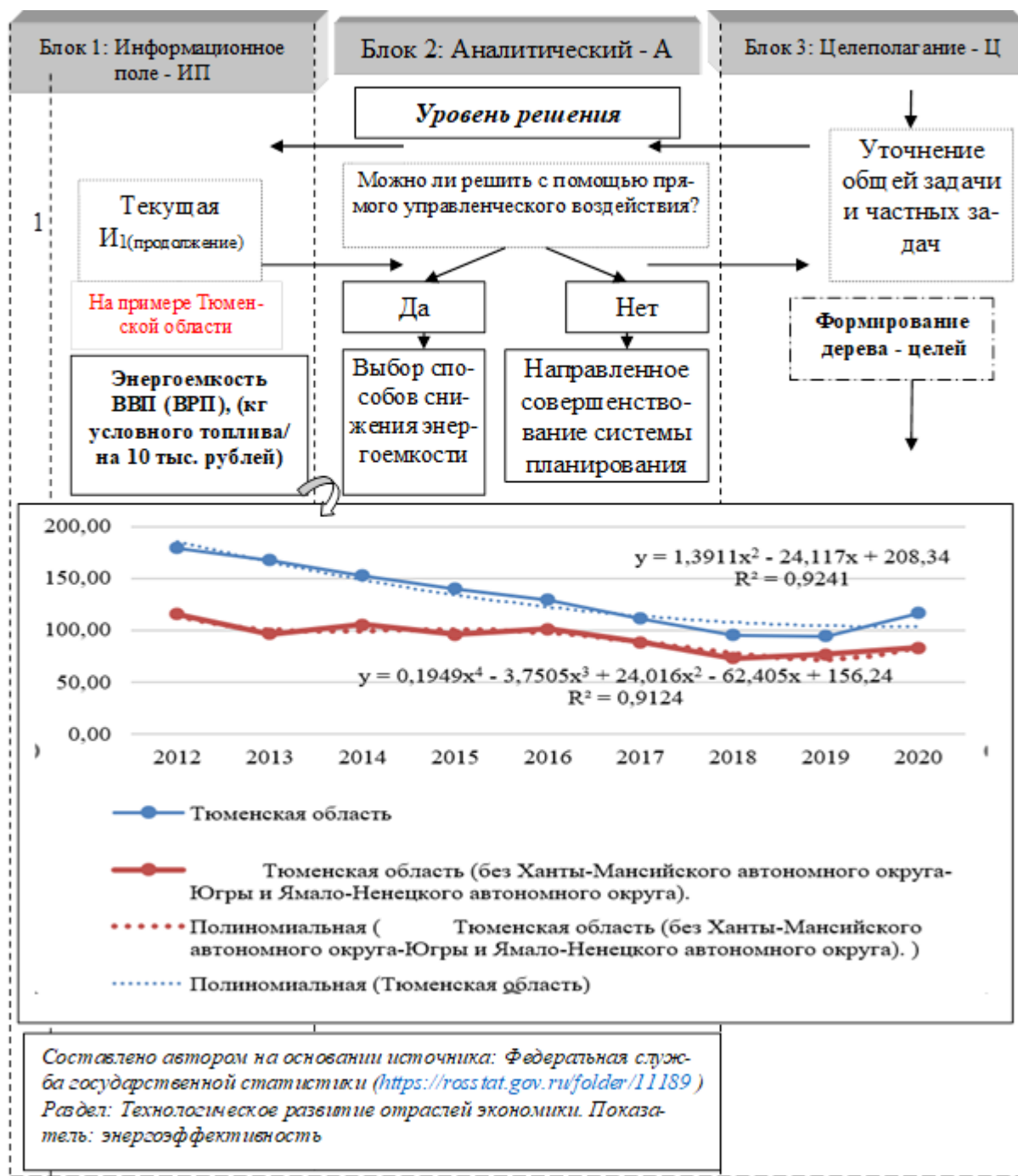
На рис.3.4 представлен 1 уровень алгоритма формирования программно-целевого плана и в качестве примера рассмотрены некоторые аспекты снижения

энергоёмкости ВВП, влияющие на структуру ТЭБ. Так, анализ текущего информационного поля позволяет отследить сигнал с одной стороны замедления темпов снижения энергоёмкости ВВП, а также ВРП.



Источник: составлен автором.

Рисунок 3.4 – Уровень 1 (начало): сбор и анализ текущей информации для разработки целевых программных мер по управлению структурой ТЭБ



Источник: составлен автором.

Рисунок 3.4 – Уровень 1 (окончание): сбор и анализ текущей информации для разработки целевых программных мер по управлению структурой ТЭБ

Экстраполяция текущих темпов снижения энергоемкости ВВП (зафиксированных на уровне 2019 года в аналитическом блоке) позволят спрогнозировать достижение обозначенной в документах на уровне государства

цели снижения энергоемкости ВВП на 40% лишь к 2043 году. С другой стороны, если рассматривать повышение эффективности управления ТЭБ не только с позиции снижения энергоемкости отдельных отраслей, но и с позиции оптимизации его структуры посредством возможности и необходимость включения возобновляемых источников энергии в структуру ТЭБ.

Аналитический блок, согласно авторской логике, должен позволить выявить причины и узкие места сложившейся ситуации, а также наличие резервов для ее изменения. В данном случае исходя из анализа нормативных документов основными причинами на уровне государства обозначены:

- увеличение доли наиболее энергоемких видов деятельности в структуре экономики;
- изменение тенденции роста в сторону тенденции снижения относительно перехода к менее энергоемким отраслям промышленности;
- низкая инвестиционная активность в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- недостаточная бюджетная поддержка проектов энергоэффективности (с 2015 г.).

Ключевой областью формирования резервов изменения сложившейся негативной тенденции являются технологические возможности и прорывы, позволяющие снизить энергоемкость наиболее энергоемких секторов экономики, а именно энергетики, обрабатывающей промышленности, транспорте и жилищно-коммунальном хозяйстве. Текущее информационное поле формируется не только на уровне государства, но и в региональном разрезе. Так, например, данные по Тюменской области относительно энергоемкости ВРП позволяют сделать вывод о наличии тенденции снижению энергоемкости ВРП вплоть до 2019 года и зафиксировать переломную точку роста в 2020 году. «Уровень снижения энергоемкости ВРП Тюменской области соответствует уровню плановых показателей, обозначенных Правительством Российской Федерации. За период реализации Программы с 2007 по 2018 год зафиксирована устойчивая тенденция

снижения энергоемкости валового регионального продукта с 19,67 т.у.т./млн. руб. до 9,45 т.у.т./млн. руб.» [292].

В рамках аналитического блока может быть составлено уравнение для прогноза выявленной тенденции в краткосрочном периоде, которое также показывает рост энергоемкости ВРП в ближайшие несколько лет при отсутствии активных мер со стороны региональных органов власти и отдельных предприятий, направленных на реализацию программ по энерго и ресурсосбережению (рис. 3.5, табл.3.2).

Таблица 3.2 – Энергоемкость ВРП (Тюменская область), кг условного топлива/ на 10 тыс. рублей (в текущих ценах)

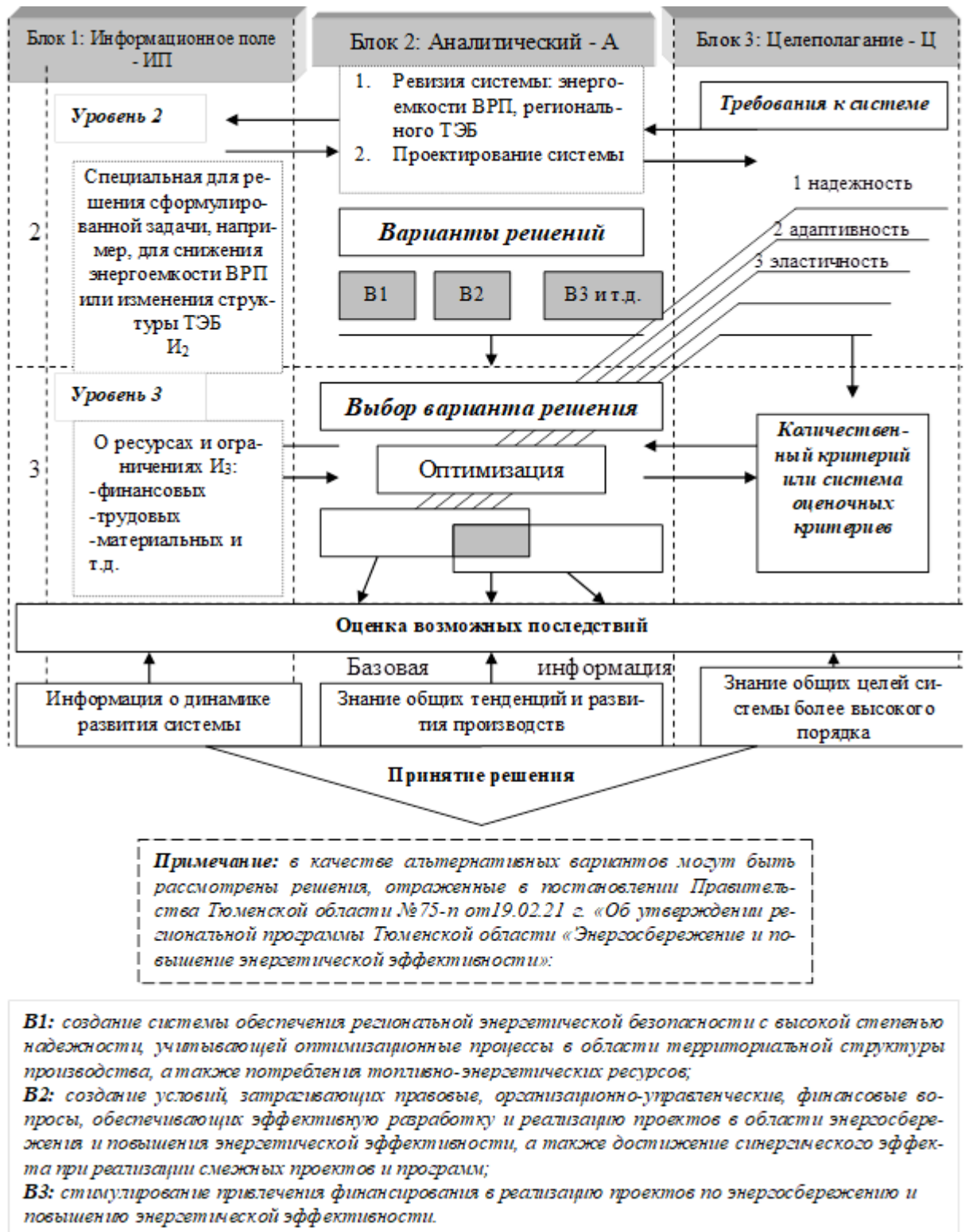
| Энергоемкость ВРП                        | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
|------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Тюменская область                        | 179,25 | 167,54 | 152,64 | 139,66 | 129,53 | 111,02 | 95,42  | 94,42  | 116,77 |
| в том числе:                             |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Ханты-Мансийский автономный округ-Югра   | 222,42 | 220,23 | 204,00 | 186,97 | 175,94 | 154,14 | 127,49 | 124,93 | 158,41 |
| Ямало-Ненецкий автономный округ          | 120,36 | 106,82 | 85,78  | 78,41  | 71,34  | 58,56  | 57,61  | 57,29  | 80,38  |
| Тюменская область (без ХМАО-Югры и ЯНАО) | 115,50 | 96,26  | 105,56 | 96,11  | 101,36 | 88,39  | 73,29  | 76,75  | 83,39  |

Источник: составлено автором по данным [rosstat.gov.ru](http://rosstat.gov.ru).

Возвращаясь к алгоритму формирования программно-целевого плана на 1 уровне должен быть найден ответ на вопрос возможности изменения текущей ситуации в результате прямого управленческого воздействия. В случае, если такой возможности нет, то необходимо вносить изменения в саму методологию системы планирования управления энергоемкости ВРП и соответственно ТЭБ. В блоке целеполагания происходит уточнение общей задачи и формирование дерева целей с детальной его проработкой и критическим анализом.

Второй уровень алгоритма формирования программно-целевого плана

ориентируется на сбор и анализ специальной (релевантной) информации для решения обозначенной задачи на 1 уровне (рис. 3.5).



Источник: составлен автором.

Рисунок 3.5 – Уровни 2 и 3 авторского алгоритма формирования программно-целевого плана по управлению структурой ТЭБ

Аналитический блок на втором уровне включает многоаспектную и детальную ревизию системы с выстраиванием соответствующих причинно-следственных и логических связей, которые привели к сложившейся ситуации. Результаты данного анализа позволят выделить те зоны, воздействие на которые обеспечит достижение желаемого результата в более короткие сроки с долгосрочным пролонгированным эффектом. При этом здесь же осуществляется и проектирование новой системы, рассматриваются альтернативные варианты управленческих решений, позволяющие добиться обозначенных целей. Основная задача второго уровня смоделировать такую систему, которая будет обладать более высокой надежностью, адаптивностью и эластичностью по сравнению со старой системой.

На третьем уровне (рис.3.5) на основании информации о имеющихся в распоряжении ресурсах, а также о возможных ограничениях со стороны внутренней и внешней среды происходит отбор оптимальных вариантов управленческих решений исходя из сформированной системы оценочных критериев. В данном случае происходит процесс оптимизации функционирования исследуемой системы. Необходимо отметить, что оптимальный вариант будет найден только для определенных условий. Как только условия внешней и внутренней среды будут изменены, то соответственно условия оптимальности могут не выполняться. Необходимо в процессе моделирования предусмотреть расчет диапазона возможного изменения условий. Выход за пределы данного диапазона будет говорить о выводе системы из оптимального состояния, тем самым может быть определена величина запаса прочности и устойчивости системы.

Большую значимость на третьем уровне играют критерии, на которые ориентируются при отборе альтернативных вариантов решений для последующего их включения в программно-целевой план. В связи с этим необходимо более детально рассмотреть вопрос формирования оценочной системы критериев, на основании которой альтернативные варианты управленческих решений могут быть про ранжированы по степени важности с позиции получаемого результата или степени достижения цели. Критерии могут быть как качественными, так и



количественными и сгруппированы в две группы. Первая группа включает критерии – требования, а вторая – критерии – условия. Результаты ранжирования непосредственно отразятся на очередности включения управленческих решений в краткосрочный или долгосрочный программно-целевой план управления энергоемкостью, энергоэффективностью или эффективностью ТЭБ в региональном разрезе или на уровне государства в целом. Оптимизация системы происходит за счет ее моделирования, что упрощается с развитием информационных технологий и возможностью появлением специальных программ.

Терминологический аспект позволяет говорить о модели, как об условном образе исследуемого объекта, используемого в качестве альтернативы реальному объекту с сохранением его сущности и наиболее важных характеристик.

Рассматривая модель с позиции научной абстракции различных вариантов управленческих решений в области управления ТЭБ и ключевыми факторами, влияющими на изменение его структуры она позволяет изучить поведение системы в результате многократного изменения переменных и уже после принять окончательное управленческое решение на региональном уровне или на уровне государства в целом. Факторы, оказывающие влияние на модель, могут быть регулируемые или нерегулируемые:

- к регулируемым относятся: стратегия экономического развития, стратегия в области энергосбережения и ресурсосбережения, стратегия в области развития альтернативных источников энергии; выбор технических решений, технологии, методов организации и управления; критерии оптимальности функционирования системы, в соответствии с которыми альтернативы располагаются в порядке их предпочтительности по выбранным критериям; причинно-следственные связи между элементами системы; затраты и эффективность при различных способах достижения цели;

- нерегулируемые факторы – это объективные условия, воздействующие на систему, в данном случае ТЭБ, вне зависимости от субъекта управления.

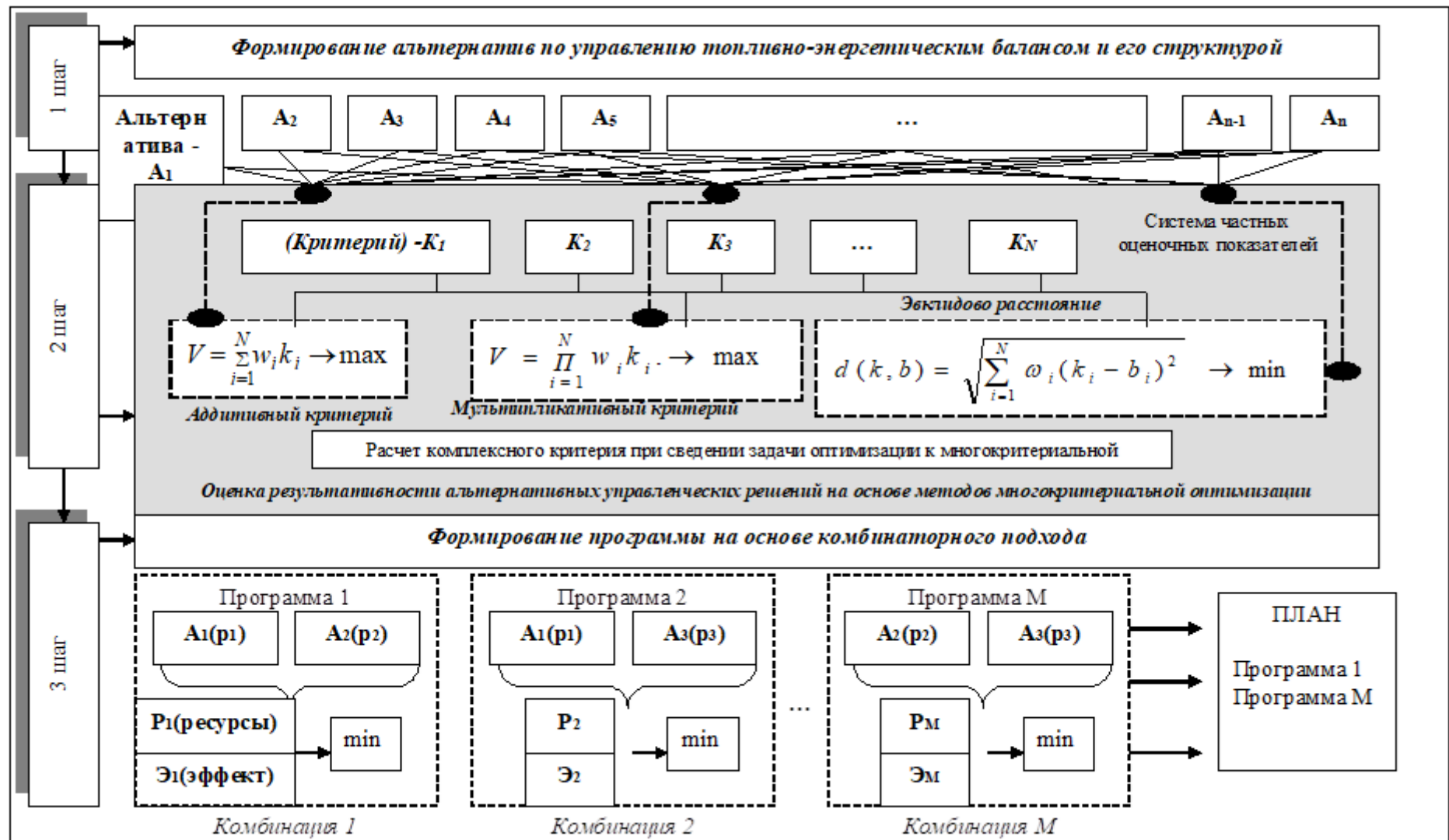
Автором предлагается алгоритм формирования программы управления структурообразующими элементами ТЭБ и достижения его целевых параметров, который в формализованном виде представлен на рис.3.6. Этот процесс включает три этапа.

1 этап. Формирование альтернативных вариантов управленческих решений по управлению ТЭБ. На данном этапе изучаются все возможные технические, организационные варианты решений, позволяющие целенаправленно влиять на изменение структуры ТЭБ и приведение ее к оптимальному желаемому варианту в конкретных условиях функционирования. В рамках данного этапа формируется некоторая совокупность вариантов решения.

2 этап. Оценка альтернативных вариантов с помощью определенной системы критериев, сформированной в соответствии с поставленными целями управления ТЭБ. По каждой альтернативе рассчитывается один комплексный критерий. Как уже говорилось ранее управление ТЭБ и поиск оптимальных вариантов решений, позволяющих изменить его структуру и сделать ее более рациональной может быть сведено к многокритериальной задаче и расчету единого комплексного оценочного критерия, например, на основе аддитивной или мультипликативной модели или расчете евклидова расстояния.

3 этап. Разработка программы управления ТЭБ на краткосрочный или долгосрочный период. Данный этап позволяет на основе комбинаторного подхода «проиграть» различные комбинации альтернативных вариантов управленческих решений, которые могут быть реализованы в рамках одной программы в условиях ограниченных ресурсов (временных, финансовых, трудовых и т. д.).

Далее оценивается эффективность каждой программы, и наилучшая комбинация выбирается по максимальному эффекту при минимальных ресурсах. Так, например, федеральные и национальные проекты, которые могут оказать влияние на формирование национальной системы управления прогнозным ТЭБ отражены в приложении Н.



Источник: адаптирован автором к ТЭБ на основании источника 202.

Рисунок 3.6 - Предлагаемый алгоритм формирования программы управления ТЭБ на региональном уровне или на уровне государства

В рамках третьего этапа решается задача распределения ресурсов между альтернативами (программами) с последующим сведением к задаче комбинаторной оптимизации в силу того, что альтернатив формируется достаточно много, а ресурсы на их реализацию ограничены. Необходимо найти такую комбинацию, при которой будет обеспечено приемлемое изменение структуры ТЭБ, стабильные темпы снижения энергоемкости ВВП (ВРП) при ограниченных финансовых, трудовых, материальных и иных ресурсов.

Общая постановка задачи определения комбинации альтернатив с максимальной эффективностью (или эффективностью на единицу требуемого ресурса) заключается в определении сочетания альтернатив, удовлетворяющих следующим целевым функциям [202]:

$$\max \mathcal{E} = \max \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i, \quad (3.1)$$

$$\frac{\max \mathcal{E}}{P_T} = \max \left( \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i}{\sum_{i=1}^n P_{Ti}} \right), \quad (3.2)$$

при выполнении одного из следующих условий:

$$\min(P_H - P_T) = \min \left( \sum_{i=1}^n P_{Hi} - \sum_{i=1}^n P_{Ti} \right), \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} P_H - P_T &\leq C \\ P_T &\leq P_H \end{aligned}, \quad (3.4)$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность рассматриваемой комбинации альтернатив, полученной генерацией множества сочетаний с различным числом альтернатив;

$\mathcal{E}_i$  – эффективность  $i$ -й альтернативы, входящей в рассматриваемую комбинацию из  $n$  альтернатив;

$P_T$  – требуемый ресурс рассматриваемой комбинации альтернатив;

$P_{Ti}$  – требуемый ресурс  $i$ -й альтернативы, входящей в рассматриваемую комбинацию из  $n$  альтернатив;

$P_H$  – имеющийся в наличии ресурс рассматриваемой комбинации

альтернатив;

$P_{Ii}$  – имеющийся в наличии ресурс  $i$ -й альтернативы, входящей в рассматриваемую комбинацию из  $n$  альтернатив;

$C$  – заданное пороговое значение ресурса.

Эффективность исходного множества альтернатив может быть определена либо на одной иерархии, отражающей критерии эффективности, либо на основе отражения значений выгоды и издержки, получаемые от их реализации.

Существуют ситуации, в которых при распределении ресурсов следует руководствоваться следующим правилом: делать как можно больше при ограниченных (имеющихся в наличии) ресурсах. Целевая функция в данной задаче – обеспечить [202]:

$$\max N_a = \sum_{i=1}^n A_i \quad (3.5)$$

при выполнении одного из условий

$$\begin{cases} \min(P_{II} - P_T) = \min\left(\sum_{i=1}^n P_{Ii} - \sum_{i=1}^n P_{Ti}\right), \text{ или} \\ P_{II} - P_T \leq C, \text{ или } P_T \leq P_{II} \end{cases} \quad (3.6)$$

Таким образом, для решения задачи комбинаторной оптимизации необходимо прежде всего сгенерировать множество всех возможных сочетаний (комбинаций) из  $n$ -го числа альтернатив. Максимальное число возможных сочетаний  $N_K$  – для данной задачи определяется на основе следующей формулы [202]:

$$N_R = \sum_{K=0}^M \frac{M!}{(M-K)!K!}, \quad (3.7)$$

где  $K$  – число альтернатив в  $i$ -й комбинации, принимающее значение в диапазоне  $[0, M]$ ;

$M$  – максимальное число рассматриваемых альтернатив.

Предлагаемый алгоритм формирования программ управления ТЭБ и его

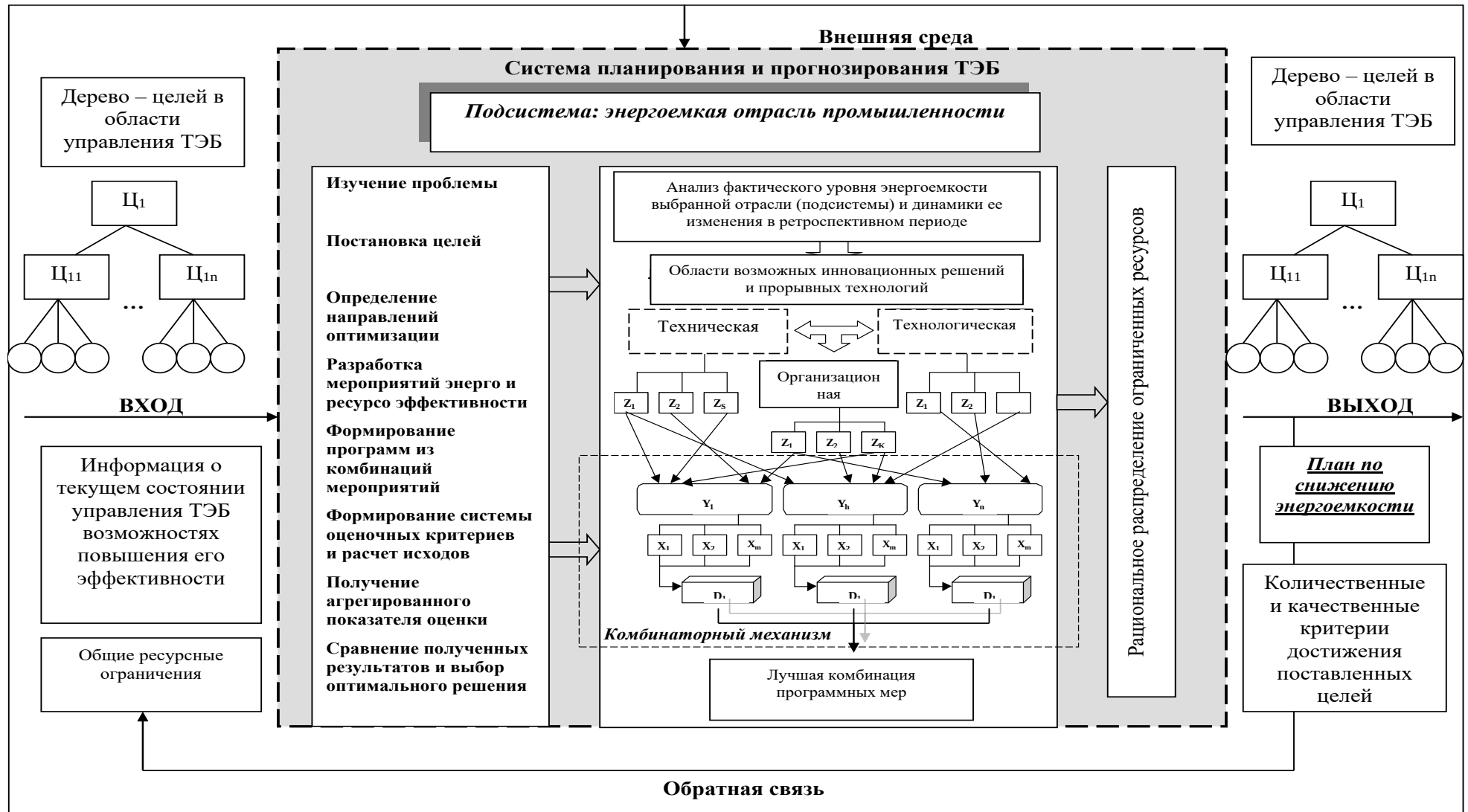
структурой позволит решать, как общие, так и частные задачи обеспечения энергетической и экономической безопасности. Можно отметить его относительную универсальность и возможность использования при решении различных задач на уровне отдельных предприятий, на региональном уровне и государства в целом.

Таким образом, программно-целевой метод целесообразно использовать при управлении ТЭБ и его структурой. Это связано с тем, что, значительная часть проблем в области управления ТЭБ остается не решенной. Они не устраняются в процессе естественного функционирования системы, а, наоборот, обладают тенденцией к увеличению.

Предлагаемая схема формирования плана снижения энергоемкости, являющегося частью общего алгоритма управления ТЭБ, представлена в агрегативно-декомпозиционном виде (рис.3.7).

На рис. 3.8 в качестве «агрегата» могут быть представлены наиболее энергоемкие отрасли промышленности, которые оказывают непосредственное влияние на структуру ТЭБ, а также на энергоемкость ВВП (ВРП). Также в качестве «агрегата» может быть выделена подсистема развития использования возобновляемых источников энергии с последующим рассмотрением возможности их включения в структуру ТЭБ. «Агрегат» в каждый момент времени находится в определенном состоянии и включает входные и выходные сигналы.

Вход характеризуется информацией о текущем состоянии в области управления ТЭБ и возможностях повышения его эффективности в соответствии с деревом целей. На входе задаются также общие ресурсные ограничения. По запросу может производиться скрининг функционирования «агрегата» в определенный момент времени и анализ степени достижения зафиксированных целевых ориентиров, а также вероятность их достижения к определенному моменту времени.



Источник: адаптирован автором к ТЭБ на основании источника 202.

Рисунок 3.7 - Схема формирования плана снижения энергоемкости ВРП

На выходе находится составленный и рекомендуемый к реализации план по снижению энергоемкости если в качестве «агрегата» были выделены энергоемкие отрасли промышленности или более мелкие подсистемы, позволяющий рационально распределить ограниченные ресурсы.

Рассмотренный выше алгоритм формирования программно-целевого плана управления топливно-энергетическим балансом ориентирован на формирование ТЭБ с желаемыми параметрами в долгосрочном периоде и выстраивание активных действий по формированию данного состояния.

Если говорить о формировании ТЭБ на основании статистической информации, то на сайте Минэнерго России размещена расчетная модель (калькулятор) по формированию прогнозного топливно-энергетического баланса с учётом межтопливной конкуренции, разработанный совместно с Российским энергетическим агентством Минэнерго России.

В соответствии с приказом Минэнерго России от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований» регионы помимо ежегодного должны формировать перспективный топливно-энергетический баланс (ТЭБ) – до 2030 года включительно. В него заносятся все данные, отражающие добычу, поставку, преобразование и потребление энергоресурсов в количественных и качественных характеристиках. По динамике показателей прогнозного ТЭБ будут вырабатываться рекомендации для перевода объектов потребления на альтернативные источники энергии (чаще всего – на природный газ) и взаимодействия экономики и энергетической отрасли в целом.

Обновлять данные предстоит не реже, чем раз в пять лет. Для поддержания информации в актуальном состоянии, унификации предоставленных сведений, исключения разночтений и упрощения занесения данных в отчет и был разработан калькулятор. В настоящий момент калькулятор прошел тестирование, предоставлен в открытом доступе на сайте Минэнерго России и доступен для использования регионами.

Уровень информационной обеспеченности существенно влияет на



теоретические и методические принципы формирования моделей ТЭБ, на методику расчета индикаторов, а косвенно — и на методологические основы регулирования энергопотребления. Рынок привнес дополнительные ограничения на доступность и достоверность информации. Включение показателей энергопотребления организаций как первичных статистических данных в состав общедоступной информации противоречит действующему законодательству. Законодательные акты, направленные на защиту коммерческой тайны и свободной конкуренции, усложняют либо исключают доступ к количественным показателям корпоративных программ, к объемным показателям потребления ТЭР для отдельных организаций и, как следствие, иногда для отдельных видов экономической деятельности, и даже для муниципальных образований в целом [143].

### **3.2 Многоуровневое сценарное конфигурирование структуры топливно-энергетического баланса**

На сегодняшний день актуализируются вопросы обоснованности долгосрочных планов поступательного, устойчивого и сбалансированного развития отраслей ТЭК, опирающегося на эффективное использование всех энергетических ресурсов в их наиболее рациональном сочетании. Геополитические и экономические вызовы, формирующиеся в мировом сообществе по отношению к нашей стране, определяют необходимость поиска инструментов снижения их остроты в среднесрочной и долгосрочной перспективах с целью обеспечения энергетической безопасности и экономической устойчивости. На уровне государства необходимо обеспечить крайне высокую согласованность программных мер, направленных на достижение стратегических целей, отраженных в энергетической стратегии развития РФ до 2050 г [398]. Одним из основных инструментов в решении данного вопроса, может стать прогнозный ТЭБ, формируемый как на уровне страны, так и отдельных субъектов.

При формировании прогнозного ТЭБ необходимо сформировать вариативный прогноз относительно всех элементов приходной и расходной частей.

Так в приходной части в рамках всего прогнозного периода необходимо понимать, как будет меняться добыча угля, нефти, газа и др. видов невозобновляемых ресурсов, генерация электроэнергии, а также импорт этих энергоресурсов.

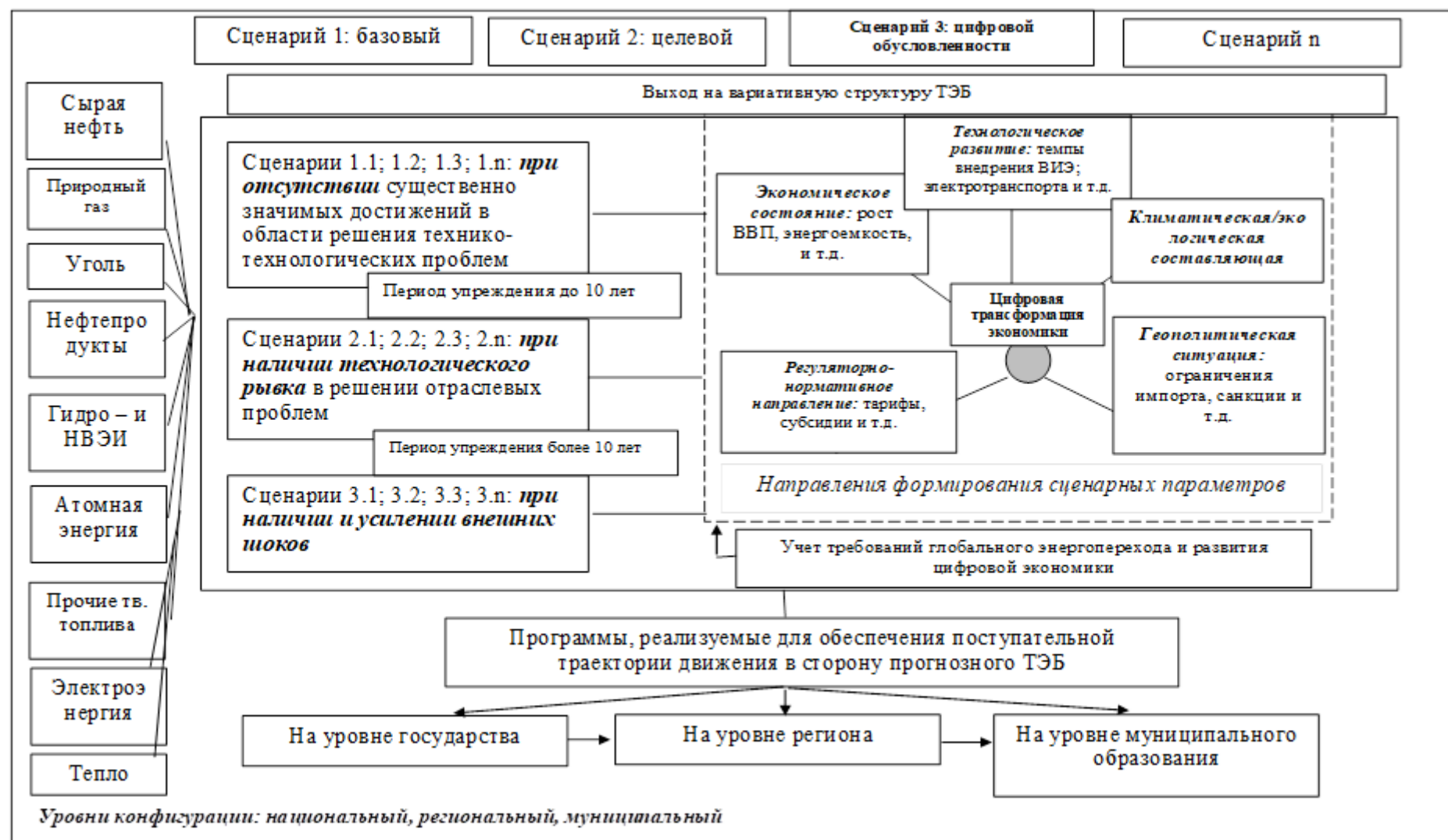
В расходной части необходимо предположить динамику изменения потребления всех видов энергии по отраслям промышленности, а также величину экспорта энергоносителей. Изменение каждой статьи баланса в долгосрочной перспективе непосредственно коррелирует с уровнем научно-технического развития в отраслях, отвечающих за генерацию или потребление того или иного вида ТЭР, темпами глобального энергоперехода и цифровой трансформации экономики. При построении прогнозных ТЭБ по мнению автора важно понимать, что управление энергетическим переходом осуществляется непосредственно на основе развития цифровизации с целью обеспечения энергетической безопасности государства. Эти два глобальных процесса (энергопереход и цифровая трансформация экономики) очень тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены. При этом имеет смысл говорить не просто о возможных прогнозных значениях показателей ТЭБ, формирующих его структуру, но и о желаемой или целевой структуре ТЭБ к определенному моменту времени в долгосрочном прогножном периоде. Это будет предопределять необходимость реализации в текущем моменте времени активных действий со стороны всех участников процесса формирования и управления ТЭБ, разрабатывать и реализовывать программы, которые позволят обеспечить достижение целевой структуры к необходимому году. Решение данного вопроса относится к методологической области формирования прогнозного ТЭБ и его структуры на основе технологического прогнозирования.

Разнообразные аспекты формирования ТЭБ рассматривались различными авторами, но они в большей степени носят эпизодический и фрагментарный характер. Так в работе Н.В. Антонова, Ю.В. Агафоновой, Е.А. Чичерова, В.А. Шилина [352] ТЭБ рассматривается как основа перспективного прогнозирования и инструмент осмысленной и целенаправленной политики энергосбережения в территориальных образованиях. В работах С.М. Романова, Н.М. Сторонского, И.В. Тверского, В.Н. Толмачева, А.Р. Сибгатуллина рассматриваются методологические

основы прогнозирования ТЭБ. Системные исследования в области ТЭБ представляют работы И.А. Башмакова, где ТЭБ рассматривается как инструмент анализа, прогноза и индикативного планирования развития энергетики, обосновывается целесообразность формирования динамического единого ТЭБ.

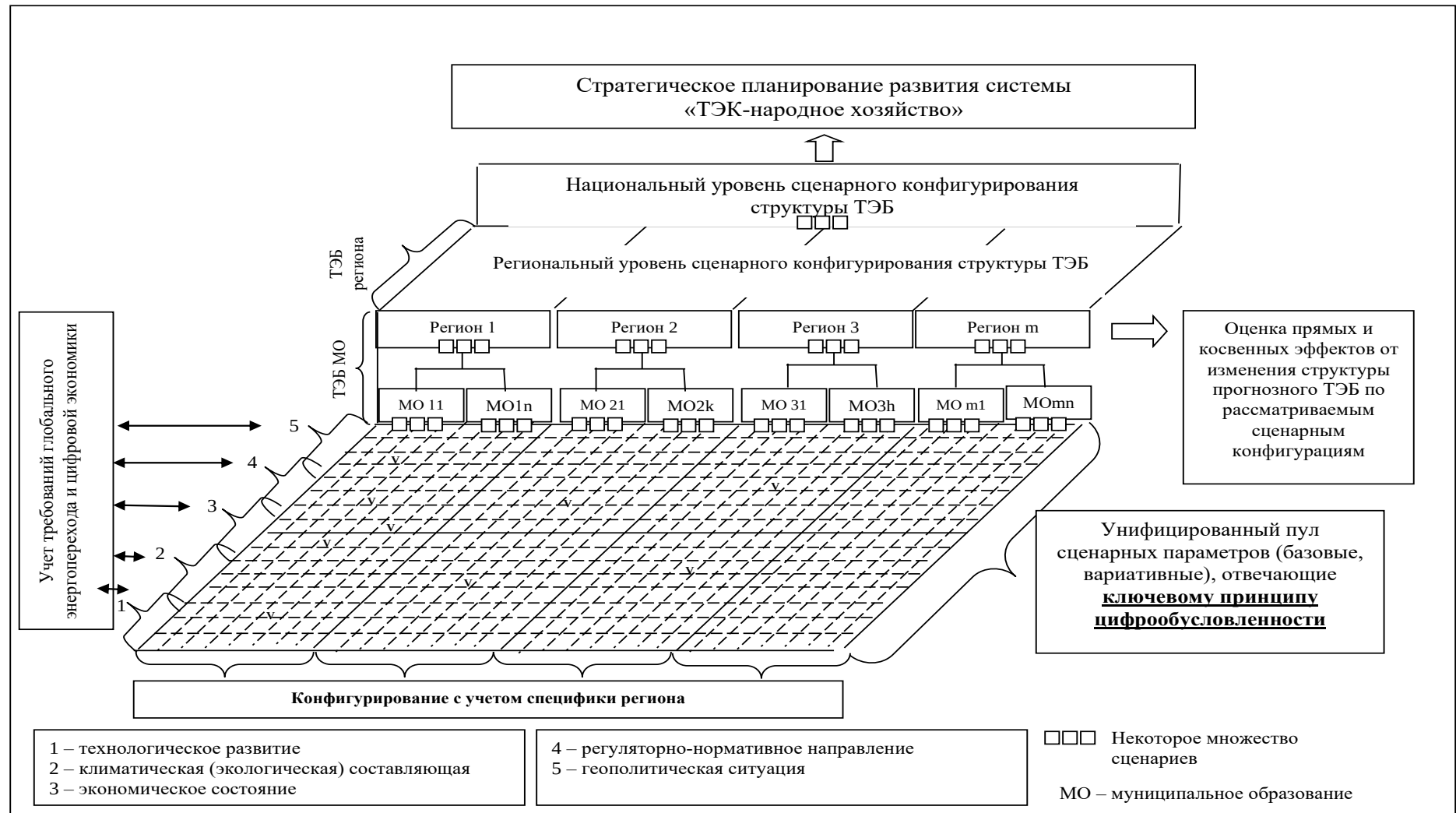
Несмотря на значительный вклад перечисленных авторов, их подходы не в полной мере обеспечивают системное согласование процедур и результатов прогнозирования и особенно в контексте соблюдения главного принципа формирования прогнозного ТЭБ, предложенного автором, - цифрообусловленности. Автором, проводимого исследования предлагается переход к *многоуровневому сценарному конфигурированию структуры прогнозного ТЭБ* как методологически обоснованной модели, интегрирующей существующие методики и эмпирические наработки. Данная модель предназначена для обеспечения иерархического согласования показателей и сценариев на национальном, региональном и локальном уровнях, формализации учета технологических, экономических, климатических и геополитических факторов в тесной взаимоувязке с цифровой трансформацией экономики, а также создания нормативно-методологической основы для унификации процедур формирования прогнозных ТЭБ.

*Многоуровневое сценарное конфигурирование ТЭБ* согласно авторской логике — это методологический подход, обеспечивающий формализацию альтернативных траекторий развития топливно-энергетической системы на нескольких пространственно-функциональных уровнях (национальном, региональном, муниципального образования (локальном)). При этом каждый уровень моделируется через набор сценариев. Конфигурирование обеспечивает согласование входных допущений, оценку последствий для стратегических целей.



Источник: составлено автором.

Рисунок 3.8 – Методологический подход многоуровневого сценарного конфигурирования ТЭБ



Источник: составлено автором.

Рисунок 3.9 – Моделирование системы вариантов сценарных конфигураций структуры прогнозного ТЭБ

В формализованном виде методологический подход многоуровневого сценарного конфигурирования ТЭБ представлена на рисунках (3.8–3.9) и раскрывается в работе автора диссертационного исследования [263].

Согласно авторскому методологическому подходу многоуровневого сценарного конфигурирования предлагается выделить контуры конфигурации в разрезе вертикальной иерархии прогнозного ТЭБ: на уровне государства, региона, муниципального образования, включающих три сценарных модуля, учитывающих требования глобального энергоперехода и цифровой трансформации экономики.

При этом сценарные параметры обязательно должны отвечать предложенному автором главному принципу формирования прогнозного ТЭБ, а именно цифрообусловленности. *Первый сценарный модуль* позволяет сформировать сценарии исходя из предположения отсутствия существенно значимых достижений в области решения технико-технологических проблем в ТЭК с периодом упреждения до 10 лет (предпочтительнее прогнозный период устанавливать 3 года). Выделяемые сценарные параметры должны охватывать: геополитическую ситуацию, эколого-климатическую составляющую, уровень технологического развития в пределах горизонта формирования сценариев, уровень экономического развития государства (региона, муниципального образования), а также регуляторный и нормативный аспекты. В данном модуле происходит декомпозиция сценариев с выделением базового, целевого, сценария цифровой обусловленности, стресс-сценария, технологических возможностей в контексте развития ТЭК и влияния на структуру ТЭБ;

*Второй сценарный модуль* позволяет сформировать сценарии исходя из предположения технологического прорыва в решении проблем в ТЭК, которые могут изменить структуру ТЭБ, например, за счет более активного включения ВИЭ, внедрения ресурсосберегающих, энергосберегающих технологий или с позиции обоснования желаемой структуры ТЭБ в рамках достаточно долгосрочного прогнозного периода: 10, 30, 50 лет, что возможно посредством встраивания элементов технологического форсайта в данный модуль. Декомпозиция сценариев происходит аналогично первому сценарному модулю;

*Третий сценарный модуль* предполагает проигрывание ситуаций по усилению внешних шоков.

Важнейшей задачей в контексте интеграции технологического прогнозирования в систему управления структурой ТЭБ является создание равных конкурентных условий для развития ТЭК и связанных с ним секторов экономики посредством опережающей разработки научно-технического потенциала, необходимого для реализации целевой структуры ТЭБ [243]. А это означает и обеспечение технологической независимости в области энергетики, использования отечественных технических решений и технологий в сфере добычи углеводородов и других невозобновляемых ресурсов, в области более активного использования ВИЭ и т. д.

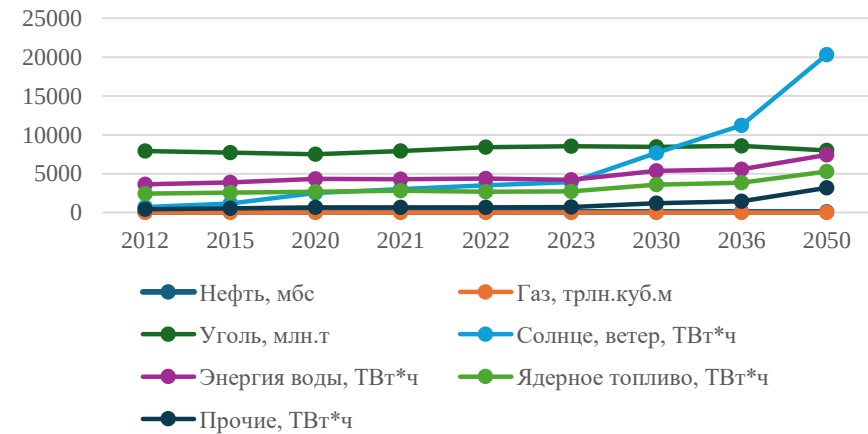
Необходимо также отметить, что стартовой точкой в процессе многоуровневого сценарного конфигурирования необходимо принять отраженную структуру ТЭБ в официальных стратегических документах, утвержденных на уровне государства. Одним из таких документов является действующая Энергетическая стратегия РФ на период до 2050 года. В таблицах 3.3–3.4 представлен анализ отраженных в Стратегии данных о мировом потреблении первичных энергетических ресурсов.

Анализ динамики мирового потребления энергетических ресурсов в рамках целевого сценария показывает, что к 2050 году будет сохраняться рост общего энергопотребления при одновременном существенном изменении его структурных характеристик. Наиболее устойчивый рост демонстрируют природный газ, а также низкоуглеродные и безуглеродные источники энергии, прежде всего солнечная и ветровая генерация, энергия воды, атомная энергия и иные альтернативные источники, что свидетельствует о смещении приоритетов в сторону более экологичных ресурсов.

Нефть в рассматриваемом периоде сохраняет положительную динамику, однако темпы ее роста являются умеренными: с 102 млн. барр. в сутки в 2023 году до 114 млн барр. в сутки к 2050 году (+11,8%).

Таблица 3.3 – Анализ ключевых балансовых параметров, отраженных в Энергетической стратегии РФ на период до 2050 г.: потребление

| <i>Мировое потребление первичных энергетических ресурсов</i> |      |      |      |      |      |             |                   |       |       |
|--------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------------|-------------------|-------|-------|
| Энергетические ресурсы                                       | 2012 | 2015 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023        | Целевой сценарий→ |       |       |
|                                                              |      |      |      |      |      |             | 2030              | 2036  | 2050  |
| <b>Потребление, натуральные величины</b>                     |      |      |      |      |      |             |                   |       |       |
| Нефть, мбс                                                   | 90   | 95   | 91   | 97   | 99   | 102         | 108               | 109   | 114   |
| Газ, трлн.куб.м                                              | 3,5  | 3,5  | 3,9  | 4    | 4,1  | 4,1         | 4,4               | 4,6   | 5,1   |
| Уголь, млн.т                                                 | 7912 | 7697 | 7511 | 7930 | 8415 | 8536        | 8475              | 8596  | 8003  |
| Солнце, ветер, ТВт*ч                                         | 693  | 1175 | 2530 | 2999 | 3533 | <u>3935</u> | <u>7684</u>       | 11234 | 20328 |
| Энергия воды, ТВт*ч                                          | 3632 | 3888 | 4343 | 4299 | 4378 | 4210        | 5363              | 5578  | 7432  |
| Ядерное топливо, ТВт*ч                                       | 2461 | 2571 | 2673 | 2810 | 2682 | 2741        | 3587              | 3845  | 5301  |
| Прочие (без учета биотоплива), ТВт*ч                         | 443  | 532  | 667  | 667  | 688  | 730         | 1224              | 1458  | 3188  |

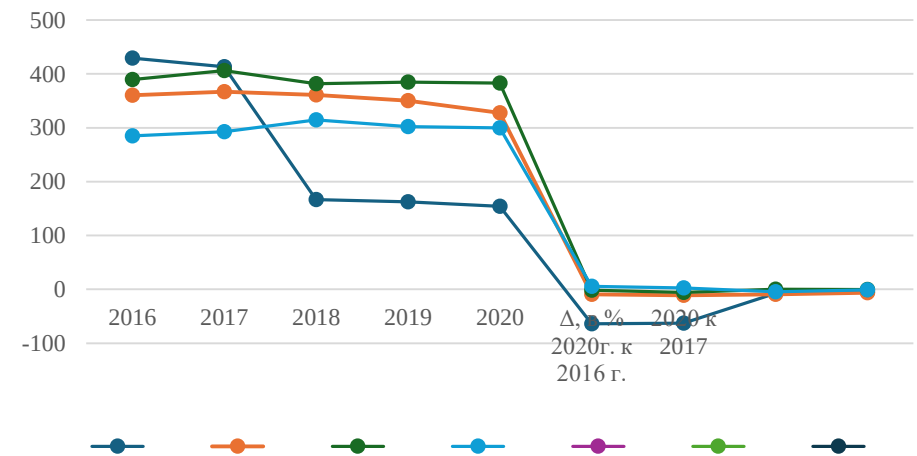


Источник: составлено автором на основании [398].



Таблица 3.4 – Анализ ключевых балансовых параметров, отраженных в Энергетической стратегии РФ на период до 2050 г.: доля в энергетическом балансе

| Мировое потребление первичных энергетических ресурсов |      |      |      |      |      |                   |                   |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
|-------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|-------------------|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|----|------|------|------|------|------|------|---------------|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Энергетические ресурсы                                | 2012 | 2015 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023              | Целевой сценарий→ |      |      | Реализация мероприятий для сбалансированного развития отраслей ТЭК с учетом баланса между надежностью и экологичностью обеспечения внутреннего рынка с наименьшими издержками и эффективной реализации экспортного потенциала, достижения национальных целей в области климатической политики, а также технологического суверенитета и конкурентоспособности отраслей ТЭК                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
|                                                       |      |      |      |      |      |                   | 2030              | 2036 | 2050 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Доля в энергетическом балансе                         |      |      |      |      |      |                   |                   |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Нефть, %                                              | 37,1 | 38,5 | 36,3 | 37   | 36,4 | 36,9              | 36,2              | 35,1 | 33,2 | <table><caption>Доля в энергетическом балансе (%)</caption><thead><tr><th>Источник энергии</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2020 г. к 2017 г.</th><th>2020 к 2016 г.</th></tr></thead><tbody><tr><td>Нефть</td><td>37,1</td><td>38,5</td><td>36,3</td><td>36,4</td><td>36,9</td><td>-1,4</td><td>-0,4</td></tr><tr><td>Газ</td><td>25,3</td><td>25,1</td><td>27,5</td><td>26,6</td><td>26,8</td><td>2,4</td><td>1,5</td></tr><tr><td>Уголь</td><td>32</td><td>30,7</td><td>29,7</td><td>29,7</td><td>30,3</td><td>-1,0</td><td>-1,7</td></tr><tr><td>Солнце, ветер</td><td>0,6</td><td>0,6</td><td>1,6</td><td>2,1</td><td>2</td><td>1,5</td><td>1,4</td></tr><tr><td>Энергия воды</td><td>2,8</td><td>2,8</td><td>2,7</td><td>2,6</td><td>2,5</td><td>-0,2</td><td>-0,3</td></tr><tr><td>Ядерное топливо</td><td>1,7</td><td>1,7</td><td>1,6</td><td>1,6</td><td>1,5</td><td>-0,1</td><td>-0,2</td></tr></tbody></table> | Источник энергии | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2020 г. к 2017 г. | 2020 к 2016 г. | Нефть | 37,1 | 38,5 | 36,3 | 36,4 | 36,9 | -1,4 | -0,4 | Газ | 25,3 | 25,1 | 27,5 | 26,6 | 26,8 | 2,4 | 1,5 | Уголь | 32 | 30,7 | 29,7 | 29,7 | 30,3 | -1,0 | -1,7 | Солнце, ветер | 0,6 | 0,6 | 1,6 | 2,1 | 2 | 1,5 | 1,4 | Энергия воды | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | -0,2 | -0,3 | Ядерное топливо | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | -0,1 | -0,2 |
| Источник энергии                                      | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2020 г. к 2017 г. | 2020 к 2016 г.    |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Нефть                                                 | 37,1 | 38,5 | 36,3 | 36,4 | 36,9 | -1,4              | -0,4              |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Газ                                                   | 25,3 | 25,1 | 27,5 | 26,6 | 26,8 | 2,4               | 1,5               |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Уголь                                                 | 32   | 30,7 | 29,7 | 29,7 | 30,3 | -1,0              | -1,7              |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Солнце, ветер                                         | 0,6  | 0,6  | 1,6  | 2,1  | 2    | 1,5               | 1,4               |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Энергия воды                                          | 2,8  | 2,8  | 2,7  | 2,6  | 2,5  | -0,2              | -0,3              |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Ядерное топливо                                       | 1,7  | 1,7  | 1,6  | 1,6  | 1,5  | -0,1              | -0,2              |      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Газ, %                                                | 25,3 | 25,1 | 27,5 | 26,6 | 26,8 | 26,1              | 25,7              | 25,9 | 26   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Уголь, %                                              | 32   | 30,7 | 29,7 | 29,7 | 30,3 | 30                | 28                | 26,8 | 22,8 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Солнце, ветер, %                                      | 0,6  | 0,6  | 1,6  | 2,1  | 2    | 2,5               | 4,1               | 6,1  | 10   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Энергия воды, %                                       | 2,8  | 2,8  | 2,7  | 2,6  | 2,5  | 2,5               | 3,2               | 3,1  | 3,6  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Ядерное топливо, %                                    | 1,7  | 1,7  | 1,6  | 1,6  | 1,5  | 1,5               | 1,8               | 2,2  | 2,8  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |
| Прочие (без учета биотоплива), %                      | 0,5  | 0,6  | 0,6  | 0,4  | 0,5  | 0,5               | 0,9               | 0,9  | 1,6  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |      |      |      |      |      |                   |                |       |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |       |    |      |      |      |      |      |      |               |     |     |     |     |   |     |     |              |     |     |     |     |     |      |      |                 |     |     |     |     |     |      |      |



Источник: составлено автором на основании [398].

Это позволяет сделать вывод о сохранении значимости нефти в мировой энергетике, но уже не в качестве безусловно доминирующего ресурса, а как элемента более диверсифицированного энергетического баланса. Потребление газа также возрастает с 4,1 до 5,1 трлн куб. м (+24,4%), что подтверждает его роль как переходного топлива в условиях декарбонизации и повышения требований к экологичности энергоснабжения. Потребление угля к 2050 году снижается по сравнению с 2023 годом: с 8536 до 8003 млн т (-6,2%).

Несмотря на сохранение значительных абсолютных объемов, это указывает на постепенное ослабление позиций угля в мировой энергетике, что соответствует логике энергоперехода и ужесточения климатической повестки.

Наиболее значительные структурные сдвиги происходят в секторе возобновляемых и низкоуглеродных источников энергии. Генерация на основе солнца и ветра возрастает с 3935 ТВтч в 2023 году до 20328 ТВтч к 2050 году, то есть более чем в 5 раз. Существенный рост демонстрируют также гидроэнергетика, атомная энергетика и прочие виды энергии. Данная динамика подтверждает, что именно эти сегменты будут выступать основой долгосрочной трансформации мирового энергетического баланса и определять технологическую траекторию развития ТЭК. Анализ на предмет изменений прогнозного ТЭБ РФ к базе 2023 года по разным сценариям, а также изменения доли потребления первичной энергии при базе сравнения 2023 года, проведенный на основе данных, отраженных в таблицах 3.5-3.6 показал, что не учитывается принцип цифрообусловленности формирования прогнозного ТЭБ, который по мнению автора в сложившихся условиях является главным.

В утвержденной энергетической стратегии прогнозный ТЭБ учитывает цифровую трансформацию только в ТЭК и преимущественно относительно «оптимизации бизнес-процессов за счет внедрения цифровых технологий, достижения высокого уровня цифровой зрелости основных участников отрасли, переход на новые управленческие и технологические уровни путем оптимизации и

Таблица 3.5 – Анализ прогнозного ТЭБ РФ по инерционному, целевому сценариям, сценарию ускоренного энергетического перехода (УЭП), стресс-сценарию (СС) и сценарию технологического потенциала (СТП) до 2050, млн. т.у.т. **Изменения к базе 2023 года**

| Мероприятия                  | 2030 г.              |        |        |      |        | 2036   |        |        |        |        | 2050   |        |        |        |        |
|------------------------------|----------------------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                              | ИС                   | ЦС     | УЭП    | СС   | СТП    | ИС     | ЦС     | УЭП    | СС     | СТП    | ИС     | ЦС     | УЭП    | СС     | СТП    |
| 1                            | 2                    | 3      | 4      | 5    | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     |
|                              | <b>Нефть</b>         |        |        |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| производство                 | -1,51                | 1,69   | -1,51  | -    | 11,30  | -10,17 | 1,69   | -1,51  | -45,20 | 9,42   | -32,20 | 1,69   | -3,20  | -67,80 | 3,01   |
| поставки на внутренний рынок | -1,35                | 2,69   | -3,03  | -    | 8,08   | -1,68  | 2,69   | -3,03  | -28,62 | 8,08   | -3,37  | 2,69   | -6,06  | -42,42 | 7,41   |
| поставки на экспорт          | -1,71                | 0,43   | 0,43   | -    | 15,38  | -22,22 | 0,43   | 0,43   | -66,24 | 11,11  | -68,80 | 0,43   | 0,43   | -      | -2,56  |
|                              | <b>Нефтепродукты</b> |        |        |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| объем переработки*           | -1,09                | 2,91   | 2,91   | -    | 8,00   | -1,09  | 2,91   | 2,91   | -27,27 | 8,00   | -1,09  | 2,91   | -0,36  | -40,36 | 108,0  |
| поставки на внутренний рынок | 9,03                 | 8,33   | 8,33   | 6,25 | 7,64   | 11,81  | 10,42  | 9,72   | 6,25   | 6,94   | 12,50  | 9,72   | 8,33   | 4,17   | 101,4  |
| поставки на экспорт          | -12,21               | -3,05  | -3,05  | -    | 31,30  | -15,27 | -5,34  | -4,58  | -64,12 | 9,16   | -16,03 | -4,58  | -9,92  | -89,31 | 115,3  |
|                              | <b>Газ</b>           |        |        |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Производство                 | 10,75                | 33,91  | 22,29  | 3,92 | 36,58  | 38,78  | 51,49  | 36,26  | 4,71   | 72,68  | 44,74  | 73,78  | 44,43  | 6,59   | 111,77 |
| Поставки на внутренний рынок | -4,93                | 12,90  | 2,62   | 3,43 | 16,33  | 13,71  | 18,75  | 10,48  | 4,44   | 20,36  | 21,37  | 34,88  | 15,32  | 6,85   | 41,13  |
| Поставки на экспорт-всего    | 60,94                | 100,68 | 84,93  | 2,05 | 100,68 | 119,18 | 157,53 | 119,18 | 2,05   | 244,52 | 119,18 | 200,00 | 138,36 | 2,05   | 344,52 |
| трубопроводные               | 10,81                | 49,50  | 26,73  | 1,98 | 49,50  | 66,34  | 95,05  | 66,34  | 1,98   | 203,96 | 66,34  | 95,05  | 66,34  | 1,98   | 203,96 |
| сжиженный природный газ      | 103,21               | 215,56 | 215,56 | 0,00 | 215,56 | 237,78 | 297,78 | 237,78 | 0,00   | 335,56 | 237,78 | 435,56 | 300,00 | 0,00   | 660,00 |

Окончание таблицы 3.5

| 1                            | 2              | 3      | 4      | 5     | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     |
|------------------------------|----------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Транзит                      | -0,84          | 0,00   |        | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   |        | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |        | 0,00   | 0,00   |
|                              | Уголь          |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Производство                 | 12,06          | 20,83  | 9,41   | -0,16 | 46,96  | 24,30  | 35,67  | 21,04  | -13,08 | 50,99  | 33,67  | 50,90  | 8,96   | -27,31 | 81,03  |
| Поставки на внутренний рынок | 9,07           | 10,12  | 43,73  | 11,11 | 3,65   | 10,67  | 12,11  | 50,36  | 11,06  | 3,65   | 25,87  | 28,08  | 23,83  | 2,54   | 20,51  |
| Поставки на экспорт          | 14,59          | 25,51  | 10,12  | -9,65 | 78,35  | 35,86  | 50,68  | 28,00  | -33,65 | 85,69  | 38,73  | 64,75  | 24,24  | -52,71 | 125,88 |
| Импорт                       | -33,33         | -27,78 | -22,22 | -     | -27,78 | -33,33 | -33,33 | -27,78 | -27,78 | -33,33 | -33,33 | -33,33 | -44,44 | -50,00 | -50,00 |
|                              | Электроэнергия |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Производство                 | 14,93          | 15,74  | 13,14  | 14,32 | 15,95  | 20,55  | 21,98  | 24,42  | 16,30  | 34,08  | 37,92  | 42,29  | 48,82  | 20,77  | 56,32  |
| Поставки на внутренний рынок | 15,01          | 15,83  | 13,23  | 14,18 | 15,83  | 20,64  | 22,07  | 24,64  | 16,33  | 34,30  | 38,15  | 42,53  | 49,30  | 20,85  | 56,78  |
| Сальдо перетока              | 7,26           | 8,06   | 4,84   | 26,61 | 26,61  | 12,90  | 13,71  | 4,84   | 13,71  | 13,71  | 16,94  | 20,16  | 4,84   | 13,71  | 13,71  |

Источник: составлено автором на основании данных Энергетической стратегии РФ на период до 2050 г. (приложение II).

**Условные обозначения:**

ИС – инерционный сценарий

ЦС – целевой сценарий

УЭП – сценарий ускоренного энергетического перехода

СС – стресс-сценарий

СТП – сценарий технологического потенциала

\*Данные по поставкам на внутренний рынок по нефти, газу, электроэнергии представлены с учетом потерь. Данные по нефтепродуктам, углю – без учета импорта. Данные по крупнотоннажной нефтехимии – с учетом импорта.

На протяжении всего рассматриваемого прогнозного периода наибольшая доля в утвержденном национальном прогнозном ТЭБ приходится на электроэнергию, газ и нефть (в укрупненном контексте сохраняется традиционная структура)

Согласно авторской логике представленный прогнозный ТЭБ слабо дифференцирован по структуре всех видов ТЭР, которые доступны к производству и потреблению, и на которые существует спрос как на внутреннем рынке, так и на внешнем. Даже не большие доли необходимо выделять в структуре прогнозного ТЭБ. Не обоснованно в прогнозном ТЭБ не выделена доля ВИЭ (в том числе по видам), особенно в условиях трансформации мирового энергетического рынка, четвертого энергоперехода

Таблица 3.6 – Изменение доли потребления первичной энергии при базе сравнения 2023 г., %

| Мероприятия                              | 2030 г. |       |        |       |       | 2036  |       |        |       |       | 2050  |       |        |        |       |
|------------------------------------------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
|                                          | ИС      | ЦС    | УЭП    | СС    | СТП   | ИС    | ЦС    | УЭП    | СС    | СТП   | ИС    | ЦС    | УЭП    | СС     | СТП   |
| Возобновляе-<br>мые источники<br>энергии | 0,43    | 0,41  | 0,03   | 0,57  | 0,20  | 0,65  | 0,64  | 0,18   | 0,56  | 0,77  | 0,88  | 0,88  | 1,29   | 0,58   | 2,80  |
| Гидроэлектро-<br>станции                 | -0,35   | -0,51 | -3,27  | 0,28  | -0,23 | -0,16 | -0,27 | -3,27  | 0,32  | 0,41  | -0,25 | -0,25 | -2,75  | 0,52   | 0,48  |
| Атомные элек-<br>тростанции              | -0,05   | -0,24 | 1,86   | 0,57  | 0,10  | 0,94  | 0,79  | 3,09   | 1,19  | 1,06  | 2,36  | 2,83  | 6,57   | 3,10   | 3,09  |
| Уголь, млн. т.                           | 0,34    | 0,02  | 0,97   | 1,85  | -0,81 | 0,08  | -0,14 | 0,20   | 1,69  | -1,24 | 0,73  | 0,48  | -2,76  | 0,99   | -1,29 |
| Нефть, млн. т.                           | -2,03   | -2,03 | -13,16 | -7,39 | -1,11 | -3,15 | -2,95 | -13,71 | -7,70 | -2,39 | -5,08 | -5,08 | -15,49 | -11,48 | -6,60 |
| Газ, млрд.<br>куб.м.                     | 1,65    | 2,36  | 13,58  | 4,12  | 1,84  | 1,64  | 1,92  | 13,51  | 3,95  | 1,40  | 1,36  | 1,13  | 13,13  | 6,29   | 1,53  |

Источник: расчеты сделан автором на основании данных Энергетической стратегии РФ на период до 2050 года (распоряжение от 12 апреля 2005 г. № 908-р) [398].

«Атомная генерация и гидрогенерация являются низкоуглеродными источниками электроэнергии и сопоставимы по уровню выбросов парниковых газов на всем жизненном цикле с генерацией на основе ВИЭ» [398].

трансформации бизнес-процесса, в том числе с применением общих информационных моделей, «сквозных» цифровых технологий и платформенных решений» [398]. В прогнозных ТЭБ по мнению автора во всех сценариях демонстрируются не достаточные темпы прироста электропроизводства.

По информации П. Конюшенко заместителя министра энергетики Российской Федерации: «Россия сегодня входит в четверку стран по объему электропотребления. В 2024 году оно составляло 1,2 трлн кВт\*ч, а к 2050 году увеличится на 34% — до 1,6 трлн кВт\*ч. Для покрытия прогнозируемого роста потребления планируется увеличить установленную мощность всех электростанций с учетом вывода из эксплуатации и модернизации действующего оборудования с 270 ГВт в 2024 году до более 330 ГВт к 2050 году, или на 22 % относительно 2024 года. Сейчас затраты на обеспечение 1,6 трлн кВт\*ч оцениваются в 53 трлн рублей. Две трети этих средств — на генерацию, одна треть — на электросетевое хозяйство» [223].

Согласно авторской логике, предлагается выделение отдельного сценария цифрообусловленности (СЦО), в рамках которого цифровизация рассматривается как самостоятельный фактор структурной трансформации энергетической системы. Его смысловое содержание заключается в учете влияния цифровой экономики, цифровой инфраструктуры и энергоемких вычислительных технологий на объемы, структуру, режимы и территориальную дифференциацию производства и потребления ТЭР, прежде всего на рост спроса на электроэнергию, а также на параметры энергоперехода. Выделение данного сценария обусловлено тем, что в современных условиях цифровизация становится самостоятельным фактором роста спроса на электроэнергию и трансформации структуры ТЭБ, что требует ее специального учета наряду с инерционным, целевым, стрессовым и иными сценариями, отраженными в Энергетической стратегии РФ до 2050 г.

Автором предлагается при формировании сценария цифрообусловленности принять за вариативную часть мероприятия, направленные на развитие ВИЭ (что отражено еще в более ранних работах автора диссертационного исследования [109, 250]), ГЭС и АЭС, что отвечает требованиям глобального энергоперехода.

Традиционные, невозобновляемые источники энергии (нефть, уголь, газ) принять на уровне целевого сценария, отраженного в Энергетической стратегии РФ до 2050 года и соответствующие 2036 прогнозируемому периоду (таблица 3.7).

При этом вариативная часть сценария цифрообусловленности формировалась в соответствии с прогнозами спроса на электроэнергию и разброса генерации ВИЭ, ГЭС и АЭС по сценариям энергетической стратегии. Необходимо отметить, что в действующих официальных документах стратегического планирования и прогнозирования электроэнергетики РФ отсутствует системно выделенный прогноз спроса на электроэнергию, формируемого цифровой трансформацией экономики, включая развитие ЦОД, телекоммуникационной инфраструктуры, платформенных сервисов и энергоемких вычислительных процессов.

Таблица 3.7 – Конфигурация сценария цифрообусловленности (национальный уровень) в разрезе потребления первичной энергии

| Мероприятия                                    | Прогнозный период – 2036<br>год, млн. т.у.т. |                                         | 2036<br>СЦО               | Структура, % |                | Отклонение<br>СЦО от ЦС,<br>млн.т.у.т |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|--------------|----------------|---------------------------------------|
|                                                | ЦС<br>Энергострате-<br>гия [398]             | СЦО<br>(предлага-<br>емый ав-<br>тором) |                           | ЦС<br>[398]  | СЦО            |                                       |
| Возобновляемые ис-<br>точники энергии<br>(ВИЭ) | 12,6                                         | 14,8                                    | Вари-<br>ативная<br>часть | 0,89         | 1,03           | 2,2                                   |
| Гидроэлектростан-<br>ции (ГЭС)                 | 75,4                                         | 87,5                                    |                           | 5,31         | 6,06           | 12,1                                  |
| Атомные электро-<br>станции (АЭС)              | 96,4                                         | 106                                     |                           | 6,79         | 7,35           | 9,6                                   |
| Уголь*                                         | 153,5                                        | 153,5                                   | ЦС                        | 10,82        | 10,64          | 0                                     |
| Нефть*                                         | 404,7                                        | 404,7                                   |                           | 28,52        | 28,05          | 0                                     |
| Газ*                                           | 676,5                                        | 676,5                                   |                           | 47,67        | 46,88          | 0                                     |
| <b>Сумма<br/>ВИЭ+ГЭС+АЭС</b>                   | <b>184,4</b>                                 | <b>208,3</b>                            | -                         | <b>12,99</b> | <b>14,44**</b> | <b>23,9</b>                           |
| <b>Сумма уголь<br/>+нефть+газ</b>              | <b>1234,7</b>                                | <b>1234,7</b>                           | -                         | <b>87,01</b> | <b>85,56</b>   | <b>0</b>                              |
| <b>Итого</b>                                   | <b>1419,1</b>                                | <b>1443</b>                             | -                         | <b>100</b>   | <b>100</b>     | <b>23,9</b>                           |

Источник: составлено автором.

Примечание к таблице 3.7

\* - значения приняты на уровне целевого сценария в энергостратегии в прогнозном периоде до 2036 г.

\*\* - полученные результаты можно верифицировать с экспертным мнением Ю. Плакиткина, Л. Плакиткиной, К. Дьяченко и что, по мнению автора диссертационного исследования, соответствует тенденции, отраженной в научной публикации: «Проведенный нейросетевой прогноз указывает на то, что примерный энергетический баланс к концу XXI в. может иметь вид:

- ВИЭ, включая орбитальные группировки, примерно 20%;
- ядерные, в т. ч. Возможно термоядерные источники энергии, около 80%.

Такое соотношение позволяет обеспечить уровни плотности энергии, полученные при проведении прогнозных расчетов. Значительный толчок развития мировой энергетики в период 2050–2060 гг., по-видимому, будет связан с широким применением передовых ядерных установок замкнутого цикла, работающих на быстрых нейтронах, что существенным образом повысит среднюю плотность энергии энергоисточников, используемой в экономике» [283].

В публикациях прослеживаются отдельные прогнозы компаний на предмет роста электропотребления, вызванного развитием ЦОД. Например, «по прогнозам группы «Рексофт», в базовом сценарии общая потребность в энергообеспечении новых и существующих ЦОДов в нашей стране увеличится почти втрое — с текущих 0,84 ГВт до 2,34 ГВт в период с 2025 по 2030 года» [173]. Как правило, соответствующий рост учитывается в составе общего электропотребления без специальной декомпозиции по цифровому фактору, что подтверждает необходимость введения принципа цифрообусловленности при формировании прогнозного ТЭБ.

Для закрытия дополнительной потребности в разрезе потребления первичной энергии, отраженной в сценарии цифрообусловленности необходимо обеспечить прирост новых генерирующих мощностей, отвечающих требованиям глобального энергоперехода. Соответственно приоритет отдается ВИЭ, ГЭС и АЭС со структурой: 1%, 6%, 7%.

Расчет потребности в дополнительных генерирующих мощностях осуществляется по формуле:

$$P_i = \frac{E * d_i * 1000}{T_i}, \quad (3.8)$$

где  $P_i$  – требуемая дополнительная мощность, ГВт;

$E$  – дополнительная выработка, млрд. кВт\*ч;

$T_i$  – число часов использования мощности в год;

$d_i$  – доля соответствующего вида генерации.



По данным Министерства Энергетики в 2019 г. «число часов и коэффициент использования установленной мощности (доля календарного времени) по типам генерации следующие» [268]: ТЭС – около 4002 часа (45,7% календарного времени); АЭС – 6992 часов (79,8% календарного времени); ГЭС – 3841 часов (43,9% календарного времени); ВЭС – 1745 часов (19,9% календарного времени); СЭС – 1239 часов (14,1% календарного времени).

В таблице 3.8 представлен расчет потребности в новых генерирующих мощностях для покрытия дополнительной потребности сценария цифрообусловленности.

Таблица 3.8 – Потребность в дополнительных генерирующих мощностях (ВИЭ, ГЭС, АЭС). Сценарий цифрообусловленности, 2036 год

| Структура покрытия прироста                                                                                      | Доля в энергобалансе, % | Отклонение СЦО от ЦС, млн.т.у.т | Отклонение СЦО от ЦС, млрд.кВт*ч | Доля покрытия за счет источника энергии | Требуемая дополнительная мощность, ГВт |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| ВИЭ, в т.ч.                                                                                                      | 1                       | 2,2                             | 17,89                            | 0,16                                    | -                                      |
| - СЭС                                                                                                            | 0,5                     |                                 |                                  |                                         | 3,29                                   |
| - ВЭС                                                                                                            | 0,5                     |                                 |                                  |                                         | 2,33                                   |
| ГЭС                                                                                                              | 6                       | 8,4                             | 68,4                             | 0,6                                     | 12,7                                   |
| АЭС                                                                                                              | 7                       | 3,4                             | 27,97                            | 0,24                                    | 8,15                                   |
| Итого                                                                                                            | 14                      | 14,02                           | 114,25                           | 1                                       | 26,49                                  |
| Примечание: к 2030 году потребуется 6,57 ГВт только для развития центров обработки данных (ЦОД) и майнинга [393] |                         |                                 |                                  |                                         |                                        |

*Источник: составлено автором.*

В расчетах принята мощность СЭС, ВЭС, ГЭС и АЭС исходя из данных таблицы 3.9. В рамках сценария цифрообусловленности акцент необходимо сделать на развитие малой генерации, так как именно данный сегмент в наибольшей степени соответствует требованиям цифровой трансформации экономики к территориальной специфике, гибкости и надежности энергоснабжения.

Таблица 3.9 – Мощность СЭС, ВЭС, ГЭС и АЭС, принятая в обосновании количества новых генерирующих мощностей

| Вид электростанции                          | Мощность, МВт, закладываемая в расчеты | Примечание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                           | 2                                      | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| СЭС                                         | 100                                    | Средняя мощность – 100-200 МВт<br>Старомарьевская СЭС – 105 МВт<br>Загорская СЭС – 60 МВт<br>Время на строительство в среднем от нескольких месяцев до 1-2 лет. Цена за 1 МВт установленной мощности составляет около 1,2-1,5 миллиона долларов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ВЭС                                         | 30                                     | Средняя мощность одной ветряной турбины составляет порядка 2-4 МВт<br>Ульяновская ВЭС – 35 МВт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ГЭС                                         | -                                      | Саяно-Шушенская ГЭС — мощность 6,4 ГВт<br>Красноярская ГЭС — мощность 6 ГВт<br>Братская ГЭС — мощность 4,5 ГВт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| МГЭС (малая)                                | 5                                      | МГЭС — это растущий сегмент рынка гидроэнергетики, позиционируемый как «зеленая» и «автономная» энергия [120]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                             |                                        | МГЭС «Ляскеля» - 4,8 МВт<br>МГЭС «Рюмякоски» - 0,63 МВт<br>МГЭС «Кокадой» - 1,3 МВт<br>МГЭС «Лыковская» - 1,22 МВт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| АЭС                                         | -                                      | Мощность одной АЭС может быть до 4-6 ГВт энергии Ленинградская АЭС имеет мощность 4,2 ГВт,<br>Калининская АЭС — 4 ГВт.<br>Курская АЭС – 4,4 ГВт.<br>Балаковская АЭС — мощность 4 ГВ<br>Нововоронежская АЭС — мощность 3,3 ГВт<br>Строительство новой АЭС может занять от 10 до 15 лет и потребовать инвестиций от 6 до 9 миллиардов долларов.<br>Необходимо учитывать стоимость их вывода из эксплуатации — в «Генсхеме размещения объектов электроэнергетики до 2042 года» она принята равной 20% от величины капитальных затрат [393]<br>Наиболее надежный источник энергии для потребителей, которым регулярно необходимо много энергии без перебоев, например, для ЦОДов, майнинга, промышленных предприятий |
| Атомные станции малой мощности (АСММ) [219] | 20                                     | Якутская АСММ. Мощность — 110 МВт.<br>Плавучий энергоблок «Баимский» на Чукотке. Мощность — 424 МВт.<br>АСММ на базе реакторной установки «Шельф-М». Мощность — до 10 МВт.<br>Реактор «Елена-АМ». Тепловая мощность — 7–14 МВт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Расширение использования СЭС и ВЭС, малых ГЭС и АЭС малой мощности

позволяет приблизить источники выработки электроэнергии к центрам формирования цифрового спроса, снизить нагрузку на магистральную сетевую инфраструктуру, повысить надежность энергоснабжения удаленных и быстрорастущих территорий, а также обеспечить более адаптивную конфигурацию энергосистемы в условиях энергоперехода. В этой связи развитие малой генерации рассматривается как один из ключевых инструментов обеспечения дополнительного спроса на электроэнергию, формируемого цифровой трансформацией экономики.

В таблице 3.10 отражена потребность в строительстве новых объектов для реализации сценария цифрообусловленности до 2036 года, а в таблице 3.11 ключевые показатели оценки проектов по строительству СЭС, ЭС, МГЭС.

Таблица 3.10 – Потребность в новых объектах для реализации сценария цифрообусловленности до 2036 года

| Вид электростанции                                                                                                                                                                                                                                                   | Количество новых генерирующих мощностей |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| СЭС                                                                                                                                                                                                                                                                  | 56                                      |
| ВЭС                                                                                                                                                                                                                                                                  | 133                                     |
| МГЭС (малая)                                                                                                                                                                                                                                                         | 4336                                    |
| Атомные станции малой мощности (АСММ)                                                                                                                                                                                                                                | 695                                     |
| Примечание: на уровне государства запланирован объем капитальных вложений на развитие зеленой генерации в 2025-2035 годах в объеме до 400 млрд рублей. На долю ВЭС – до 222 млрд рублей, на СЭС – до 148 млрд рублей, на проекты малых ГЭС – до 30 млрд рублей [103] |                                         |

*Источник: расчеты автора.*

На основании выявленной потребности в дополнительной генерации можно сделать вывод, что реализация сценария цифрообусловленности требует не только количественного расширения генерирующих мощностей, но и выбора такой структуры ввода, которая обеспечивает баланс между сроками строительства, капитальными затратами, сроком эксплуатации, коэффициентом использования установленной мощности и стоимостью жизненного цикла электроэнергии.

Таблица 3.11 – Генерация, функционирующая на основе ВИЭ (Россия)<sup>8</sup>

| Показатель              | СЭС |     | ВЭС |     | МГЭС |     | АЭС          |     | ГЭС |     |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|--------------|-----|-----|-----|
|                         |     |     |     |     |      |     | Традиционные |     |     |     |
|                         | min | max | min | max | min  | max | min          | max | min | max |
| Срок эксплуатации, лет  | 15  | 25  | 25  | 30  | 30   | 50  | 40           | 70  | 50  | 70  |
| Срок строительства, лет | 1   | 15  | 1,5 | 2,0 | 2    | 5   | 7            | 10  | 7   | 10  |

## Окончание таблицы 3.11

| 1                                                          | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
|------------------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Капитальные затраты (CAPEX), \$/кВт                        | 813 | 1000 | 1375 | 1875 | 2750 | 4000 | 3225 | 5161 | 2500 | 4000 |
| Операционные затраты (OPEX), \$/кВт в год                  | 9   | 19   | 25   | 44   | 33   | 41   | 61   | 65   | 23   | 38   |
| Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), % | 14  | 19   | 25   | 38   | 35   | 50   | 80   | 85   | 35   | 50   |

*Источник: [331]*

Расчетная потребность в малых ГЭС и атомных станциях малой мощности показывает, что основной акцент в данном сценарии смещается в сторону распределенной и малой генерации, способной территориально приблизить производство электроэнергии к центрам цифрового спроса.

Сравнительный анализ технико-экономических параметров показывает, что СЭС обладают преимуществом по минимальным капитальным затратам, 813–1000 \$/кВт, и относительно низким уровнем операционных затрат, 9–19 \$/кВт в год, однако характеризуются низким КИУМ, 14–19%, и ограниченным сроком эксплуатации, 15–25 лет. Это делает их целесообразными для быстрого

<sup>8</sup> Примечание к табл. 3.11: «Для данных по России использовались следующие значения макропараметров: WACC – 20,5%, Индекс потребительских цен (ИПЦ) – 4%, налог на прибыль – 25%, курс доллара – 80 рублей/\$» [331] В проекте постановления правительства предлагалось установить базовый уровень CAPEX для сооружений АЭС с вводами после 1 января 2025 года на уровне 184,1 тыс. рублей за 1 кВт мощности (в ценах 2021 года с соответствующей индексацией по инфляции).

Предложенный уровень капитальных затрат ниже среднемировых цен строительства АЭС. Так, в начале 2022 года CAPEX планируемой АЭС «Росатома» в Египте оценивался в 6,25 тыс. \$ за 1 кВт. За рубежом, по информации того же эксперта, CAPEX может варьироваться в диапазоне 3–7 тыс. \$ за 1 кВт.

Базовый показатель эксплуатационных затрат в случае утверждения постановления составит 138,5 тыс. рублей за 1 МВт в месяц, расходов центрального аппарата – 27,5 тыс. рублей за 1 МВт в месяц.

Норма доходности инвестированного капитала для «Росатома» определена на уровне 10,5%, срок окупаемости АЭС, введенных после начала следующего года, составит 300 месяцев (25 лет) вместо 240 месяцев (20 лет) для более ранних проектов ДПМ АЭС.

Схожие показатели (10,5%; 25 лет; 182,9 тыс. рублей за 1 кВт) представители «Росатома» озвучивали на совещании в Минэнерго в конце 2021 года, на котором обсуждалась стоимость проектов с вводами после 2024 года [233]

Для 2025 года установлена норма доходности инвестированного капитала (НД) на уровне 0,105 (10,5%). Начиная с 2026 года НД определяется по формуле, учитывающей среднюю доходность долгосрочных государственных обязательств со сроком погашения не менее 7 лет и не более 11 лет [362].

наращивания распределенной генерации, но требует учета нестабильности выработки и потребности в резервировании.

ВЭС характеризуются более высоким КИУМ, 25–38%, и более длительным сроком эксплуатации, 25–30 лет, при CAPEX 1375–1875 \$/кВт и LCOE 70–181 \$/МВт\*ч. С учетом потребности в 133 объектах ВЭС данный тип генерации может рассматриваться как более экономически сбалансированный источник возобновляемой электроэнергии по сравнению с СЭС, особенно в регионах с благоприятным ветровым потенциалом.

Наиболее масштабная количественная потребность выявлена по МГЭС, регулируемые водопользованием. Это связано с ограниченной единичной мощностью малых гидроэлектростанций и необходимостью широкого территориального размещения. При этом МГЭС имеют сравнительно длительный срок эксплуатации, 30–50 лет, и высокий КИУМ, 35–50%, однако отличаются более высокими капитальными затратами, 2750–4000 \$/кВт, и LCOE 151–373 \$/МВт\*ч. Следовательно, их развитие целесообразно прежде всего в территориях с выраженным гидроэнергетическим потенциалом, где они могут обеспечивать устойчивую локальную генерацию.

Реализация сценария цифрообусловленности прогнозного ТЭБ предполагает необходимость дополнительного развития генерирующей инфраструктуры, обусловленную в том числе ростом спроса на электроэнергию со стороны цифровой трансформации экономики, ЦОД, телекоммуникационных сетей и иных объектов цифровой инфраструктуры.

В 2020 г. и Россия, и Китай входили в группу перспективных стран в части цифровизации [23], т. е. внедряемые цифровые технологии развивались динамично, а значительный потенциал их роста делал данные страны привлекательными для новаторов и инвесторов [362]. В 2012–2021 гг. средние темпы роста цифровой экономики Китая составляли 15,9 %, а вклад цифровой экономики в ВВП страны увеличился на 18,9 %, достигнув в 2021 г. 39,8 % [18]. По данным НИУ ВШЭ, в России средний темп роста валовой добавленной стоимости сектора ИКТ в 2018–2021 гг. составлял 13,2 % [375].

Динамика экспорта услуг в области информационно-телекоммуникационных технологий ИКТ в России и Китае представлена на рисунке 3.10.

Укрупненный расчет, сделанный автором, показывает, что для покрытия соответствующей дополнительной потребности в электроэнергии требуется ввод значительного количества новых генерирующих объектов низкоуглеродного и распределенного типа. Высокие темпы роста цифровой экономики по мнению автора позволяют рассматривать сектор ИКТ не только как источник дополнительного спроса на электроэнергию, но и как потенциальный источник формирования инвестиционных ресурсов для развития энергетической инфраструктуры. В частности, экспорт высокотехнологичной продукции сектора ИКТ может способствовать частичной компенсации затрат на строительство новых генерирующих мощностей, включая СЭС, ВЭС, малые ГЭС и атомные станции малой мощности, при условии формирования соответствующих финансово-экономических механизмов перераспределения доходов цифрового сектора в инфраструктурные инвестиции.



Рисунок 3.10 – Динамика экспорта услуг в области информационно-телекоммуникационных технологий ИКТ (% от общего объема экспорта услуг) и экспорта высокотехнологичных товаров (% от экспорта промышленных товаров) в России и Китае [360]

Автор поддерживает экспертное мнение главы Республики Саха (Якутия),

что «Без участия государства реализовать крупные энергетические проекты крайне сложно. Это подтверждают и регионы, и энергокомпании. Необходимы налоговые стимулы, прямые инвестиции, участие институтов развития и справедливое тарифное регулирование» [223]. Развитие малой генерации в рамках сценария цифровой обусловленности может быть обеспечено не только за счет технологической целесообразности, но и при наличии соответствующих механизмов государственной и корпоративной поддержки. В частности, в 2024 г. Правительством Российской Федерации была продлена поддержка проектов малых ГЭС мощностью до 50 МВт до 2033 г. с одновременным увеличением ее объема (Кабмин распоряжением от 03.09.2024 № 2414-р продлил поддержку проектов малых ГЭС до 50 МВт до 2033 года и увеличил ее объем на 4 млрд рублей [288]). Объем финансирования на этот период составляет 8,336 млрд рублей, из них: 227 млн руб. — на 2026 год; 1,47 млрд руб. — на 2027 год; 1,435 млрд руб. — на 2028 год; 1,369 млрд руб. — на 2029 год; 1,215 млрд руб. — на 2030 год; 927 млн руб. — на 2031 год; 890 млн руб. — на 2032 год; 803 млн руб. — на 2033 год.

Одним из ключевых инструментов стимулирования строительства объектов ВИЭ остаются договоры о предоставлении мощности ДПМ ВИЭ, предусматривающие гарантированную оплату поставки фиксированных объемов мощности потребителям и тем самым обеспечивающие компенсацию затрат на обслуживание и эксплуатацию ВИЭ-станций.

С учетом действия второй версии программы ДПМ ВИЭ 2.0 на период 2025–2035 гг., ориентированной на развитие российского кластера ВИЭ-генерации, локализацию производства оборудования и стимулирование его экспорта, формируются институциональные предпосылки для расширения солнечной, ветровой и малой гидрогенерации. Наряду с этим перспективным направлением выступает развитие атомных станций малой мощности АСММ, представляющих собой установки мощностью до 300 МВт с высокой степенью заводской готовности, строительство которых реализуется ГК «Росатом» на базе реакторов серии РИТМ. Финансирование таких проектов может осуществляться за счет собственных средств Росатома, поступлений от продажи электроэнергии и

мощности атомных блоков, построенных по программе ДПМ, а также с привлечением частного капитала и механизмов государственно-частного партнерства для масштабных проектов. Таким образом, сценарий цифрообусловленности формирует дополнительную инвестиционную и инфраструктурную нагрузку на энергетическую систему, поскольку цифровой спрос не может быть обеспечен только за счет существующих мощностей без риска усиления дефицита электроэнергии, снижения надежности энергоснабжения и ограничения темпов цифровой трансформации экономики. Полученные расчетные значения свидетельствуют о необходимости опережающего планирования ввода новых генерирующих мощностей, прежде всего в сегментах СЭС, ВЭС, малой гидроэнергетики и атомных станций малой мощности. В таблице 3.12 представлен укрупнений расчет требуемого объема капитальных вложений, рассчитанного автором, в обеспечение прироста дополнительных генерирующих мощностей, соответствующих сценарию цифрообусловленности.

Таблица 3.12 – Укрупненный расчет капитальных вложений в обеспечение ввода новых генерирующих мощностей по сценарию цифрообусловленности

| Вид электростанции                    | Дополнительная потребность в генерирующих мощностях, СЦО (2036), млн.кВт | Дополнительная потребность, СЦО (2036), млрд.кВт*ч | Капитальные затраты (CAPEX), \$/кВт |      | Потребность в капитальных вложениях, млрд.\$ |       |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|------|----------------------------------------------|-------|
|                                       |                                                                          |                                                    | min                                 | max  | min                                          | max   |
| СЭС                                   | 7,2                                                                      | 8,94                                               | 813                                 | 1000 | 5,9                                          | 7,22  |
| ВЭС                                   | 5,1                                                                      | 8,94                                               | 1375                                | 1875 | 7,04                                         | 9,61  |
| МГЭС (малая)                          | 17,8                                                                     | 68,4                                               | 2750                                | 4000 | 48,97                                        | 71,23 |
| Атомные станции малой мощности (АСММ) | 4                                                                        | 27,97                                              | 2000                                | 3000 | 8                                            | 12    |
| Итого                                 | 34,1                                                                     | 114,25                                             | -                                   | -    | 69,9                                         | 100,1 |

Справочно: из стратегии социально-экономического развития до 2036 года (СЭР):  
С учетом прогнозируемого развития экономики страны производство электроэнергии в 2030 году намечается в объеме 1 241,6 млрд.кВт\*ч, электропотребление внутреннего рынка увеличится до 1 229,0 млрд.кВт\*ч. При этом, в 2036 году производство Электроэнергии оценивается в объеме 1316,1 млрд.кВт\*ч, электропотребление внутреннего рынка увеличится до 1 303,4 млрд.кВт\*ч



| ПРОИЗВОДСТВО (2036 г.),<br>млрд.кВт*ч                                                     | ПОТРЕБЛЕНИЕ (2036 г.), млрд.кВт*ч                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЦС –1404,8 (рост на 21,98% от базы 2023 года)                                             | 1419,1 млн. тут /0,123 =11537,4 млрд.кВт*ч<br>Потребление первичной энергии                                                                                                                    |
| СЦО (автор на 12,02% больше ЦС) – 1544,20 (рост на 34% от базы 2023 года)                 |                                                                                                                                                                                                |
| СЭР (стратегия социально-экономического развития) –1316,1 (рост 14,27% от базы 2023 года) | 1 303,4 млрд.кВт*ч (электропотребление на внутреннем рынке)- 6,7% от базы 2023 года                                                                                                            |
| 1151,7 из ЦС энергостратегии фактическое значение за 2023 год                             | 1250 млн.тут – фактическое потребление первичной энергии в 2023 году<br>1122 млрд кВт·ч (фактическое электропотребление на внутреннем рынке в 2023 году)<br>1371,92 млрд кВт·ч (2036 г.) [297] |

*Источник: расчеты по СЦО выполнены автором.*

В таблице 3.13 представлена рациональная структура генерирующих мощностей по видам используемых первичных энергетических ресурсов для обеспечения потребностей экономики и населения РФ в электрической энергии и мощности, отраженная в Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2042 года. Согласно авторской логике при экстраполяции среднегодового темпа роста потребности в энергообеспечении ЦОД, заложенный в прогнозе группы Рексофт на период 2025–2030 гг., можно получить, что к 2036 году совокупная потребность ЦОД в мощности может достигнуть около 8,0 ГВт. При условии круглосуточного режима работы это соответствует годовому потреблению электроэнергии на уровне 70080 млн кВт\*ч, или 70,08 млрд кВт\*ч. (5% от общего производства).

Таблица 3.13 – Рациональная структура генерирующих мощностей по синхронным зонам с разделением по видам используемых первичных энергетических ресурсов для обеспечения потребностей экономики и населения Российской Федерации в электрической энергии и мощности

| Наименование | 2023 г. (факт)                                                                                 |   | 2036 г. (прогноз) |   |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------|---|
|              | МВт                                                                                            | % | МВт               | % |
|              | I. Структура <b>установленной мощности</b> электростанций электроэнергетической системы России |   |                   |   |
| 1            | 2                                                                                              | 3 | 4                 | 5 |

Окончание таблицы 3.13

| 1                                                                                                      | 2                | 3          | 4                                                                                                                                                                 | 5          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Электроэнергетическая система России, всего</b>                                                     | <b>253535,1</b>  | <b>100</b> | <b>287419</b>                                                                                                                                                     | <b>100</b> |
| атомные электростанции                                                                                 | 29649            | 11,7       | 37486                                                                                                                                                             | 13         |
| гидроэлектростанции                                                                                    | 51484            | 20,3       | 55109,1                                                                                                                                                           | 19,2       |
| гидроаккумулирующие электростанции                                                                     | 1355,9           | 0,5        | 4898,9                                                                                                                                                            | 1,7        |
| тепловые электростанции, геотермальные электростанции                                                  | 166356,4         | 65,6       | 173385                                                                                                                                                            | 60,3       |
| -газ                                                                                                   | 124174,7         | 49         | 130089,8                                                                                                                                                          | 45,3       |
| -уголь                                                                                                 | 38408,4          | 15,1       | 38577,2                                                                                                                                                           | 13,4       |
| -прочее                                                                                                | 3773,3           | 1,5        | 4718                                                                                                                                                              | 1,6        |
| ветроэлектрические станции, солнечные электростанции                                                   | 4689,8           | 1,9        | 6540                                                                                                                                                              | 5,8        |
| <b>Структура производства электрической энергии по электроэнергетической системе России, млн.кВт*ч</b> |                  |            |                                                                                                                                                                   |            |
| <b>Электроэнергетическая система России, всего</b>                                                     | <b>1149983,6</b> | <b>100</b> | <b>1404842,6</b><br><i>Прогноз потребления ЦОД к 2030 году:<br/>2,34 ГВт = 20500 млн.кВт*ч в год при<br/>непрерывной работе (1,5% от общего<br/>производства)</i> | <b>100</b> |
| атомные электростанции                                                                                 | 217696,7         | 18,9       | 279939,2                                                                                                                                                          | 19,9       |
| гидроэлектростанции                                                                                    | 200698,6         | 17,4       | 211004,8                                                                                                                                                          | 15         |
| гидроаккумулирующие электростанции                                                                     | 1919,8           | 0,2        | 7782,5                                                                                                                                                            | 0,6        |
| тепловые электростанции, геотермальные электростанции                                                  | 720662,1         | 62,7       | 869635,9                                                                                                                                                          | 61,9       |
| -газ                                                                                                   | 534724,4         | 46,5       | 647606,1                                                                                                                                                          | 46,1       |
| -уголь                                                                                                 | 165008,8         | 14,3       | 196901,6                                                                                                                                                          | 14         |
| -прочее                                                                                                | 20928,9          | 1,8        | 25128,2                                                                                                                                                           | 1,8        |
| ветроэлектрические станции, солнечные электростанции                                                   | 9006,4           | 0,8        | 36480,2                                                                                                                                                           | 2,6        |

Источник: ПРИЛОЖЕНИЕ № 4-5 к Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2042 года [118].

В табл. 3.14 отражены прогнозные объемы капитальных вложений в строительство (реконструкцию) объектов по производству электрической энергии с выделением СЦО, предложенного автором, покрывающие максимальную потребность в капитальных вложениях.

Таблица 3.14 – Прогнозные объемы капитальных вложений в строительство (реконструкцию) объектов по производству электрической энергии (в прогнозных ценах соответствующих лет, с НДС)

| Наименование                                                               | Тип электростанции                                       | Итого за период 2025 – 2042 годов, млрд. рублей | Итого за период 2025 – 2042 годов, млрд. \$ | СЦО, 2036 (предложен автором), млрд. \$<br>Вариант максимальной потребности в кап. вложениях |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                          | 2                                                        | 3                                               | 4                                           | 5                                                                                            |
| Единая энергетическая система России                                       | все типы                                                 | 20832                                           | 260,4                                       |                                                                                              |
|                                                                            | атомные электростанции                                   | 13431                                           | 167,9                                       | 12                                                                                           |
|                                                                            | гидроэлектростанции и гидроаккумулирующие электростанции | 2517                                            | 31,5                                        | 71,23                                                                                        |
|                                                                            | тепловые электростанции                                  | 4601                                            | 57,5                                        |                                                                                              |
|                                                                            | ветроэлектрические станции, солнечные электростанции     | 283                                             | 3,5                                         | 16,83                                                                                        |
| Технологически изолированные территориальные электроэнергетические системы | все типы                                                 | 535                                             | 6,7                                         | X                                                                                            |
|                                                                            | атомные электростанции                                   | 354                                             | 4,4                                         | X                                                                                            |
|                                                                            | тепловые электростанции                                  | 181                                             | 2,3                                         | X                                                                                            |
|                                                                            | все типы                                                 | 21367                                           | 267,1                                       | X                                                                                            |
| Всего                                                                      | атомные электростанции                                   | 13785                                           | 172,3                                       | X                                                                                            |
|                                                                            | гидроэлектростанции и гидроаккумулирующие электростанции | 2517                                            | 31,5                                        | X                                                                                            |
|                                                                            | тепловые электростанции                                  | 4782                                            | 59,8                                        | X                                                                                            |
|                                                                            | ветроэлектрические станции, солнечные электростанции     | 283                                             | 3,5                                         | X                                                                                            |

Источник: ПРИЛОЖЕНИЕ № 31 к Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2042 года.

Расчеты по СЦО выполнены автором.

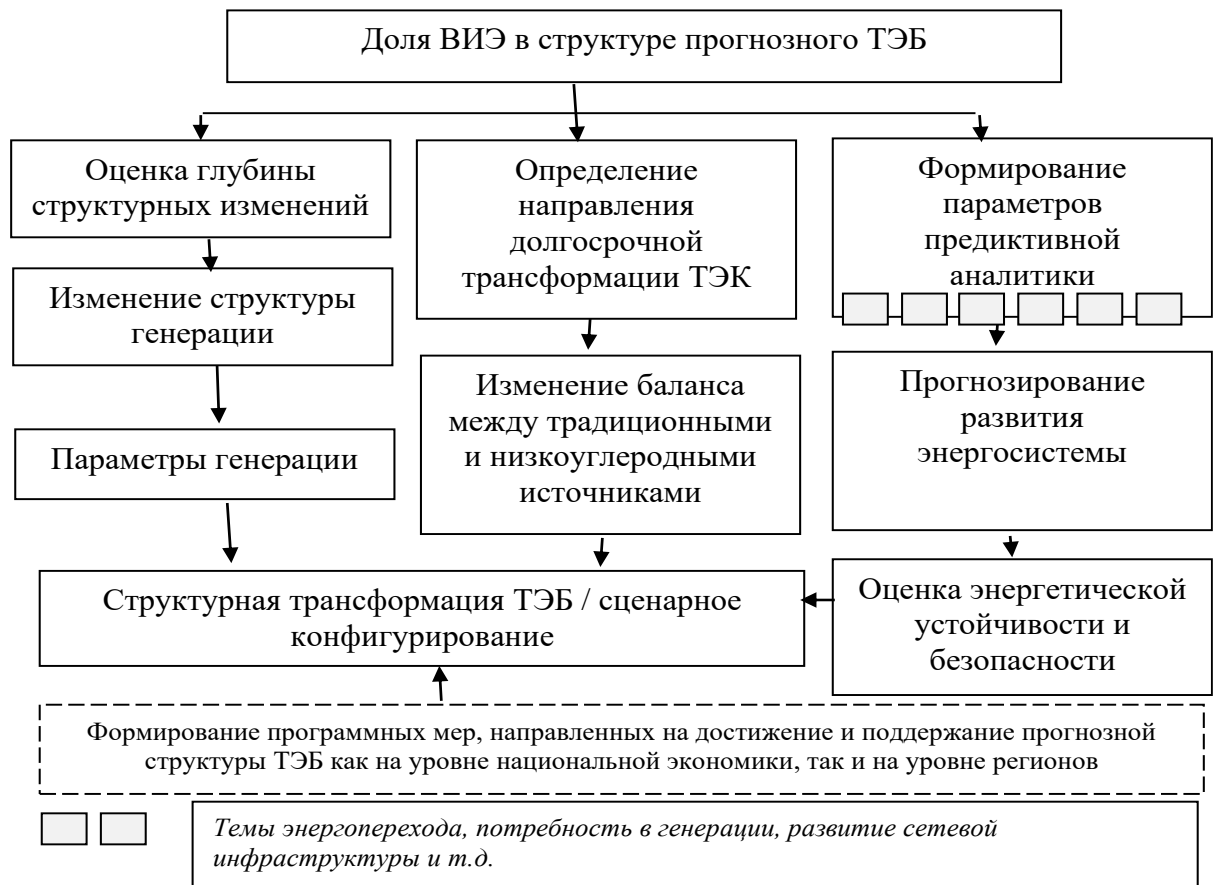
Затраты на создание дополнительной генерации в рамках сценария цифровой обусловленности могут окупаться в более сжатые сроки за счет мультипликативных эффектов, возникающих в процессе цифровой трансформации

экономики. Рост доступности и надежности энергоснабжения создает условия для расширения цифровизации, что, в свою очередь, стимулирует рост производительности труда, повышение эффективности использования ресурсов и расширение экономической активности в смежных отраслях. Именно поэтому оценка эффективности таких вложений должна осуществляться не только через прямую окупаемость энергетических проектов, но и через совокупный вклад в экономический рост, обусловленный цифровой трансформацией экономики.

В зависимости от структуры ввода генерирующих мощностей в электроэнергетике в соответствии с энергетической стратегией средний срок окупаемости капитальных вложений составит 15–20 лет. Следует понимать, что эта внутренняя окупаемость вложений, учитывающая прямые доходы от реализации электроэнергии. На наш взгляд в условиях глобальной цифровой экономики и кратного превышения эффективности потребителей электроэнергии (сроки окупаемости инвестиционных проектов в цифровизации варьируются от 1 до 5 лет) необходима совместная комплексная оценка инвестиций производителей и потребителей электроэнергии. При допущении, что объем инвестиций в цифровизацию и дополнительный объем электроэнергии совпадают сроки окупаемости минимум в 2–3 раза будут ниже. Соответственно доходность вложений, превышающая 15–20% годовых является достаточно привлекательной как в макроэкономических, так и в проектных оценках эффективности.

Таким образом, по мнению автора, можно считать обоснованным целесообразность выделения сценария цифрообусловленности как самостоятельного сценария при формировании прогнозного ТЭБ. Его включение позволяет учитывать не только общие параметры энергоперехода, но и специфический рост электропотребления, обусловленный развитием цифровой инфраструктуры. Следовательно, прогнозный ТЭБ должен отражать цифровой спрос как самостоятельный фактор изменения структуры производства и потребления электроэнергии, а также как основание для расчета необходимого объема ввода новых низкоуглеродных генерирующих объектов.

В контексте сценарного конфигурирования прогнозной структуры ТЭБ необходимо сделать акцент на том, что доля ВИЭ, выделенная в конфигурации, целесообразно рассматривается как элемент предиктивной аналитики структурной перестройки ТЭБ, так как именно этот показатель наиболее наглядно отражает изменение структуры энергобаланса, темпы энергоперехода, уровень технологической модернизации энергетики и перспективы декарбонизации экономики (рис.3.11).



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 3.11 – Доля ВИЭ как элемент предиктивной аналитики структурной трансформации ТЭБ

Под предиктивной аналитикой структурной трансформации прогнозного ТЭБ необходимо понимать использование данных, прогнозных моделей и алгоритмов для выявления будущих изменений в структуре производства,

преобразования, распределения и потребления ТЭР, то есть это аналитический подход, который позволяет заранее определить, как будет меняться структура ТЭБ под влиянием цифровизации, энергоперехода, технологических инноваций, изменения спроса, добычи, экспорта, импорта и региональных ограничений. В практическом аспекте предиктивная аналитика структурной трансформации прогнозного ТЭБ позволит определить, какие виды ТЭР будут расти или снижаться; оценивать будущую долю электроэнергии, газа, нефти, угля, ВИЭ и АЭС; выявлять, где возникнет дополнительный спрос; прогнозировать влияние цифровизации на электропотребление; оценивать, какие мощности необходимо вводить; определять риски дефицита или избытка энергоресурсов, а также проигрывать изменение уровня энергетической и национальной безопасности при разных сценарных конфигурациях.

Сценарное конфигурирование предполагает взаимодействие и вовлеченность экспертов, представителей различных правительственных, общественных и бизнес-организаций. Функции, выполняемые стейкхолдерами в процессе сценарного конфигурирования представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Функции стейкхолдеров в процессе сценарного конфигурирования с учетом технологического развития и резких технологических прорывов

| Этапы построения сценариев                        | Общие функции стейкхолдеров           | Стейкхолдеры                                                                                       |                                                  |                                                            |                                                            |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                                   |                                       | Научно-исследовательские структуры, институты РАН                                                  | Государство, профильные министерства и ведомства | Регионы                                                    | Отраслевые компании                                        |
| 1                                                 | 2                                     | 3                                                                                                  | 4                                                | 5                                                          | 6                                                          |
| Ретроспективный анализ внешней и внутренней среды | - Оценка текущей ситуации             | Предоставление информации об основных вызовах, тенденциях и факторах, влияющих на будущее развитие | Входят в состав экспертных групп                 | Входят в состав экспертных групп                           | Входят в состав экспертных групп                           |
| Ранжирование                                      | Выработка критериев для приоритизации | Определение важнейших тенденций и факторов развития                                                | Отбирают приоритетные тренды с                   | Отбирают приоритетные тренды с учетом отраслевой специфики | Отбирают приоритетные тренды с учетом отраслевой специфики |

Окончание таблицы 3.15

| 1                                          | 2                                                                                                            | 3                                                                                                              | 4                                                                    | 5                                                                                    | 6                                                                     |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| (приоритизация) трендов и вызовов          | тенденций и факторов                                                                                         |                                                                                                                |                                                                      | учетом региональной специфики                                                        |                                                                       |
| Разработка гипотетических картин сценариев | Участи в формировании технологических прогнозов                                                              | Формирование экспертно-аналитических моделей, позволяющих прогнозировать технологические скачки и точки роста. | Разработка множества гипотетических сценариев на национальном уровне | Разработка множества гипотетических сценариев на региональном уровне                 | Разработка множества гипотетических сценариев на отраслевом уровне    |
| Формирование сценариев                     | - Обсуждение предварительных сценариев<br>- Уточнение предварительных сценариев<br>- Приоритизация сценариев |                                                                                                                |                                                                      |                                                                                      |                                                                       |
| Формирование системы мер                   | Превентивная разработка                                                                                      |                                                                                                                |                                                                      | Выработка критериев для выбора                                                       | Выработка критериев для выбора системы мер                            |
|                                            | мер, направленных на достижение параметров целевого сценария                                                 |                                                                                                                |                                                                      | системы мер<br>- Определение возможных мер в соответствии с выработанными критериями | - Определение возможных мер в соответствии с выработанными критериями |

Источник: составлено автором на основании работы Веселицкой Н., Шашнова С. [63].

Анализ ретроспективы показывает, что в предшествующие периоды государственный и отраслевой интерес к созданию сводного, и тем более прогнозного ТЭБ ослабел, что привело к ухудшению качества оценки сбалансированности структуры энергоресурсов и снизило влияние ТЭБ на показатели энергоемкости ВВП и ВРП. Это ослабление аналитической функции

ограничило возможности заблаговременного выявления дефицитов, оценки замещения технологий и обоснования инвестиционных решений.

Возобновившийся интерес к актуализации ТЭБ и попытки интегрировать его в долгосрочное стратегическое планирование получили институциональное подкрепление Приказом Минэнерго РФ от 29 октября 2021 г. № 1169, который установил порядок составления фактических и прогнозных ТЭБ на уровне субъектов федерации и муниципалитетов. Признание необходимости прогнозной составляющей означает, что ТЭБ может и должен войти в контур управления энергетической безопасностью социально-экономических систем, стать основой для программного планирования и оценки их исполнения [255].

Практические эффекты интеграции включают более обоснованную структуру материальных и стоимостных балансов, снижение инвестиционных и операционных рисков, ускоренное и экономически оправданное внедрение ключевых технологий, улучшение гибкости управления и синхронизацию энергетической политики с промышленной, научной и климатической стратегиями. Такой подход превращает технологическое прогнозирование из вспомогательного инструмента в неотъемлемую часть механизма обеспечения национальной энергетической безопасности.

Как отмечается экспертами ИНЭИ РАН в прогнозе развития энергетики мира и России (2024) политика и научно-технический прогресс (НТП) во многом определяют будущее энергетики. Встраивание элементов технологического прогнозирования и активное участие в нем ключевых стейкхолдеров, а также их участие в процессе управления структурой прогнозного ТЭБ на основе программно-целевого подхода становится необходимым для обеспечения связи стратегических целей (надежность, диверсификация, декарбонизация, экономическая доступность) с конкретными программами, ресурсами и индикаторами. Программно-целевой подход позволяет выстроить управленческий цикл: постановка целей и целевых индикаторов — формирование исследовательских и нормативных прогнозов — разработка программ и мер —



мониторинг исполнения и корректировка в зависимости от фактических технологических траекторий.

*Исследовательский прогноз структуры прогнозного ТЭБ* – это определение возможных будущих состояний ТЭБ на основе анализа сложившихся тенденций развития технологий в области энергопроизводства и энергопотребления, ресурсосбережения, получения ТЭР, изменения спроса на различные виды энергоносителей и энергетической инфраструктуры. Такой прогноз устанавливает наиболее вероятный сценарий развития при сохранении действующих закономерностей и инерционных процессов в энергетике.

Данные прогнозы служат базой для сценарного анализа и оценки реализуемости целей в области энергетической безопасности и экономического развития страны, округа или региона. Роль в программно-целевом управлении прослеживается посредством реализации таких функций, как диагностика, формирование реалистичных сценариев, обоснование исходных допущений материальных и стоимостных балансов.

*«Нормативный прогноз ТЭБ* – это определение способов и временных рамок трансформации ТЭБ (его структуры) в соответствии с предварительно установленными стратегическими целями, нормативными требованиями и целевыми состояниями энергетической системы. В отличие от исследовательского прогноза, ориентированного на инерционное развитие, нормативный прогноз определяет активные действия достижения желаемой структуры ТЭБ через целенаправленное формирование программно-целевых планов и их инвестиционного сопровождения. Данный вид прогноза позволяет определиться со способами достижения желаемого результата. Обеспечивает формирование целевых технологических траекторий и нормативов, которые задают ориентиры для программ и регуляторных мер (доля ВИЭ, стандарты выбросов и пр.). Функциональная направленность прогноза проявляется в фиксировании ориентиров для финансирования инвестиционных планов и контроля исполнения программ.

*Технологическое прогнозирование ТЭБ* – это единый комплекс методов, объединяющих исследовательское и нормативное прогнозирование. Исследовательский компонент выявляет инерционные сценарии качественного и количественного изменения структуры ТЭБ на основе анализа текущих тенденций, в то время как нормативный компонент определяет целевые траектории трансформации энергетической системы, соответствующие стратегическим приоритетам. Интеграция обоих подходов через форсайт технологию обеспечивает разработку согласованных долгосрочных сценариев изменения структуры ТЭБ и соответствующих управленческих решений в каждом из них.

Основной формой взаимодействия между этими двумя составляющими технологического прогнозирования является их согласование. В методологическом отношении это наиболее трудный аспект технологического прогнозирования. Совместное использование исследовательского и нормативного прогнозов в рамках программно-целевого цикла обеспечивает реалистичность целевых установок, возможность их корректировки по мере появления новых эмпирических данных.

На рис.3.12 представлена в формализованном виде взаимосвязь прогнозного ТЭБ и технологического прогнозирования, встроенных в цикл выбора приоритетов при анализе перспективности технико-технологических решений в области получения и использования ТЭР.

С целью получения обоснованных приоритетных направлений для поиска технологических решений в долгосрочном периоде (не менее 25-30 лет) целесообразно использовать технологический форсайт, а на этапе разработки программно-целевых планов на среднесрочную перспективу возможно придерживаться этапов, отраженных в утвержденных правилах формирования, корректировки и реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и перечня критических технологий РФ [293] в пункте 4 «Формирование и корректировка приоритетных направлений и перечня критических технологий осуществляются в следующие 2 этапа» [268]:



Рисунок 3.12- Взаимосвязь прогнозного ТЭБ и технологического прогноза [63]

I этап – «подготовка долгосрочного прогноза научно-технологического развития Российской Федерации и других материалов по комплексному анализу тенденций научно-технического и технологического развития Российской Федерации и зарубежных стран»;

II этап – «подготовка предложений по формированию и корректировке приоритетных направлений и перечня критических технологий на основе экспертизы соответствующих предложений».

Целесообразно при разработке правил формирования прогнозного ТЭБ адаптировать первый этап и включить в формулировке: подготовка долгосрочного прогноза научно-технологического развития в области восполнения и использования ТЭР на основе форсайт технологии и традиционных методологических основ прогнозирования.

В качестве практического инструмента перевода стратегических установок в управляемые задачи целесообразно рассмотреть программно-целевую матрицу в формате шаблона. Она позволит обеспечить взаимосвязанность долгосрочных целей и оперативных показателей, распределение ответственных, закрепление правил мониторинга и автоматическое определение критического уровня по оценочным критериям для разработки корректирующих действий. Использование единого, но адаптируемого шаблона позволит выйти на сопоставимость данных между уровнями управления, прозрачность принятия решений и ускорение реакции на технологические и рыночные изменения.

Предлагаемый шаблон программно-целевой матрицы служит логическим продолжением предыдущих положений о необходимости встраивания технологического прогнозирования в управление ТЭБ. Он переводит концептуальные подходы в инструмент, позволяющий согласовать исследовательские оценки и нормативные цели на всех уровнях управления.

Каждая организация заполняет «обязательное ядро» (идентификатор показателя, методика расчета, базовый год, ответственные, частота отчетности), а затем по необходимости добавляет отдельные модули (технологии, экономика, экология, инфраструктура, риски). Важно задавать выверенную исходную информационную базу, четкие контрольные точки и обеспечивать фиксацию корректирующих процедур.

При адаптации шаблона рекомендуется:

- заполнить ядро и назначить ответственных;
- выбирать для ключевых показателей тип прогноза (исследовательский, нормативный или комбинированный) и методы;
- устанавливать периодичность мониторинга и пороговые значения с заранее прописанными корректирующими действиями.

Изменение предлагаемого шаблона по субъектам и уровням управления может включать:

- Национальный уровень (министерства): детализированная матрица с норма-

тивным прогнозом, долгосрочными целями, методиками оценки рисков, требованиями к отчетности и регуляторными инструментами.

- Региональный уровень: адаптация нормативных целей к ресурсной базе региона, добавление региональных показателей (локальная генерация, особенности инфраструктуры), частые мониторинговые точки.

- Муниципалитеты: упрощенная карточка, включающая 5–8 показателей (энергопотребление, доля ВИЭ локально, допустимая сетью нагрузка), фокус на оперативное исполнение и меры поддержки местных инициатив.

- Энергокомпании и операторы: операционные модули с планами модернизации.

Единый программно-целевой шаблон матрицы ТЭБ (табл. 3.16) должен применяться всеми ключевыми субъектами — региональными администрациями, муниципалитетами, профильными ведомствами, крупными энергокомпаниями и операторами инфраструктуры — чтобы обеспечить согласованность целевых ориентиров, сопоставимость данных и согласованный механизм корректировок.

Таблица 3.16 – Единый программно-целевой шаблон матрицы ТЭБ  
(теоретический аспект)

| Целевой показатель                                             | Тип прогноза                                                       | Методы прогнозирования [273]                                 | Базовый период              | Перспективный период           | Периодичность пересмотра                | Контрольные точки                            | Ответственные | Вклад в изменение структуры ТЭБ |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| 1                                                              | 2                                                                  | 3                                                            | 4                           | 5                              | 6                                       | 7                                            | 8             | 9                               |
| 1                                                              |                                                                    |                                                              |                             |                                |                                         |                                              |               |                                 |
| 2 и т.д.                                                       |                                                                    |                                                              |                             |                                |                                         |                                              |               |                                 |
| Комментарии к заполнению                                       |                                                                    |                                                              |                             |                                |                                         |                                              |               |                                 |
| Конкретная, измеримая метрика, важная для ТЭБ и стратегических | «Исследовательский» для оценок реальной технологической динамики и | Для сложных показателей целесообразно использовать несколько | Данные статистики, пилотных | Среднесрочный или долгосрочный | Мониторинг и ревизия целевых ориентиров | Конкретные значения, при которых запускаются |               | В % с указанием элемента ТЭБ    |

Окончание таблицы 3.16

| 1           | 2                                                                                  | 3                                             | 4               | 5 | 6 | 7                   | 8 | 9 |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|---|---|---------------------|---|---|
| приоритетов | «нормативный» для целевых ориентиров. Возможно применение комбинированного подхода | методов: сценарии, Дельфи, форсайт-технологии | проектов и т.д. |   |   | корректирующие меры |   |   |

*Источник: составлено автором, опубликовано в работе [268].*

При этом шаблон обязан быть гибким: разные уровни и субъекты имеют разные полномочия, ресурсы и степень детализации, поэтому унифицированный инструмент должен легко трансформироваться и масштабироваться под локальные потребности без утраты совместимости с национальными целями» [268].

«Также в шаблон целесообразно включить критерии пересмотра (индикаторы), позволяющие определить какие меры принимаются при отклонениях (корректировка программ, перераспределение финансирования, запуск пилотов).

В процессе использования шаблон-матрицы необходимо обратить внимание на то, что:

- каждый целевой показатель должен иметь связку «исследовательский – нормативный»: исследования формируют реалистичную траекторию, норматив фиксирует политические или программные обязательства;

- для каждого ключевого показателя следует разработать и поддерживать «паспорта-спецификации показателей», содержащие подробное описание методологии расчета, анализ чувствительности показателя к изменению исходных параметров и альтернативные сценарии расчета. Такой подход обеспечит унификацию методологического подхода к расчету ключевых показателей среди всех участников процесса и исключит методические расхождения, наблюдаемые в настоящее время на муниципальном уровне.

В решении Комитета Государственной Думы по Энергетике [325] отмечено, что на сегодняшний день наблюдается «отсутствие методологического единства при формировании сценарных условий для прогнозирования и проведения расчетов собственно прогнозных показателей однопродуктовых и сводных ТЭБ», например, «не предусмотрена возможность использования стратегических программных документов (энергетическая стратегия, стратегия социально-экономического развития России и региона и прочее) при моделировании показателей ТЭБ в долгосрочной перспективе с учетом заданных тенденций инфраструктурного комплекса и экономики в целом; не определены рекомендуемые к использованию методы и инструменты математического моделирования временных рядов в целях построения объективных перспективных трендов и определения прогнозных значений показателей производства и потребления ТЭР» [268];

- важной составляющей является периодичность мониторинга: оперативный мониторинг (квартал), оперативный анализ пилотов (полугодие), стратегическая ревизия (каждые 2–3 года);

- в управленческий процесс необходимо встроить механизм «триггеров» — если показатель выходит за порог, автоматически инициируются возможные варианты управленческих решений (перераспределение средств, запуск тендера и т. д.);

- для всех участников, отраженных в матрице необходимо обеспечить прозрачность данных и доступность отчетности.

Использование предлагаемого шаблона позволит обеспечить согласование нормативного и исследовательского прогнозов, что будет достигаться в результате своевременной корректировке первоначальных целей и поиска новых путей и возможностей их достижения, определения срока, когда разрыв между желаемым и достигнутым уровнем решения проблемы станет достаточно малым.

К основным факторам, мешающим практическому внедрению топливно-энергетического баланса как полноценного и эффективного инструмента управления можно отнести [210]:

- во-первых, отсутствие системы вертикально интегрированных ТЭБ национального, регионального и муниципального уровня, что порождает серьезные противоречия в целевых установках на различных уровнях управления (рис. 3.13)» [268].



Рисунок 3.13 - Конфликт интересов различных уровней управления при формировании ТЭБ (точка зрения Лукьянец А.А., Ротарь В.Г., Шумского А.А.) [210]

- «во – вторых, это фактическое отсутствие государственных механизмов и структур, которые бы реально, а не на словах, содействовали и обеспечивали реализацию ТЭБ. На сегодняшний день ни у одного из органов власти нет полномочий для практической реализации государственной политики в области ТЭБ. По мнению А.А. Лукьянец, В.Г. Ротарь, А.А. Шумского возможны два пути



по концентрации компетенций «в одних руках», обозначить их можно следующим образом:

- «традиционный» – перераспределение полномочий, когда один из органов становится ведущим, а остальные обеспечивают вспомогательные функции;
- «проектный» – создание специализированной межведомственной группы, с достаточно широким набором полномочий;
- в-третьих, существенным недостатком сегодняшней практики формирования ТЭБ является тот макроэкономический уровень, на который ориентируются разработчики и органы государственной статистики.

Конфликты интересов при формировании топливно-энергетического баланса (ТЭБ) ослабляют его управленческую ценность и подрывают энергетическую безопасность. Решение требует сочетания институциональных, процедурных и аналитических мер — в том числе системного внедрения технологического прогнозирования, которое дает объективную базу для компромиссов и обоснования решений.

Конфликт интересов устраняется не разовыми мерами, а институциональной трансформацией процесса: прозрачность данных и методик, формализация ролей и обязанностей, обязательные декларации интересов и механизмы для участников с прямой коммерческой выгодой — все это снижает возможность скрытого влияния на ключевые допущения.

Совместные рабочие механизмы — многосторонние советы с кворумом общественных, научных и отраслевых представителей, а также представителей контролирующих органов — обеспечат сбалансированное взвешивание интересов. Решения по ключевым параметрам (базовые допущения по спросу, ценам, темпам внедрения технологий) должны приниматься по заранее прописанным правилам: многокритериальная оценка (экономика, безопасность, экология, стратегическая автономность), формализованные весовые коэффициенты и обязательное документирование обоснований.

Усилить роль ТЭБ как инструмента управления энергетической безопасностью помогает интеграция технологических прогнозов непосредственно

в цикл планирования: исследовательские траектории используются для оценки уязвимостей и определения точек принятия корректирующих решений, нормативные траектории – для формирования программ финансирования и регуляторных мер» [268].

Прогнозный ТЭБ, сформированный посредством многоуровневого сценарного конфигурирования, а также на основе технологического прогнозирования, позволит сформировать информационную базу о будущем спросе и предложении на различные виды ТЭР, возможном уровне энергетической безопасности, уровне развития энергетических рынков, а также об эффективности в целом реализуемой энергетической и технологической политики, соответствующих требованиям энергетического перехода и цифровой трансформации экономики.

### **3.3 Возможность применения форсайт – технологии на этапе формирования сценариев изменения ТЭБ**

Традиционные подходы к прогнозированию и планированию структуры ТЭБ, основанные на экстраполяции исторических тенденций, демонстрируют ограниченную эффективность в условиях высокой неопределенности, ускоряющихся технологических изменений и структурных сдвигов в глобальной энергетике. Существующие методики не в полной мере учитывают динамику глобального энергетического перехода, темпов цифровой трансформации экономики, а также вероятности технологических прорывов, синергию между различными технологическими решениями и возможности целенаправленного воздействия на траекторию развития энергетической систем.

Необходимость углубленного исследования в данном направлении определяется потребностью разработки научно обоснованной методологии управления структурой прогнозного ТЭБ, которая интегрирует как исследовательское прогнозирование (выявление инерционных сценариев развития при сохранении существующих тенденций), так и нормативное прогнозирование

(определение целевых путей достижения желаемых состояний энергетической системы). Такой комплексный подход позволяет соотнести объективные тенденции развития энергетического сектора с императивами энергетической безопасности.

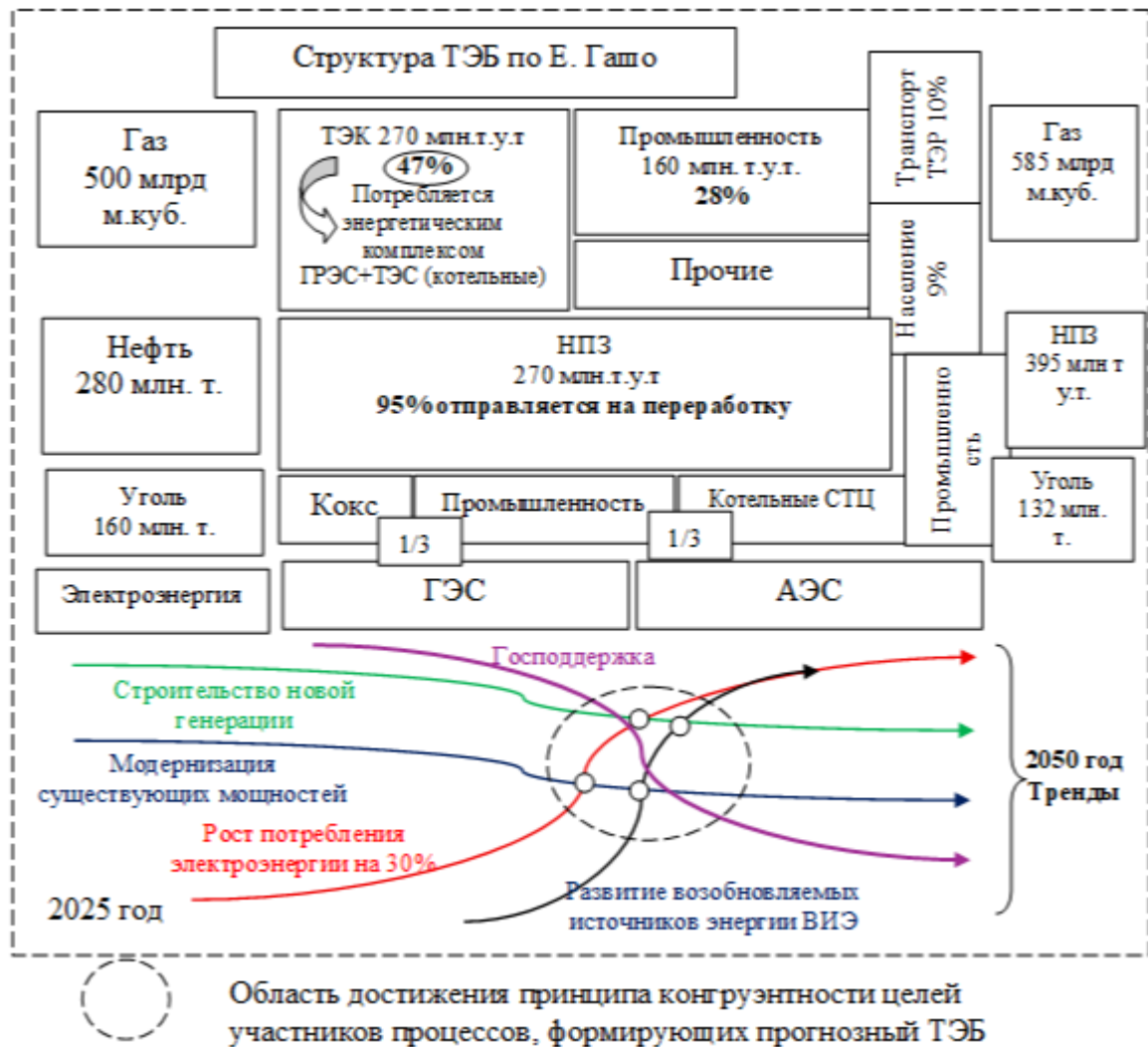
Форсайт-технология, представляющая собой систематизированный инструмент коллективного долгосрочного прогнозирования, предоставляет уникальные возможности для интеграции экспертного знания, выявления слабых сигналов о зарождающихся технологических трендах и разработки согласованных сценариев развития [284].

Форсайт — это систематический процесс с участием множества сторон, предполагающий интеграцию их опыта и формирование образа средне- и долгосрочного будущего и нацеленный на получение информации для принятия текущих решений и мобилизации совместных действий [99].

Применение Форсайт-методологии в контексте управления структурой прогнозного ТЭБ позволяет преодолеть методические несоответствия в прогнозировании, обеспечить паритет развития энергетического комплекса и смежных отраслей, а также сформировать упреждающий научно-технический задел для достижения целевой структуры энергетического баланса.

«Мировой энергетический сектор считается одним из наиболее «проработанных» в плане Форсайт-исследований ввиду его критического значения для основных областей жизнеобеспечения, экологических аспектов, вклада в экономический рост и социальную сферу» [5]. «Перспективы развития энергетики чаще всего оцениваются путем сценарного планирования» [1].

На рис. 3.14 представлена полученная Е. Гашо в ходе своих исследований текущая структура ТЭБ и выделенные автором основные формирующиеся тренды в прогнозном горизонте до 2050 г. в области энергетики, которые окажут непосредственное влияние на изменение текущей структуры [272].



Источник: составлено автором с использованием работы [117]

Рисунок 3.14 – Формирование и анализ трендов, влияющих на изменение структуры ТЭБ (фрагмент)

«Газовое топливо примерно на 50% потребляется мощным энергетическим комплексом (ГРЭС, ТЭЦ, котельные), около 30% забирает вся промышленность, остаток практически поровну расходуется населением и на собственные нужды транспорта газа. Нефть на 95% направляется на переработку. Около трети угля расходуется на нужды промышленности и еще треть в виде кокса, оставшаяся треть – энергетикам на ТЭЦ и котельные. Потери ТЭР, разумеется, есть на всех стадиях выработки, транспорта и потребления энергии» [117].

Таким образом, существенную значимость при формировании прогнозных ТЭБ и обосновании перспективной его структуры, удовлетворяющей запросам

энергетической безопасности регионов и страны имеет Форсайт-технология, которая достаточно логично встраивается в процесс использования программно-целевого подхода.

Полноформатная и качественная реализация данной технологии в российской практике предполагает наличие существенной научной проработки и обоснованности данного процесса, которая должна обеспечиваться наличием специальных знаний в области Форсайт-технологии, как у организаторов данного процесса, так и у экспертов. При этом эксперты, вовлекаемые в Форсайт – сессии должны быть высококвалифицированными, ориентироваться в мировых трендах и тенденциях в области геологоразведки, добычи и переработки углеводородов, снижения энергоемкости ВРП и ВВП и других достаточно важных вопросах.

Решение проблемы с кадровым обеспечением проведения качественных и результативных Форсайт – сессий связано с формированием банка отраслевых экспертов. При этом целесообразно формировать иерархическую структуру банка экспертов: региональный, всероссийский, международный уровни, а также с отдельным выделением экспертов – практиков и экспертов, представителей вузовской науки. К участию в форсайт-сессиях целесообразно привлекать представителей органов власти, способных в дальнейшем реализовать меры по достижению прогнозных показателей.

Эффективность форсайт-исследований во многом обусловлена привлечением к работе представителей органов государственной власти, обладающих полномочиями для последующей реализации мер по достижению прогнозных показателей. Тем не менее в экспертном сообществе отсутствует консенсус относительно оптимального состава участников таких сессий.

Поскольку технологические прогнозы, разработанные на основе форсайт-методологии в условиях глобального энергоперехода, зачастую предполагают диверсификацию ТЭБ и постепенный отказ от традиционных ТЭР, профильные компании и регионы могут выступать в роли сдерживающего фактора. Это объясняется институциональной и экономической инерцией: субъектам, длительное время обеспечивающим добычу и использование ископаемого топлива,

свойственна приверженность традиционным технологическим укладам.

В этой связи Ю. А. Плаkitкин подчеркивает необходимость соблюдения паритета мнений, отмечая, что «с представителями традиционной энергетики трудно говорить, но без них тоже нельзя: в разработке любых планов нужен определенный сдерживающий фактор». По его мнению, профильные комиссии, обсуждающие вопросы энергоперехода, должны на 40 % состоять из приверженцев консервативных взглядов и на 60 % — из специалистов, ориентированных на альтернативные сценарии развития энергетики [299].

В силу глобальности вопросов, связанных с формированием и управлением структурой прогнозного ТЭБ, сложностью подсистем, оказывающих существенное влияние на его структуру и масштабностью целевых ориентиров, обозначенных на уровне государства или в региональном аспекте целесообразно рассмотреть применение системного подхода к решению поставленных задач в области управления ТЭБ. Также целесообразно использовать комбинаторный подход в контексте методического обеспечения подготовки программно-целевых планов для более эффективного достижения поставленных целей и повышения эффективности решений, принимаемых на различных управленческих уровнях.

Трансформационные вопросы в рамках структуры ТЭБ носят долгосрочный характер и должны ориентироваться на формирующиеся мировые мегатренды в области управления топливно-энергетическими ресурсами, достижениями научно-технического прогресса в приоритетных отраслях, так или иначе оказывающих влияние на ТЭБ. Особое внимание следует уделять анализу влияния мегатрендов в области энергетики и нефтегазодобывающей отрасли на отдельные составляющие ТЭБ и их изменение в долгосрочном периоде.

Практическая реализация всего комплекса рассмотренных методических основ достаточно ресурсоемкий процесс, как с точки зрения финансового обеспечения, так и с точки зрения кадрового обеспечения. Большая часть методов ориентирована на привлечение экспертов или требует существенного математического аппарата, а также активное внедрение автоматизации в аналитические процедуры и внедрение цифровизации как в организационные, так

и в управленческие, согласующие процессы. Но в месте с тем, несмотря на ряд существующих проблем на этапе перехода к активному использованию программно-целевого подхода рассмотренный методологический контекст к формированию и управлению ТЭБ является актуальным и перспективным.

### **Выводы по главе 3**

Системная работа на всех уровнях, направленная на достижение необходимой структуры прогнозного ТЭБ, позволит обеспечить достижение целей в области глобального энергоперехода и цифровой трансформации экономики, что непосредственно отразится на росте уровня энергетической безопасности государства.

Предлагаемый алгоритм формирования программ управления ТЭБ и его структурой позволит решать, как общие, так и частные задачи обеспечения энергетической и экономической безопасности. Можно отметить его относительную универсальность и возможность использования при решении различных задач на уровне отдельных предприятий, на региональном уровне и государства в целом.

Встраивание в алгоритм формирования прогнозного ТЭБ элементов технологического прогнозирования, форсайт-технологии, программно-целевого управления [258], многокритериальной оптимизации и комбинаторного подхода позволит усилить методологический базис и обеспечить реализацию всех базовых принципов формирования прогнозного ТЭБ. С практической точки зрения это позволит обеспечить унификацию теоретико-методологических основ формирования ТЭБ, пригодной для масштабирования на любой уровень управления.

Целевой сценарий показывает, что к 2050 году мировой энергобаланс будет развиваться в направлении диверсификации и декарбонизации. При сохранении значимой роли нефти и газа наиболее высокие темпы роста будут характерны для солнечной, ветровой, гидро- и атомной энергетики, тогда как позиции угля постепенно ослабевают. Это свидетельствует о переходе к новой структуре

энергопотребления, основанной на сочетании надежности, экологичности, технологического суверенитета и эффективности использования энергетических ресурсов [244].

В контексте соблюдения главного принципа формирования прогнозного ТЭБ, предложенного автором, а именно цифрообусловленности предлагается переход к многоуровневому сценарному конфигурированию структуры прогнозного ТЭБ как методологически обоснованной модели, интегрирующей существующие методики и эмпирические наработки. Данная модель предназначена для обеспечения иерархического согласования показателей и сценариев на национальном, региональном и локальном уровнях, формализации учета технологических, экономических, климатических и геополитических факторов в тесной взаимоувязке с цифровой трансформацией экономики, а также создания нормативно-методологической основы для унификации процедур формирования прогнозных ТЭБ.

*Многоуровневое сценарное конфигурирование ТЭБ* согласно авторской логике — это методологический подход, обеспечивающий формализацию альтернативных траекторий развития топливно-энергетической системы на нескольких пространственно-функциональных уровнях (национальном, региональном, муниципального образования (локальном)). При этом каждый уровень моделируется через набор сценариев. Конфигурирование сочетает детерминистские и стохастические компоненты, обеспечивает согласование входных допущений, оценку последствий для стратегических целей.

Обоснована необходимость выделения в энергетической стратегии дополнительного сценария цифрообусловленности, в рамках которого цифровизация рассматривается как самостоятельный фактор структурной трансформации энергетической системы. Его смысловое содержание заключается в учете влияния цифровой экономики, цифровой инфраструктуры и энергоемких вычислительных технологий на объемы, структуру, режимы и территориальную дифференциацию производства и потребления ТЭР, прежде всего на рост спроса на электроэнергию, а также на параметры энергоперехода.



## **ГЛАВА 4 ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ТЭБ В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **4.1 Исследование практической реализации прогнозных моделей ТЭБ для Тюменской области и ХМАО-Югры**

Прогнозирование ТЭБ, ориентированное на долгосрочное и сбалансированное развитие ТЭК, обеспечение энергетической безопасности в условиях глобального энергетического перехода и цифровой экономики, требует комплексного научного подхода, который объединяет эмпирическую верификацию, сценарное моделирование и оптимизационные расчеты с учетом инфраструктурной и ресурсной специфики региона. На примере Тюменской области и ХМАО-Югры такая методология позволяет одновременно учитывать масштабную добычу углеводородов, значительные объемы попутного нефтяного газа, инфраструктурные ограничения электросетей и газотранспортных систем, а также растущие требования к декарбонизации и энергоэффективности.

Тюменская область является одной из немногих областей, которые вносят наибольший вклад в развитие экономики страны и обеспечение ее энергетической безопасности за счет ресурсов, которые располагаются на ее территории. Область обеспечивает в среднем около 10% ВВП и около 12% суммарного ВРП субъектов Федерации, что обуславливает значимость решения вопросов управления региональным ТЭБ и реализации целевых программ, направленных на снижение энергоемкости ВРП.

Ретроспективный анализ ТЭБ Тюменской области, выполненный автором на основе данных, представленных в приложении Р за период с 2007 по 2009 гг., а также анализ данных включал конечное потребление ТЭР по Тюменской области за период с 2007-2011 гг. представлен в таблице 4.1.

Полученные данные позволяют говорить о постоянном преобладании доли электроэнергии в общем объеме конечного потребления ТЭР – 36–39% за весь рассматриваемый период. На втором месте тепловая энергия с долей в 27-28%.

Доля природного газа подвержена колебаниям в диапазоне 16,6-19% (снижение наблюдается в 2011 году до уровня 16,6). Доля нефтепродуктов выросла на 5,3%.

Таблица 4.1 – Ретроспективный анализ структуры конечного потребления ТЭР по Тюменской области по видам топлива за годы 2007, 2009–2011

| Показатель     | Доля в конечном потреблении, % |      |      |      |
|----------------|--------------------------------|------|------|------|
|                | 2007                           | 2009 | 2010 | 2011 |
| Природный газ  | 17,8                           | 19   | 17,2 | 16,6 |
| Нефть          | 0                              | 0    | 0,1  | 0,1  |
| Нефтепродукты  | 14                             | 12,8 | 17,7 | 19,3 |
| Уголь          | 0,4                            | 0,1  | 0,1  | 0,1  |
| Дрова          | 0,7                            | 0,4  | 0,1  | 0,1  |
| Прочие         | 0,8                            | 0,4  | 0    | 0    |
| Теплоэнергия   | 26,9                           | 28   | 28,5 | 27,4 |
| Электроэнергия | 39,3                           | 39,3 | 36,4 | 36,4 |
| Итого          | 100                            | 100  | 100  | 100  |

*Источник: официальный сайт Администрации Тюменской области (admtyumen.ru).*

Ретроспективный анализ структуры ТЭБ Тюменской области за период 2007–2011 и ее сопоставление с фактическими показателями 2021 года и прогнозом на 2030 год показывает не столько смену доминирующих типов конечного потребления, сколько качественный сдвиг экономической роли энергоресурсов. В ретроспективном периоде ключевыми компонентами конечного спроса оставались электрическая и тепловая энергия, каждая из которых занимала сопоставимые доли в общем конечном потреблении (электроэнергия порядка 36–39 %, тепло порядка 27–29 %), что отражало классическую структуру энергообеспечения регионов с развитой промышленностью и городской отопительной системой. Такие соотношения зафиксировали стабильную энергетическую доминанту в потреблении бытового сектора и промышленных нагрузок, а также относительно ограниченную долю ресурсоемкой переработки внутри региона.

В результате сравнения показателей 2021 года и прогнозных значений на 2030 выявляется тренд системной трансформации: совокупное конечное потребление в прогнозном периоде возрастает с уровня 13376,4 тыс. т.у.т. в 2021 году до 24873,2 тыс. т.у.т. в 2030 году, что соответствует приросту 85,9%. При этом

относительно производства энергетических ресурсов прогнозируется рост с 21947,1 до 36151,9 тыс. т.у.т. (64,7%). Наиболее заметным структурным сдвигом является резкое увеличение использования ТЭР в качестве сырья и на нетопливные нужды: величина этой строки в прогнозе возрастает с 4622 тыс. т.у.т. в 2021 г. до 14692,8 тыс. т.у.т. в 2030 году, что означает повышение роли сырьевого потребления в энергобалансе региона.

Следствием указанного сдвига является уменьшение относительной значимости традиционных потребительских секторов несмотря на рост их абсолютного потребления. Так, население и промышленность в абсолютных величинах демонстрируют рост, однако их доли в общем балансе будут снижаться (с 19,6% до 12,7% к прогнозному 2030 году). Такая трансформация указывает на структурную переориентацию региональной экономики в сторону глубокой переработки и масштабных ресурсопотребляющих технологических цепочек (газохимия, нефтехимия и т.п.), что меняет подход к планированию инфраструктуры и инвестиций.

Исходя из результатов проведенного исследования можно предположить, что:

- во-первых, сохранение высокого абсолютного спроса на электроэнергию и тепло сочетается с относительным изменением их долей в силу экспансии сырьевого использования. Традиционные меры энергосбережения и модернизации сетей сохраняют значение, но уже в условиях параллельного роста капиталоемких перерабатывающих проектов;
- во-вторых, прогнозный скачек, наблюдаемый по данным строки «использование как сырье» ставит задачу согласованного наращивания газотранспортной и перерабатывающей инфраструктуры, а также логистики экспорта, иначе возникают критические узкие места;
- в-третьих, выявленные структурные изменения усиливают потребность в элементах системной гибкости (накопители энергии, гибкая генерация, интеграция ВИЭ), поскольку возникают новые профили нагрузки и требования к надежности энергосистемы.

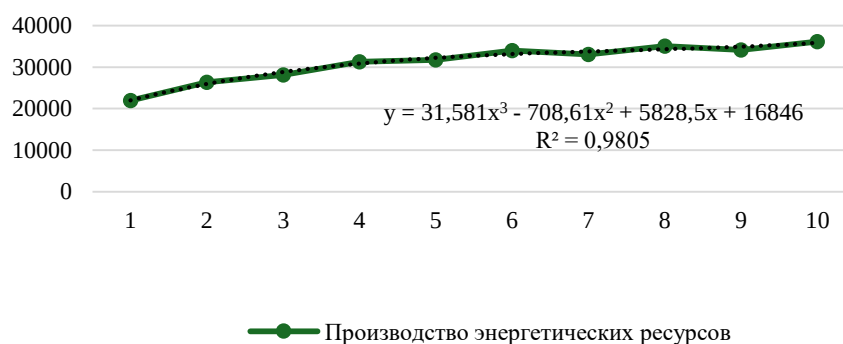
«Региональные власти уделяют достаточное внимание вопросам формирования ТЭБ как на основе фактических данных, так и осуществляется многовариантная проработка перспективных вариантов, которые находят свое отражение в различных утверждаемых правительством Тюменской области программах. Формирование прогнозных ТЭБ позволяет его использовать в качестве активного инструмента управления энергоемкостью ВРП и укрепления энергетической безопасности региона. Вместе с тем, согласно авторской логике, необходимо отметить, что ТЭБ строится от достигнутого уровня и существующих потребностей и не учитывает смещение потребительского спроса относительно ТЭР в долгосрочной перспективе, что может быть обусловлено получением новых технико-технологических решений, развитием цифровой инфраструктуры и требованиями энергоперехода. Происходит упущение этапа технологического прогнозирования и формирования прогнозной структуры ТЭБ на основе форсайт-технологии [285], что не позволяет выстраивать программные меры с ориентацией на достижение целевой структуры ТЭБ на прогнозном горизонте 2050–2070 гг» [258].

В таблицах 4.2–4.3 представлен прогнозный ТЭБ Тюменской области, разработанный на период до 2030 года. Именно данные варианты ТЭБ выступают в качестве целевых ориентиров для достижения в ближайшие 4 года и являются ключевым фактором для отбора приоритетных мер и программ, направленных на достижение, отраженных в прогнозном ТЭБ значений статей баланса и обеспечением соответствующей его структуры. Анализа прогнозных ТЭБ Тюменской области представлен в работе автора диссертационного исследования [258].

В качестве первичных энергоресурсов в ТЭБ Тюменской области преобладают сырая нефть, природный газ, продукты нефтепереработки, уголь и прочее твердое топливо. Анализ ТЭБ по укрупненным составляющим показывает, что в структуре ТЭБ закладывается ежегодный прирост производства энергетических ресурсов, что коррелирует с ростом регионального спроса на них. Прирост производства энергетических ресурсов планируется обеспечить за

рассматриваемый период на 65% и к 2030 году их величина должна составить 36151,9 тыс.т.у.т., что на 14205 тыс.т.у.т. больше по сравнению с 2021 годом.

На рис.4.1 «отражена тенденция, закладываемая в прогнозный ТЭБ Тюменской области по статье «Производство энергетических ресурсов». При условии ее сохранения и обеспечении реализуемыми целевыми программами можно говорить, что эта тенденция роста производства энергетических ресурсов сохранится и в следующие периоды, то есть при продлении выявленной тенденции в следующий прогнозный интервал можно будет ожидать производство энергетических ресурсов на уровне 37252 тыс.т.у.т. При этом величина вывоза энергетических ресурсов превышает величину их ввоза на протяжении всего рассматриваемого периода и к 2030 году превышение составит на 8365,8 тыс.т.у.т., в то время как в 2021 году оно было на уровне 5628,7 тыс.т.у.т» [258].



*Источник: составлено автором на основании данных ТЭБ Тюменской области.*

Рисунок 4.1 – Выявление тенденции, закладываемой в прогнозный ТЭБ Тюменской области по статье «Производство энергетических ресурсов»

Изменения по статье «Преобразования топлива» составили +102% или 10373,5 тыс.т.у.т. Наибольший рост в структуре закладывается на переработку нефти и газа.

Таблица 4.2 – Прогнозный ТЭБ Тюменской области на период 2021-2030 г.г.

| Статья баланса, тыс.т.у.т.                                              | Год      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                         | 2021     | 2022     | 2023     | 2024     | 2025     | 2026     | 2027     | 2028     | 2029     | 2030     |
| 1                                                                       | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       |
| <b>Производство энергетических ресурсов</b>                             | 21947,1  | 26313,9  | 28119    | 31264,2  | 31758    | 33952,3  | 33063,8  | 35046,6  | 34131    | 36151,9  |
| Ввоз                                                                    | 9348,7   | 9596,8   | 9967     | 10217,7  | 10403,5  | 10431,5  | 10662,4  | 10760,1  | 10846,8  | 10901,5  |
| Вывоз                                                                   | -14977,4 | -15684,5 | -15524,4 | -15809,4 | -16331,7 | -17021,6 | -17548   | -18109,6 | -18670,5 | -19267,3 |
| Изменение запасов                                                       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Потребление первичной энергии                                           | 16243,8  | 20196,4  | 22545,1  | 25655,9  | 25813,2  | 27345,6  | 26161,7  | 27680,5  | 26290,7  | 27769,6  |
| Статистическое расхождение                                              | 205,9    | 163,6    | 108,4    | 98,5     | 40,8     | 66,7     | 128,4    | 128,1    | 126,9    | 125,7    |
| Производство электрической энергии                                      | -1971,5  | -1879    | -1821,6  | -1849,8  | -1923,7  | -1884,8  | -1931    | -1929,1  | -1928    | -1926,1  |
| Производство тепловой энергии                                           | -136,3   | -146,5   | -154,5   | -160,9   | -162,2   | -164,4   | -168     | -167,9   | -167,7   | -168,4   |
| - Теплоэлектростанции                                                   | -202,2   | -203     | -204,6   | -204,7   | -204,6   | -206     | -209,7   | -209,8   | -209,7   | -209,8   |
| - Котельные                                                             | -33,9    | -43,3    | -49,7    | -56      | -57,4    | -58,1    | -58,2    | -58      | -58      | -58,6    |
| - Электрокотельные и теплоутилизационные установки                      | 99,8     | 99,8     | 99,8     | 99,8     | 99,8     | 99,8     | 99,9     | 99,9     | 99,9     | 100      |
| <b>Преобразование топлива</b>                                           | -10146,1 | -13875   | -15931,3 | -18898,4 | -19042,1 | -20416,9 | -19104,5 | -20513,6 | -19102,8 | -20519,6 |
| - Переработка нефти                                                     | -4259,4  | -7974,3  | -10013   | -12873   | -12873   | -14303   | 12872,9  | -14302,3 | -12872,3 | -14302,3 |
| - Переработка газа                                                      | -5886,7  | -5900,7  | -5918,2  | -6025,3  | -6169    | -6113,9  | -6231,6  | -6211,3  | -6230,5  | -6217,3  |
| - Обогащение угля                                                       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Собственные нужды                                                       | -194,7   | -194,6   | -195,5   | -203,2   | -202,6   | -201,8   | -204,7   | -204,7   | -204,7   | -204,7   |
| Потери при передаче                                                     | -433,8   | -148,2   | -466,1   | -477,5   | -481,3   | -484,7   | -487,2   | -487,2   | -487,2   | -488,1   |
| <b>Конечное потребление энергетических ресурсов</b>                     | 13376,4  | 17394,5  | 19815,7  | 22882,7  | 23019,3  | 24560    | 23259,1  | 24780,2  | 23392,8  | 24873,2  |
| Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство | 450      | 476,4    | 556,4    | 559,5    | 560,9    | 561,8    | 562,6    | 563,1    | 563,7    | 564,5    |
| Промышленность                                                          | 2530     | 2652,3   | 2784,6   | 2840,1   | 2866,3   | 2920,3   | 3003,5   | 3056,5   | 3058,9   | 3063,5   |
| - Добыча полезных ископаемых                                            | 340,7    | 343      | 353,9    | 353,7    | 358,5    | 360,5    | 361,4    | 362,4    | 362,5    | 362,6    |



Окончание таблицы 4.3

| 1                                                                                      | 2     | 3     | 4    | 5     | 6    | 7     | 8    | 9     | 10   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Потребление первичной энергии                                                          | 24,3  | 11,6  | 13,8 | 0,6   | 5,9  | -4,3  | 5,8  | -5,0  | 5,6  |
| Статистическое расхождение                                                             | -20,5 | -33,7 | -9,1 | -58,6 | 63,5 | 92,5  | -0,2 | -0,9  | -0,9 |
| Производство электрической энергии                                                     | -4,7  | -3,1  | 1,5  | 4,0   | -2,0 | 2,5   | -0,1 | -0,1  | -0,1 |
| Производство тепловой энергии                                                          | 7,5   | 5,5   | 4,1  | 0,8   | 1,4  | 2,2   | -0,1 | -0,1  | 0,4  |
| - Теплоэлектростанции                                                                  | 0,4   | 0,8   | 0,0  | 0,0   | 0,7  | 1,8   | 0,0  | 0,0   | 0,0  |
| - Котельные                                                                            | 27,7  | 14,8  | 12,7 | 2,5   | 1,2  | 0,2   | -0,3 | 0,0   | 1,0  |
| - Электрокотельные и теплоутилизационные установки                                     | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,1   | 0,0  | 0,0   | 0,1  |
| <b>Преобразование топлива</b>                                                          | 36,8  | 14,8  | 18,6 | 0,8   | 7,2  | -6,4  | 7,4  | -6,9  | 7,4  |
| - Переработка нефти                                                                    | 87,2  | 25,6  | 28,6 | 0,0   | 11,1 | -10,0 | 11,1 | -10,0 | 11,1 |
| - Переработка газа                                                                     | 0,2   | 0,3   | 1,8  | 2,4   | -0,9 | 1,9   | -0,3 | 0,3   | -0,2 |
| - Обогащение угля                                                                      |       |       |      |       |      |       |      |       |      |
| Собственные нужды                                                                      | -0,1  | 0,5   | 3,9  | -0,3  | -0,4 | 1,4   | 0,0  | 0,0   | 0,0  |
| Потери при передаче                                                                    | -65,8 | 214,5 | 2,4  | 0,8   | 0,7  | 0,5   | 0,0  | 0,0   | 0,2  |
| <b>Конечное потребление энергетических ресурсов</b>                                    | 30,0  | 13,9  | 15,5 | 0,6   | 6,7  | -5,3  | 6,5  | -5,6  | 6,3  |
| Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство                | 5,9   | 16,8  | 0,6  | 0,3   | 0,2  | 0,1   | 0,1  | 0,1   | 0,1  |
| Промышленность                                                                         | 4,8   | 5,0   | 2,0  | 0,9   | 1,9  | 2,8   | 1,8  | 0,1   | 0,2  |
| - Добыча полезных ископаемых                                                           | 0,7   | 3,2   | -0,1 | 1,4   | 0,6  | 0,2   | 0,3  | 0,0   | 0,0  |
| - Обрабатывающий сектор                                                                | 5,9   | 5,6   | 2,4  | 0,9   | 2,3  | 3,7   | 2,3  | 0,0   | 0,1  |
| - Производство и распределение электроэнергии, газа и воды                             | 4,4   | 4,2   | 1,4  | 0,7   | 0,7  | 0,3   | 0,1  | 0,1   | 0,2  |
| - Прочая промышленность                                                                | 1,9   | 2,3   | 2,2  | 1,1   | 1,0  | 1,0   | 0,7  | 0,7   | 0,8  |
| Строительство                                                                          | 5,9   | 3,7   | 3,9  | 1,2   | 0,8  | 0,8   | 0,8  | 0,8   | 0,8  |
| Транспорт и связь                                                                      | 3,2   | 3,1   | 1,4  | 3,6   | 1,1  | 1,0   | 1,1  | 1,1   | 1,3  |
| - Железнодорожный                                                                      | 3,0   | 3,3   | 2,0  | 2,0   | 2,0  | 1,9   | 1,9  | 1,9   | 2,0  |
| - Трубопроводный                                                                       | 3,6   | 1,5   | 0,3  | 0,2   | 0,2  | 0,1   | 0,0  | 0,0   | 0,0  |
| - Автомобильный                                                                        | 3,1   | 8,8   | 5,0  | 5,6   | 2,6  | 2,5   | 2,5  | 2,5   | 2,6  |
| - Прочий                                                                               | 2,4   | 5,7   | 2,1  | 23,0  | 1,4  | 1,3   | 1,9  | 1,9   | 2,7  |
| Сфера услуг                                                                            | 7,1   | 6,9   | 4,2  | 2,4   | 1,1  | 1,1   | 0,8  | 0,8   | 0,8  |
| Население                                                                              | 5,5   | 4,6   | 3,5  | 1,7   | 1,1  | 0,8   | 0,6  | 0,6   | 0,7  |
| Использование топливно-энергетических ресурсов в качестве сырья и на нетопливные нужды | 81,7  | 23,9  | 27,5 | 0,0   | 10,8 | -9,7  | 10,8 | -9,7  | 10,8 |



Рост конечного потребления ресурсов прогнозируется в течение всего прогнозного периода и к концу 2030 года составит 85,9 % при базе сравнения 2021 года. Наибольший удельный вес потребления приходится на промышленность.

К 2030 году закладывается такая структура потребления по статье «промышленность», как обрабатывающий сектор – 73,66%, добыча полезных ископаемых – 11,8 %, производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 8,6 %, прочая промышленность – 5,9 %. «Если сравнивать структуру с 2021 годом, то прогнозируется по всем направлениям рост %, но не значительный, так, например, доля обрабатывающего сектора в общем объеме потребления изменится на +2,7 % к 2030 году.

В течение всего периода исследования прогнозируется резкое изменение использования ТЭР в качестве сырья и на не топливные нужды. Ожидаемый прирост за десятилетний период определяется на 217,9 % или на 10070,8 тыс.т.у.т. На рисунке 4.2 отражена закладываемая прогнозная тенденция в изменениях данной статьи ТЭБ. Опираясь на полученное уравнение тренда, можно предположить ее сохранение и в будущих периодах, если не произойдет кардинального изменения в факторах, оказывающих существенное влияние на использование ТЭР. В периоде, следующем за прогнозным значение составит 16691,1 тыс.т.у.т., что на 13,6 % больше последнего прогнозного периода (2030 г.)» [262].

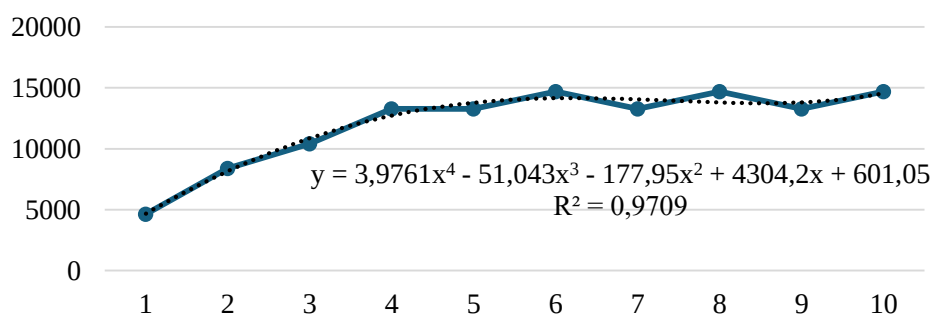


Рисунок 4.2 – Прогноз изменения использования ТЭР в качестве сырья и на не топливные нужды в ТЭБ Тюменской области (2021–2030 гг.)

В таблице 4.3 представлены темпы прироста по всем статьям ТЭБ за весь прогнозный период (рассчитаны на основании табл.4.2). Изменения по некоторым статьям баланса прогнозируются скачкообразно и имеют большой размах. Так, например, по статье баланса «Производство энергетических ресурсов» наблюдается скачкообразная динамика изменения в % выражении, но общая тенденция направлена на снижение темпа прироста к концу прогнозного периода (рис.4.3).

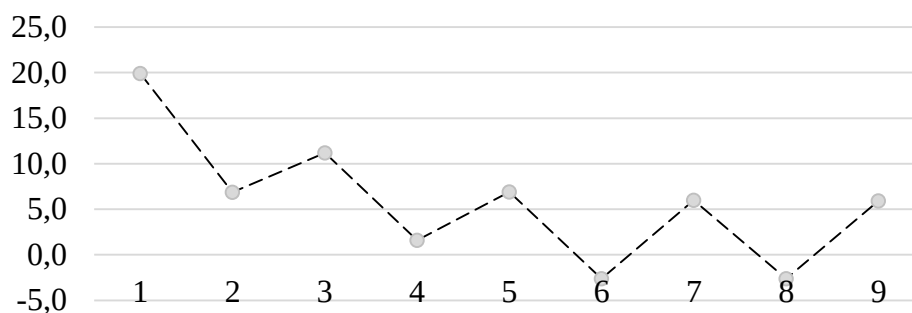


Рисунок 4.3 – Темпы прироста по статье «Производство энергетических ресурсов», закладываемые в прогнозный ТЭБ Тюменской области, % (2021–2030 гг.)

Скачкообразность изменений может быть объяснена корреляцией с целевыми программами, планируемыми к реализации в течение всего прогнозного периода.

«На долю электроэнергии приходится основной объем потребления вторичных энергоресурсов в Тюменской области. Поэтому в области активно рассматриваются программы, направленные на снижение энергопотребления и повышения энергетической эффективности в целом. Так в феврале 2021 года постановлением правительства Тюменской области утверждена региональная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности». Программа рассчитана на пятилетний период (до 2024 года) и имеет основную целевую ориентацию на поступательное повышение энергетической эффективности и снижение энергоемкости ВРП. Для достижения целевого

ориентира планируется решить ряд достаточно значимых задач регионального характера, а именно:

- обеспечить инвестиционную привлекательность региона для частных инвесторов для реализации программ и проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- обеспечение информационной прозрачности для всех заинтересованных лиц о реализуемых мерах и целевых программах в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, а также их влияние на структуру ТЭБ и энергоемкость ВРП;
- развитие и повышение энергоэффективности коммунальных систем и др.» [258].

В основу механизма реализации целевых программ, направленных на обеспечение снижения энергоемкости различных подсистем и укрепления энергетической и экономической безопасности Тюменской области, закладываются такие принципы, как: всестороннее, активное и системное взаимодействие между всеми заинтересованными лицами в выделенной области исследования; адресность полномочий и ответственности на всех этапах реализации целевых программ.

Эффективность реализации целевых программ целесообразно мониторить по ключевым показателям, которые в системном виде фрагментарно для блока общей программы «Повышение энергетической эффективности объектов коммунальной инфраструктуры и развитие электроэнергетики» представлены на рис.4.4. Они должны коррелировать с целевыми ориентирами и позволять оценить их достижение на каждом временном лаге реализации программы. Ранняя диагностика позволит определить вероятность достижения значений целевых ориентиров (выраженных качественно или количественной) к установленному крайнему сроку реализации программы. Полнотекстовый перечень показателей и ожидаемых результатов, а также назначение ответственных лиц отражены в постановлении Правительства Тюменской области [296].

Необходимо отметить, что в среднесрочном и долгосрочном прогнозном периоде будет наблюдаться усиление структурного сдвига в структуре ТЭБ в сторону газа. Так, в постановлении Губернатора Тюменской области от 29 ноября 2024 года о внесении изменений в постановление от 15.02.2022 №16 указано [291] «В целях расширения использования природного газа в качестве котельно-печного топлива в населенных пунктах Тюменской области, снижения затрат потребителей на энергоресурсы и повышения энергетической эффективности в сфере теплоснабжения также утверждена Дорожная карта (План мероприятий) по расширению газораспределительной системы и достижению прогнозного топливно-энергетического баланса Тюменской области на 2021 – 2030 годы.

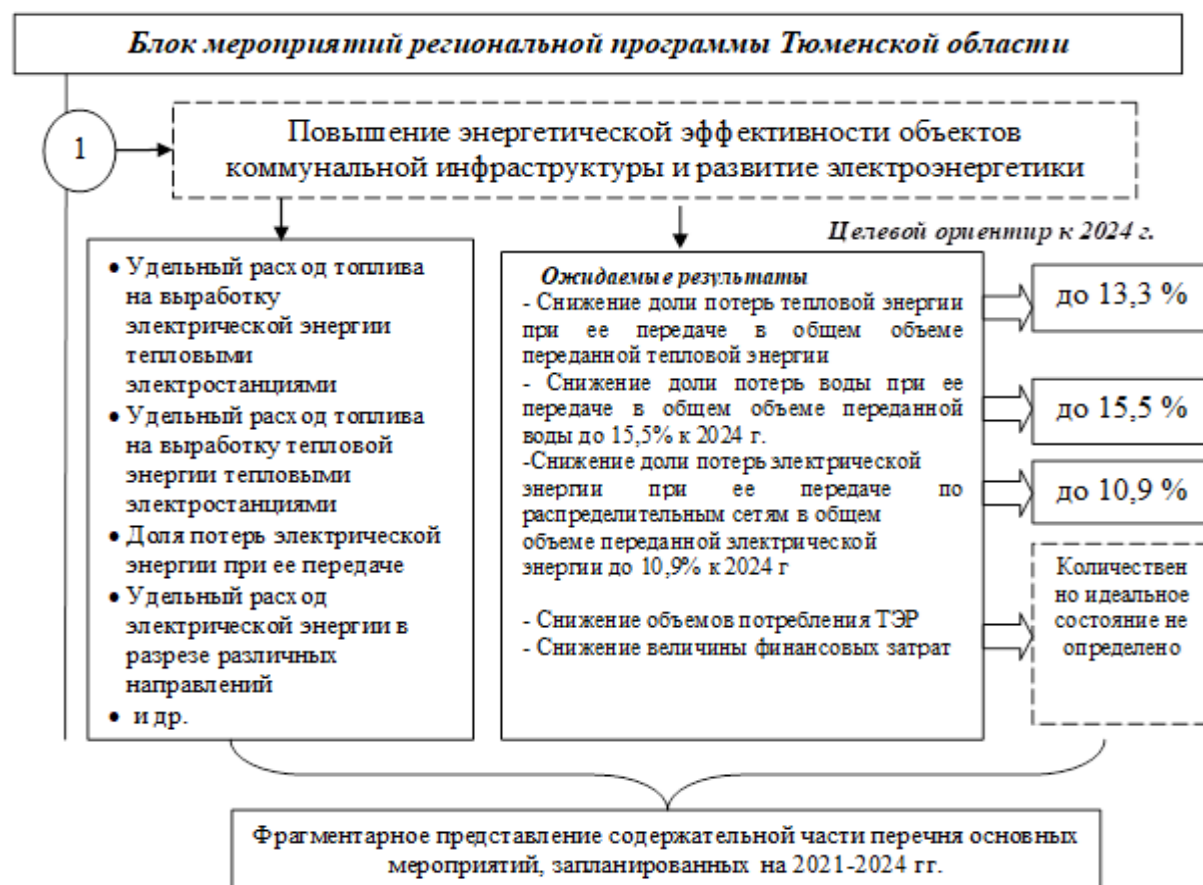


Рисунок 4.4 – Перечень оценочных показателей эффективности региональной программы и ожидаемых результатов [258]

Реализация мероприятий указанной Дорожной карты запланирована с 2022 года». А при составлении прогнозного ТЭБ Тюменской области был «проведен анализ экономии затрат при переходе потребителей на сетевой природный газ, по результатам которого выявлена целесообразность газификации в период 2024–2029 годов 290 ранее не газифицированных населенных пунктов».

Это можно также рассматривать в качестве институциональной предпосылки для усиления структурного сдвига, то есть в горизонте 2024 г.–2030 г. доля сетевого природного газа в ТЭБ региона вырастет, что изменит его структуру в пользу газа в секторе теплоснабжения и бытового потребления и снизит долю альтернативных местных видов топлива.

В развитии Тюменской области в контексте энергоперехода (развития электроэнергетики) реализуются меры, направленные на обеспечение надежного энергоснабжения потребителей и синхронное развитие генерирующих мощностей. Однако по мнению автора, на основании утвержденных в регионе нормативно-правовых документов (таблица 4.4) прослеживается слабая корреляция с удовлетворением растущих потребностей цифровой экономики и с разработкой превентивных мер в данном контексте.

В инвестиционных программах энергоснабжающих организаций не всегда учитываются прогнозный рост потребления электроэнергии, что может приводить к тому, что программа не догоняет фактическое состояние, а работает с небольшим опережением.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что при формировании прогнозных ТЭБ Тюменской области практически не учитываются требования глобального энергоперехода и не закладывается стремительный рост потребности в электроэнергии, который можно будет наблюдать в ближайшие 10 лет, обусловленный развитием цифровой экономики и ее инфраструктуры.

Современная система планирования развития электроэнергетики Тюменской области демонстрирует признаки институциональной инерции, при которой формальное следование нормативным требованиям сочетается с содержательным консерватизмом.

Таблица 4.4 – Перечень нормативных документов, в которых прослеживается частичный учет требований энергоперехода

| Документ                                                                                                                                                                      | Источник                                                       | Комментарий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                             | 2                                                              | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Распоряжение Губернатора Тюменской области от 30.04.2021 № 37-р «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области на 2022-2026 годы» [314]       | Департамент жилищно-коммунального хозяйства Тюменской области  | Анализ динамики электропотребления за 2016—2020 по Тюменской области показывает замедление среднегодовых темпов прироста электропотребления с 4 до 2,9%. Все электростанции относятся к тепловым. В прогнозе показано превышение суммарного потребления мощности над покрытием. В разрезе энергосистемы Тюменской области прогнозируется превышение электропотребления над суммарной выработкой электростанций (33%). Отсутствует раздел, отражающий развитие ВИЭ (в предыдущей версии был) |
| Распоряжение «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области на 2020–2024 годы» [318]                                                          | Губернатор Тюменской области                                   | В 3 разделе документа было обозначено, что прорабатывался вопрос реализации инвестиционного проекта по строительству ВЭС (10 штук, мощность 50МВт каждая)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Закон Тюменской области от 27 декабря 2013 г. N 110 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности в Тюменской области» (с изменениями и дополнениями) [157] | Принят постановлением Тюменской областной думы 19.12.13 № 1635 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

*Источник: составлено автором.*

Цифровая трансформация рассматривается преимущественно в качестве инструмента оптимизации реализуемых инновационно-технологических процессов, а не как точка роста для оптимизации структурных изменений в направлении низкоуглеродного развития.

## 4.2 Практические механизмы повышения эффективности использования попутного нефтяного газа

Современная теория и методология формирования ТЭБ страны требует комплексного переосмысления подходов к формированию его структуры и управлению ею в долгосрочном прогнозном периоде. Традиционные методы

прогнозирования, основанные на экстраполяции исторических тенденций и учете текущих производственных мощностей, оказываются недостаточными для решения стратегических задач долгосрочного развития энергетического сектора. В этой связи все большее признание получает необходимость применения системного подхода, который позволяет рассматривать ТЭБ не как статичную совокупность показателей, а как динамичную систему взаимосвязанных элементов, подчиняющихся единой логике развития национального хозяйства и соответствующих стратегическим приоритетам государства.

Принципиально важным дополнением к системному анализу выступает программно-целевой подход, который предполагает формулирование четких целевых ориентиров развития энергетического сектора и разработку комплекса взаимоувязанных мероприятий, направленных на их достижение [271]. Данный подход позволяет преодолеть фрагментарность отдельных решений и обеспечить их согласованность с долгосрочными стратегическими целями. При этом ключевой особенностью программно-целевого метода является его ориентация на выработку конкретных механизмов реализации.

Однако формирование оптимальной структуры ТЭБ невозможно без применения инструментов многокритериальной оптимизации, поскольку задача структурной оптимизации прогнозного ТЭБ по своей природе является многомерной и многоцелевой. Необходимо одновременно учитывать экономическую эффективность развития отдельных секторов ТЭК, энергетическую безопасность страны, экологические требования, социальные факторы и возможности технологического развития. Методы многокритериальной оптимизации предоставляют инструментарий для взвешивания этих нередко противоречивых целей и выработки компромиссных решений, которые обеспечивают приемлемый баланс между различными приоритетами развития.

Интеграция в методологическую основу инструментов технологического прогнозирования и форсайта открывает возможность учета будущих изменений в научно-технологическом аспекте, которые могут существенно изменить предложение различных энергоресурсов и структуру спроса на них.

Технологическое прогнозирование позволяет выявить потенциальные направления инновационного развития [8], оценить их вероятность и возможное влияние на энергетический сектор. Форсайт, в свою очередь, предоставляет методологию для построения альтернативных сценариев будущего развития, что позволяет лицам, принимающим решения, лучше понимать спектр возможных вариантов и подготавливаться к различным будущим состояниям внешней среды.

Вместе с тем теоретическое совершенствование методологии формирования прогнозной структуры ТЭБ имеет смысл лишь в том случае, если оно сопровождается практической реализацией выработанных рекомендаций уже в настоящее время. Это предполагает разработку и запуск комплекса программных мер, которые постепенно будут перестраивать энергетический сектор в направлении желаемой долгосрочной структуры ТЭБ. Такой подход, основанный на принципе «сегодня для завтра», позволяет избежать резких, дестабилизирующих скачков в структуре энергоснабжения и обеспечивает плавный переход энергетической системы к новому состоянию. Программные меры должны охватывать развитие соответствующей инфраструктуры, создание стимулов для инвестиций в приоритетные направления, развитие кадрового потенциала и совершенствование нормативно-правовой базы.

Применение указанного комплекса методологических подходов и инструментов позволяет перейти от общих принципов формирования ТЭБ к практическому формированию качественных структурных изменений. Одним из ключевых элементов такого анализа становится определение оптимальной доли попутного нефтяного газа (ПНГ) в структуре первичных энергоносителей, что требует учета множества факторов. Попутный нефтяной газ представляет собой особый вид ТЭР, характеризующийся двойственной природой – с одной стороны, он является побочным продуктом нефтедобычи, с другой – представляет собой эффективный энергоноситель, который при надлежащей переработке и использовании может вносить существенный вклад в энергоснабжение страны [106, 191]. Так, «1 тыс. м<sup>3</sup> ПНГ по теплотворной способности соответствует 1,07 т нефтяного эквивалента и является ценным химическим сырьем» [289]. При этом



ПНГ может направляться в подземные газовые хранилища с соответствующими объектами инфраструктуры, что позволит существенно повысить уровень его рационального использования [228].

Специфика ПНГ заключается в его географической привязанности к месторождениям нефти, в технологических особенностях его сбора, переработки и транспортировки, а также в его роли в решении задач энергетической безопасности и экологической устойчивости развития. Определение его оптимальной доли в структуре ТЭБ становится необходимым условием для выработки сбалансированной энергетической политики, которая одновременно обеспечивает экономическую эффективность, снижение потерь энергетических ресурсов, экологическую приемлемость и долгосрочную устойчивость развития национального энергетического сектора.

«В 2024 году объемы сжигания ПНГ при добыче нефти достигли 151 млрд м<sup>3</sup>, что на 3 млрд м<sup>3</sup> больше, чем в предыдущем году, и является самым высоким показателем почти за два десятилетия» [106]. «Когда более миллиарда человек по-прежнему не имеют доступа к надежным источникам энергии, а многие страны ищут дополнительные источники энергии для удовлетворения растущего спроса, очень досадно видеть, как этот природный ресурс расходуется впустую», — сказал Деметриос Папатанасиу, глобальный директор Всемирного банка по вопросам энергетики и добычи полезных ископаемых» [106].

«Некоторые государства сократили объемы сжигания попутного газа, но на 9 крупнейших стран, где это является распространенной практикой, по-прежнему приходится  $\frac{3}{4}$  всех сжигаемых объемов и менее половины мировой добычи нефти. На долю России приходится около 14 % всего сожженного ПНГ» (рис. 4.5) [306].

«Западная Сибирь – крупнейший регион по добыче нефти и попутного нефтяного газа в России, прежде всего Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО). «На территории действует 14% от общего количества выданных в РФ лицензий на право пользования недрами. По состоянию на 01.01.2025 г. действует 579 лицензий, из них 273 лицензии на добычу нефти и газа [204]). Однако последние годы наблюдается тенденция снижения доли этого региона в добыче

ПНГ в общероссийском показателе, что связано с сокращением объема добычи нефти на крупнейших и уникальных базовых месторождениях ХМАО.

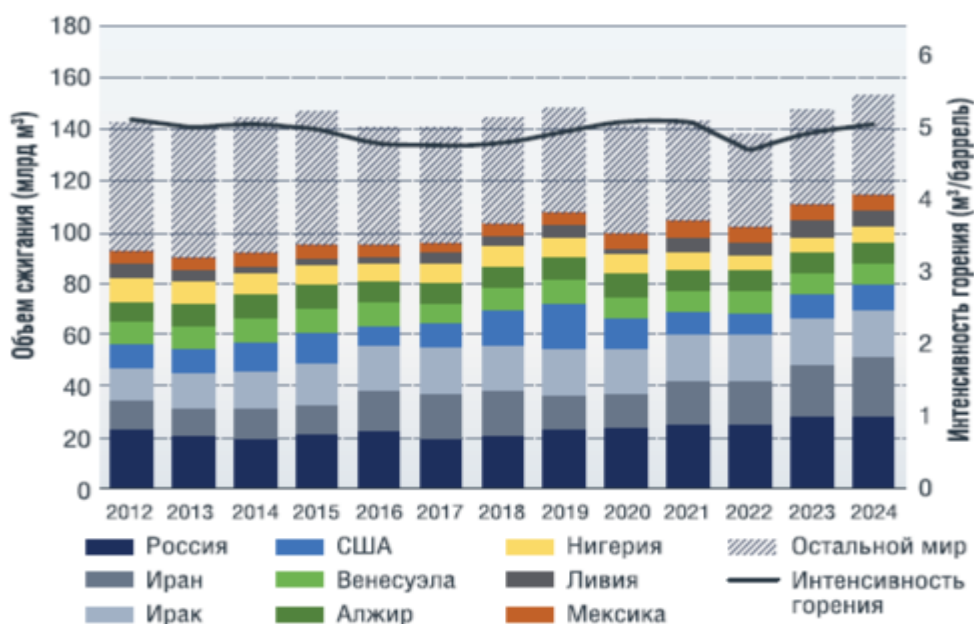


Рисунок 4.5 – Интенсивность сжигания газа на факелах в разных странах на объектах добычи нефти и газа [106]

Вместе с тем быстрыми темпами происходит наращивание добычи ПНГ на месторождениях Восточной Сибири и Дальнего Востока» [389]. «Решение отраслевых проблем в ХМАО сопряжено с поиском баланса интересов между различными группами от недропользователя, государства до общества в целом, то требуют внимания вопросы, связанные с тремя ключевыми принципами: сотрудничество, взаимодействие с заинтересованными сторонами и соответствие нормативным требованиям, которые имеют решающее значение для стимулирования инноваций и достижения технологических прогнозов, а также операционного успеха в энергетическом секторе» [204].

Ханты-Мансийский автономный округ является лидером по использованию ПНГ в России. Объем добычи ПНГ в ХМАО – Югре в 2021 году составил 32,8 млрд м³, в том числе 31,4 млрд м³ (95,75 %) было добыто и использовано, а 1,33 (4,05 %) – сожжено в факелах. На рисунке 4.6 представлена динамика добычи и

использования попутного нефтяного газа в Югре за период 2014–2021 гг. Заметно, что степень его полезного использования растет.

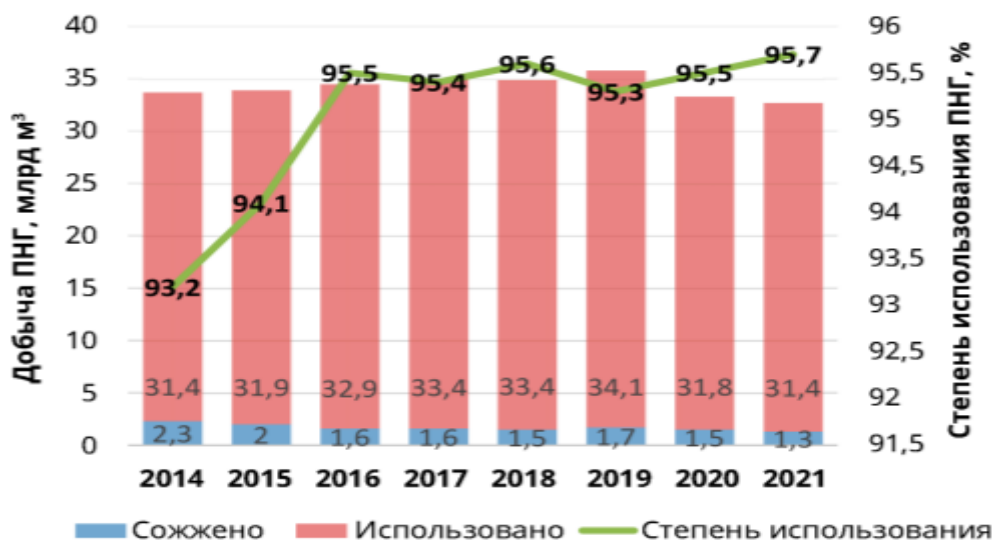


Рисунок 4.6 – Динамика добычи и использования ПНГ в ХМАО – Югре в 2014–2021 гг., млрд м³[198]

В контексте современных вызовов рационального природопользования и экологической безопасности проблема эффективного использования попутного нефтяного газа приобретает особую актуальность. По приблизительным оценкам экспертов [98], из ежегодно добываемых в России ПНГ 60 млрд м³ до трети этого объема сжигается в факельных установках на месторождениях, при этом при сжигании 400 м³ газа, в среднем, выделяется в атмосферу около одной тонны CO<sub>2</sub>.

Поэтому для разработки мероприятий по снижению выбросов углекислого газа в результате факельного сжигания ПНГ на ближайшие годы необходимо иметь достаточно надежные прогнозные оценки суммарных объемов сжигаемого газа в факельных установках на месторождениях на территориях нефтедобывающих регионов [194].

Экономические аспекты проблемы усугубляются существенным дисбалансом между себестоимостью добычи ПНГ (4000–5000 руб./ тыс. м³) и его рыночной ценой 600–1200 руб./ тыс. м³). Данное несоответствие обусловлено специфическими технологическими особенностями разработки нефтегазовых

месторождений, включая высокие капитальные затраты на инфраструктуру сбора и подготовки, низкие дебиты скважин, повышенное содержание примесей. Эти особенности требуют высокоэффективных технологий по осушке, очистке и переработке попутного газа. Основной проблемой является сжигание ПНГ в факелах.

Стратегически наиболее перспективным представляется переход от энергетического использования ПНГ к его глубокой переработке на газоперерабатывающих заводах с получением продукции нефтехимии высокой добавленной стоимости. Повышение эффективности управления использованием ПНГ требует, по мнению автора, предварительного комплексного анализа существующей структуры ТЭБ региона и рассмотрения целесообразности выделения в его структуре доли, приходящейся на ПНГ. В будущем это позволит разрабатывать и реализовывать эффективные программные меры и выстраивать диалог по развитию данного направления между государством, недропользователем и региональными органами власти.

В этой связи представляется научно обоснованным проведение детального исследования структуры ТЭБ ХМАО-Югры с акцентом на количественную оценку доли ПНГ. Такой анализ позволит не только установить текущее состояние, но и разработать прогнозные сценарии, определить резервы повышения эффективности использования ПНГ, а также сформировать научно-методическую базу для принятия управленческих решений региональными органами власти при поддержке государства и недропользователей.

Анализ структуры ТЭБ ХМАО-Югры представлен в таблице 4.5 и в более развернутом виде в приложении С. Сравнительный анализ «прогноз-факт», отраженный в таблице 4.5 показал, что:

- производственный сектор демонстрирует существенные отклонения от прогнозных показателей. Фактический объем производства энергоресурсов составил 398,2 млн т.у.т., что на 7,1 % превысило прогнозный уровень.

Таблица 4.5 – Анализ структуры ТЭБ ХМАО-Югры

| Показатель                                                                                 | Период исследования |            |                         |                            |         |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|-------------------------|----------------------------|---------|---------|
|                                                                                            | Факти-<br>ческий    | Прогнозный |                         |                            |         |         |
|                                                                                            |                     | 2021 г.    | 2022 г.                 | 2023 г.<br>Прогноз<br>факт | 2024 г. | 2025 г. |
| 1                                                                                          | 2                   | 3          | 4                       | 5                          | 6       | 7       |
| Основные подсистемы ТЭБ (тыс. т.у.т)                                                       |                     |            |                         |                            |         |         |
| Производство энергоресурсов                                                                | 365,4               | 376,6      | <u>371,9</u><br>398,2↑  | 365,6                      | 360,5   | 334,7   |
| Потребление первичной энергии                                                              | 67,94               | 63,0       | <u>62,8</u><br>95,96↑   | 62,5                       | 63,1    | 62,94   |
| Конечное потребление                                                                       | 67,3                | 28,4       | <u>28,6</u><br>22,98↓   | 28,9                       | 28,979  | 29,197  |
| Произошедшие изменения по основным подсистемам ТЭБ (база сравнения 2021 г.), %             |                     |            |                         |                            |         |         |
| Производство энергоресурсов                                                                | -                   | 3,05       | <u>1,77</u><br>8,98↑    | 0,04                       | -1,36   | -8,42   |
| Потребление первичной энергии                                                              | -                   | -7,21      | <u>-7,51</u><br>41,24↑  | -8,06                      | -7,14   | -7,35   |
| Конечное потребление                                                                       | -                   | -57,81     | <u>-57,47</u><br>-34↓   | -57,10                     | -56,92  | -56,59  |
| Структура производства энергоресурсов, %                                                   |                     |            |                         |                            |         |         |
| Сырая нефть                                                                                | 84,4                | 84,2       | <u>84,1</u><br>77,56↓   | 83,9                       | 83,8    | 83,3    |
| Природный газ                                                                              | 13,7                | 13,9       | <u>14,0</u><br>11,8↓    | 14,1                       | 14,3    | 17,7    |
| Нефтепродукты                                                                              | 1,9                 | 1,9        | <u>1,9</u><br>10,62↑    | 1,9                        | 1,9     | 1,9     |
| Прочее                                                                                     | 0,004               | 0,006      | <u>0,006</u><br>0,02    | 0,006                      | 0,006   | 0,004   |
| Тем прироста выделенных источников производства энергоресурсов (база сравнения 2021 г.), % |                     |            |                         |                            |         |         |
| Сырая нефть                                                                                | -                   | -0,24      | <u>-0,36</u><br>-8,1↓   | -0,59                      | -0,71   | -1,3    |
| Природный газ                                                                              | -                   | 1,46       | <u>2,19</u><br>-13,87↓  | 2,92                       | 4,38    | 29,20   |
| Нефтепродукты                                                                              | -                   | 0          | 0                       | 0                          | 0       | 0       |
| Прочее                                                                                     | -                   | 50,00      | <u>50,00</u><br>400,00↑ | 50,00                      | 50,00   | 0,00    |

Источник: составлено автором на основании данных, отраженных в распоряжении Губернатора ХМАО-Югра от 28.09.2022 г. №307-рг «О топливно-энергетическом балансе» [317]; от 25 сентября 2024 г. № 248 – рг [316]

При этом доля сырой нефти снизилась с прогнозируемых 84,1 % до фактических 77,6 %, доля природного газа уменьшилась с 14,0 % до 11,8 %, что

может быть обусловлено формированием тенденции, направленной на диверсификацию энергетического баланса региона;

- импорт и экспорт также подвержены изменениям. В рассматриваемом периоде наблюдается снижение объемов ввоза энергоресурсов при одновременном снижении экспорта на 12%. Это может быть связано с перенаправлением части энергоресурсов на внутреннее потребление, особенно значительным стало сокращение вывоза природного газа;

- процессы преобразования энергоресурсов превысили прогнозные объемы в 3,2 раза, достигнув 53,3 млн т.у.т. Наибольший рост наблюдался в переработке газа, где фактические показатели превысили прогноз в 22,6 раза. Это свидетельствует об интенсивном развитии газоперерабатывающих мощностей в регионе. Тенденция сохранилась и в 2024 году на фоне сокращающейся добычи<sup>9</sup>: «Несмотря на сокращение добычи, нефтегазоперерабатывающие предприятия региона увеличили выпуск ключевой продукции. Производство автомобильного бензина выросло до 1,5 млн тонн (1,4 млн тонн в 2023 году), дизельного топлива — до 1,6 млн тонн (1,4 млн тонн), сжиженного газа — до 1,8 млн тонн (1,6 млн тонн). Глубина переработки нефти составила 29,4%, а газа — 87,2%. Особенно выделяется завод по стабилизации газового конденсата им. В. С. Черномырдина, где глубина переработки достигла 99%» [95];

- структура конечного энергопотребления претерпела существенные изменения. Несмотря на общее снижение объема конечного потребления на 19,7 %, произошла переориентация использования энергоресурсов. Значительно сократилось промышленное потребление (на 20,2 %) и использование ТЭР в качестве сырья (на 76,3 %), при этом потребление населением и транспортом осталось стабильным;

---

<sup>9</sup> «Добыча нефти в ХМАО сократилась на 5% – с 216 млн тонн в 2023 году до 204,7 млн тонн в 2024-м. Доля округа в общероссийской добыче также уменьшилась — с 41% до 40%. Аналогичная негативная динамика зафиксирована в газовом секторе: добыча природного газа уменьшилась на 5,4% (с 31,5 млрд куб. м до 29,8 млрд куб. м). Сокращение инвестиционной активности проявилось в уменьшении объёмов эксплуатационного бурения (с 18,9 млн м до 18,6 млн м) и ввода новых скважин (с 4 567 до 4 278 единиц). Косвенным подтверждением общего спада в энергетическом секторе стало очередное снижение выработки электроэнергии на 6,7% (с 84 млрд кВтч до 78,5 млрд кВтч)» [95]

- показатели энергоэффективности требуют внимания со стороны региона. Хотя потери при передаче сократились на 20,2 %, общая эффективность использования энергоресурсов снизилась, о чем свидетельствует рост объемов преобразования при сокращении конечного потребления.

Проведенный анализ демонстрирует проблемы теоретико-методического характера при формировании прогнозных ТЭБ и необходимость корректировки прогнозных моделей и методологии планирования. Выявленные структурные сдвиги, особенно в области переработки газа и изменения внешнеторговых потоков, требуют учета при разработке долгосрочной энергетической стратегии региона. Для региональных органов власти актуальной задачей становится разработка мер, направленных на оптимизацию структуры ТЭБ, повышение энергоэффективности и развитие перерабатывающих мощностей с учетом фактически сложившихся тенденций.

Анализ подтверждает динамичный характер энергетического сектора ХМАО и необходимость регулярного мониторинга и корректировки прогнозных показателей для эффективного управления энергетическим комплексом региона.

Проведенный анализ показал, что ТЭБ ХМАО-Югры требует продолжения диверсификации и выделения, может быть, не самых больших по объему, но возможных обеспечить потребность в отдельных видах ресурсов, а именно ПНГ, который является самостоятельным энергоресурсом в структуре ТЭБ и не входит в состав природного газа, что требует отдельного учета и анализа. По оценкам, основанным на данных о добыче нефти и традиционных коэффициентах газового фактора для месторождений ХМАО, фактический объем ПНГ в 2023 году составил приблизительно 28,5 млн т.у.т., что соответствует доле около 7,16% в общем объеме ТЭБ региона.

Сравнительный анализ показывает отрицательную динамику использования ПНГ. Объемы добычи ПНГ снизились относительно прогнозных показателей примерно на 9,8%, что коррелирует с общим снижением добычи нефти в регионе.

Снижение добычи нефти на 11,3 млн тонн в 2024 году, как следствие санкционного давления и соглашений ОПЕК+, неизбежно приводит к

пропорциональному сокращению объемов ПНГ. Учитывая традиционный газовый фактор для месторождений ХМАО, это означает снижение добычи ПНГ примерно на 1,1–1,3 млрд м<sup>3</sup> в год, что в пересчете на т.у.т. составляет около 1,2–1,4 млн т.у.т.

В абсолютных значениях это приведет к снижению доли ПНГ в ТЭБ с текущих 7,16% до примерно 6,5–6,8% в краткосрочной перспективе. Однако более значимым является структурный эффект – при общем снижении объемов ТЭБ региона доля ПНГ может демонстрировать относительную стабильность или даже незначительный рост за счет более интенсивного снижения других компонентов баланса.

Критическим фактором становится изменение экономики утилизации ПНГ. Снижение объемов добычи делает нерентабельными многие проекты по переработке ПНГ, особенно на малых и средних месторождениях. Это может привести к росту факельного сжигания в относительном выражении, даже при сохранении или незначительном снижении абсолютных объемов.

При этом структура использования ПНГ остается неоптимальной – около 55% объема направляется на энергетические нужды (в основном ГЭС), что обеспечивает низкую добавленную стоимость, в то время как доля химической переработки составляет лишь 30%.

Достаточно значимой по-прежнему остается проблема, связанная с сохраняющимся факельным сжиганием ПНГ. Уровень сжигания составляет около 4,5% от общего объема добычи. Это приводит не только к прямым экономическим потерям, но и к значительным экологическим последствиям. Недополученная выгода от более глубокой переработки ПНГ также может быть существенной.

Для повышения эффективности использования ПНГ и увеличения его доли в ТЭБ региона необходима реализация комплекса мер. В краткосрочной перспективе целесообразно довести долю ПНГ до прогнозных 9,2–9,3%, увеличить химическую переработку до 40% от объема и снизить факельное сжигание до 2%. В среднесрочной перспективе следует стремиться к достижению доли ПНГ в 10–11%



от общего ТЭБ при обеспечении химической переработки 60% объема и полной ликвидации факельного сжигания, за исключением аварийных случаев.

Ключевыми инструментами реализации данной политики должны стать нормативное регулирование с ужесточением требований к утилизации ПНГ, экономическое стимулирование через налоговые льготы для переработки, инфраструктурное развитие путем строительства газоперерабатывающих заводов и газосборных сетей, а также технологическая модернизация с внедрением эффективных методов утилизации.

Таким образом, ПНГ остается важным, но недостаточно эффективно используемым компонентом ТЭБ ХМАО. Повышение доли и эффективности использования ПНГ будет способствовать не только диверсификации энергетического баланса региона, но и увеличению добавленной стоимости от нефтедобывающей деятельности при одновременном снижении экологической нагрузки.

Долгосрочная перспектива зависит от способности региона адаптироваться к новым условиям. Если снижение добычи нефти будет сопровождаться развитием газоперерабатывающей инфраструктуры и внедрением технологий эффективной утилизации малых объемов ПНГ, доля попутного газа в ТЭБ может стабилизироваться на уровне 7–8%. В противном случае, при сохранении текущих тенденций, вероятно дальнейшее снижение до 6–6,5% к 2030 году.

Таким образом, общая тенденция снижения добычи нефти создает двойственный эффект для доли ПНГ в ТЭБ – с одной стороны, прямое сокращение объемов, с другой – потенциальный стимул для повышения эффективности использования оставшихся ресурсов. Ключевым становится вопрос адаптации нефтегазовых компаний и региональной инфраструктуры к работе в условиях снижающейся добычи.

#### **4.3 Системная интеграция потенциала электропроизводства в развитие критической инфраструктуры цифровой экономики (на примере ХМАО-Югра)**

Автором диссертационного исследования также был проведен анализ ТЭБ ХМАО-Югры на предмет обеспеченности электроэнергией, что особенно актуально в условиях роста ее потребления в прогнозном периоде, в том числе и за счет развития цифровой экономики.

В условиях цифровой экономики особую актуальность приобретают вопросы развития ее инфраструктурной составляющей. Актуализируются вопросы надежного, бесперебойного обеспечения электроэнергией центров обработки данных (ЦОД), как одного из ключевых элементов инфраструктурной составляющей, а также определение мест размещения для новых ЦОД. При выборе места необходимо учитывать ряд важных факторов, к ключевым из которых относится доступность и достаточность топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), возможность их рационального использования для получения электроэнергии для обеспечения бесперебойной и надежной работы ЦОД. Вопрос является достаточно значимым в силу того, что в случае возникновения рискованных ситуаций и аварийной остановки ЦОД ущерб может быть существенным, так как может затронуть целый ряд смежных отраслей, эффективная работа которых зависит от бесперебойной работы ЦОД. Решение вопроса о выборе места строительства ЦОД, привлечении инвесторов должен основываться на разработке прогнозных топливно-энергетических балансах (ТЭБ). Именно они могут выступать в качестве эффективного инструмента обеспечения синергического эффекта от межотраслевого взаимодействия, направленного на максимально полное закрытие потребностей цифровой экономики в энергетических ресурсах.

По мере ускорения цифровизации во всем мире растет и спрос на услуги центров обработки данных. В научном сообществе прослеживается интерес к данному вопросу, что наблюдается в публикациях не только отечественных авторов, но и зарубежных. Высокое энергопотребление ЦОД создает серьезную

проблему экологической устойчивости, что вынуждает осуществлять поиск не только обеспечения их электроэнергией в нужном объеме, но и по возможности с меньшим ущербом для экологии. Так, в работе, E. Ayyildiz, B. Yildirim, N. Aydin рассматривается целесообразность выбора места расположения ЦОД исходя из возможности использования возобновляемых источников энергии [11]. Необходимость комплексного подхода к выбору места строительства, который обеспечивает баланс между энергоэффективностью и экологической устойчивостью обозначено на официальном сайте ведущего поставщика решений для ЦОД, энергетики и инфраструктуры в США по выбору и оценке площадок [32].

ХМАО – Югра обладает значительными преимуществами для строительства ЦОД, обусловленными холодным климатом и профицитом электроэнергии. Низкие природные температуры позволяют существенно сократить издержки на охлаждение, а наличие дешевой и стабильной генерации электроэнергии обеспечивая надежное питание.

Обеспеченность региона необходимыми энергетическими ресурсами в долгосрочном периоде целесообразно определять исходя из анализа текущего и составления прогнозного ТЭБ. При этом прогнозный ТЭБ может быть составлен не просто от достигнутого уровня, а на основе развернутого Форсайта с тем, чтобы определить, например, какие источники в округе в будущем могут быть задействованы для покрытия растущей потребности в электроэнергии и при этом учитывать строительство ЦОД, а также учитывать потребности смежных отраслей в конкретном виде ТЭР. Преимуществом использования на данном этапе Форсайта для формирования прогнозного ТЭБ обусловлено тем, что уже сегодня на уровне региона могут быть разработаны стратегические программные меры, которые позволят достичь параметров прогнозного энергобаланса. Фрагмент анализа ТЭБ ХМАО-Югры в разрезе электроэнергии представлен в таблице 4.6.

Из таблицы 4.6 видно, что как фактический, так и прогнозный ТЭБ демонстрируют профицит электроэнергии, что позволяет сделать вывод о том, что ХМАО-Югра является перспективной площадкой для строительства энергоемких

ЦОД благодаря профициту электроэнергии, благоприятным экономическим условиям и климатическим преимуществам.

Таблица 4.6 – Фрагмент ТЭБ ХМАО–Югра в разрезе электроэнергии, (тыс. т.у.т.)

| Показатель                       | Год            |                            |                                |                                                                         |                             |                             |
|----------------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                  | 2021<br>(факт) | 2022<br>(факт)             | 2023<br>(факт)                 | 2024<br>(прогноз<br>факт)                                               | 2025<br>(прогноз)           | 2030<br>(прогноз)           |
| Производство элек-<br>троэнергии | 9899717        | 10396256<br><b>(5,02)*</b> | 1039438<br>6<br><b>(-0,02)</b> | <u>10012536</u><br><b>(-3,67%)</b><br><u>9649350</u><br><b>(-7,17%)</b> | 10512608<br><b>(8,95%)</b>  | 11041889<br><b>(5,03%)</b>  |
| Потребление элек-<br>троэнергии  | 7575546        | 7470553<br><b>(-1,39)</b>  | 7878762<br><b>(5,46)</b>       | <u>7919378</u><br><b>(0,52%)</b><br><u>7807179</u><br><b>(-0,91%)</b>   | 8061011<br><b>(3,25%)</b>   | 8302627<br><b>(3%)</b>      |
| Вывоз электроэнер-<br>гии        | 1118157        | 1406168<br><b>(25,76)</b>  | 1351472<br><b>(-3,89)</b>      | 629806<br><b>(-53,40%)</b>                                              | 915207<br><b>(45,32%)</b>   | 1125768<br><b>(23,01%)</b>  |
| Ввоз электроэнергии              | 0              | 0                          | 0                              | 0                                                                       | 0                           | 0                           |
| Собственные нужды                | 302344         | 285495<br><b>(-5,57)</b>   | 317570<br><b>(11,23)</b>       | 274958<br><b>(-13,42 %)</b>                                             | 288691<br><b>(4,99%)</b>    | 303225<br><b>(5,03%)</b>    |
| Потери при передаче              | 248288         | 486929<br><b>(96,11)</b>   | 249260<br><b>(-48,81)</b>      | 468957<br><b>(88,14%)</b>                                               | 492379<br><b>(4,99%)</b>    | 517169<br><b>(5,03%)</b>    |
| «+» Профицит/<br>«-» дефицит     | +1773539       | +2153279<br><b>(21,41)</b> | +1948794<br><b>(-9,5)</b>      | +1349243<br><b>(-30,77%)</b>                                            | +1670527<br><b>(23,81%)</b> | +1918868<br><b>(14,87%)</b> |

\* Темп прироста к предыдущему году, %

Источник: расчеты автора темпов прироста на основании источника [315].

Эти факторы делают регион привлекательным как для российских, так и для иностранных инвесторов, способствуя созданию IT-парков и развитию индустрии ЦОД за пределами мегаполисов. Директор департамента информационных технологий и цифрового развития Югры непосредственно обозначил «Нужно создавать условия, чтобы в округ заходили компании для строительства ЦОД. Для них главное – стабильное электричество и теплоотвод» [383].

Проведенный анализ ТЭБ ХМАО — Югры демонстрирует устойчивый профицит электроэнергии, что создает объективные предпосылки для размещения на его территории энергоемких производств, в частности ЦОД. Развитие ЦОД-инфраструктуры позволит диверсифицировать экономику региона, привлечь прямые инвестиции в высокотехнологичный сектор и создать новые рабочие места.

Реализация подобных проектов обеспечит мультипликативный эффект, стимулируя развитие смежных отраслей, включая телекоммуникации, строительство, инжиниринг и сервисное обслуживание. Благоприятные климатические условия для естественного охлаждения и наличие развитой энергетической инфраструктуры дополнительно повышают инвестиционную привлекательность региона.

Таким образом, стратегическое размещение ЦОД в ХМАО-Югре может способствовать технологической модернизации и устойчивому экономическому росту, формируя новое направление развития в рамках национальной цифровой трансформации. Для реализации этого потенциала необходимы скоординированные меры государственной поддержки, включая разработку специальных инвестиционных механизмов, о чем свидетельствует поручение губернатора относительно формирования соответствующего инструмента привлечения инвесторов [137]. Создание благоприятного инвестиционного климата может привлечь крупных игроков, таких как ПАО «Ростелеком», обладающего значительным опытом в строительстве и эксплуатации ЦОД-инфраструктуры, что подтверждается планами компании по развитию сети дата-центров в различных регионах России.

Формирование прогнозного ТЭБ позволяет количественно оценивать потенциальные мультипликативные эффекты от размещения ЦОД, хотя корректность таких оценок зависит от точности прогнозных моделей и учета специфических региональных факторов, включая динамику энергопотребления, технологические изменения и инвестиционную активность в смежных секторах экономики.

#### **4.4 Инструменты интеграции возобновляемых источников энергии в региональные энергобалансы через корпоративные структуры**

Обоснование единых структурообразующих элементов прогнозного ТЭБ является задачей верхнего уровня в системе стратегического планирования

обеспечения энергетической и национальной безопасности. Однако, ее определение и последующее достижение невозможно без совместных синхронных действий государства и компаний энергетического сектора, в силу того что последним необходимо будет через свои программно-целевые планы обеспечить выполнение тех показателей, которые будут закреплены в нормативных документах на уровне государства и регионов.

На сегодняшний день, несмотря на прослеживающийся в мировом сообществе тренд стигматизации глобальной нефтегазовой индустрии, то есть резкого негативного восприятия отрасли в целом и ключевых ее участников со стороны общества перспективным и наиболее вероятным остается синтез традиционных и альтернативных источников энергии. В таблице 4.7 представлена доля энергопроизводства из ВИЭ нефтегазодобывающими компаниями ХМАО-Югры.

Таблица 4.7 – Доля энергопроизводства из ВИЭ нефтегазодобывающими компаниями ХМАО — Югры [401]

| Показатель                                                                                                        | Год  | Нефтегазовые компании, действующие на территории ХМАО – Югры |                |             |           |           |                    |                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------|----------------|-------------|-----------|-----------|--------------------|-----------------|------------|
|                                                                                                                   |      | ЛУКОЙЛ                                                       | Сургутнефтегаз | НК Роснефть | Славнефть | РуссНефть | ГАЗПРОМ нефть      | Салым Петролеум | Томскнефть |
| 1                                                                                                                 | 2    | 3                                                            | 4              | 5           | 6         | 7         | 8                  | 9               | 10         |
| Доля энергопроизводства из ВИЭ в общем объеме производства энергии, %                                             | 2019 | 0,6                                                          | 0,1            | 0,06        | 0         | 0         | 0,02               | 0,02            | 0          |
| Уровень утилизации ПНГ, %                                                                                         | 2019 | 97,5                                                         | 99,6           | 94,5        | 89,1      | 95,8      | 80,4               | 98,5            | 91         |
|                                                                                                                   | 2024 | 97,7                                                         | 99,5           | н/д         | н/д       | 96,8      | 96,1 <sup>10</sup> | н/д             | н/д        |
| Инвестиции в природоохранную деятельность, в т.ч. в исследования по вопросам низкоуглеродного развития, млрд руб. | 2019 | 35,9                                                         | 25,3           | 19          | -         | 0,9       | 17,2               | 0,45            | 0,36       |

<sup>10</sup> Примечание: «Вклад в достижение цели также вносят инвестиционные проекты: транспортировка и сдача ПНГ на газопереработку (ГПЗ) и в единую систему газоснабжения, переработка ПНГ, генерация тепловой и электрической энергии для обеспечения собственных нужд, а также закачка ПНГ в газовую шапку для поддержания пластового давления», - сообщает компания. Также коэффициент полезного использования ПНГ вырос за счет сокращения его сжигания на предприятиях «Газпром нефти» и объектах долгосрочных рискованных операторских договоров [112].

«В России вопросы изменения климата с позиции их приоритетности для представителей бизнес-среды и населения не являются столь однозначными как в других странах. На уровне государства приоритетность занимают вопросы поддержания развития нефтегазовой отрасли, укрепления технологической независимости и обеспечения экономической безопасности страны, что приводит к несколько сниженной активности в области формирования конкретных мер и программ, направленных на стимулирование процесса декарбонизации нефтегазового сектора.

Вместе с тем некоторые нефтегазовые компании в этом направлении работают на опережение и уже сегодня реализуют стратегии декарбонизации. Часть нефтяных компаний уже сегодня публикуют на своих официальных сайтах долгосрочные цели по сокращению выбросов парниковых газов, например, Роснефть к 2035 году обозначает свой стратегический ориентир в 30% по обеспечению сокращения углеродной интенсивности в секторе добычи, а интенсивность выброса метана на 0,25%. Татнефть также ставит своей целью снижение углеродной интенсивности на уровне 20% [140]. Это достаточно амбициозные цели по сравнению с другими нефтегазовыми компаниями» [203]. Анализ деятельности двух крупных российских нефтяных компаний показал, что несмотря на форсирование четвертого энергоперехода со стороны мирового сообщества компании выбирают более сдержанные темпы развития и использования возобновляемых источников энергии, делая акценты на программы энерго- и ресурсосбережения.

Производственное потребление энергии организациями группы ЛУКОЙЛ представлено в табл. 4.8. Восстановление экономической активности в 2021 году сопровождалось ростом объемов добычи и переработки сырья в организациях Группы «ЛУКОЙЛ», что привело к росту потребления энергии в основных бизнес-секторах по сравнению с 2020 годом. В 2022 году потребление энергии выросло в связи с увеличением производства продукции.

Таблица 4.8 – Производственное потребление энергии организациями группы  
ПАО «ЛУКОЙЛ»

| Ед. изм.                                                                                                                                                    | 2017 | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023   | 2024  | Структура, % |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------------|
| 1                                                                                                                                                           | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8      | 9     | 10           |
| <b>Производственное потребление энергии: итого (1.1+1.2+1.3-1.4)</b>                                                                                        |      |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                     | 468  | 502,0 | 502,0 | 465,0 | 477,1 | 524,6 | 470,67 | 458,5 |              |
| темп прироста, %                                                                                                                                            | -    | 7,3   | 0,0   | -7,4  | 2,6   | 10,0  | -10,3  | -2,6  | -            |
| <b>1.3.Производственное потребление закупленной энергии</b>                                                                                                 |      |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                     | 96   | 79    | 74    | 69    | 66    | 71    | 61     | 56    | 100          |
| темп прироста, %                                                                                                                                            |      | -17,7 | -6,3  | -6,8  | -4,3  | 7,6   | -14,1  | -8,2  | -            |
| <b>1.3.1. Тепловая энергия</b>                                                                                                                              |      |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                     | 61   | 59    | 57    | 54    | 51    | 55    | 48     | 43    | 77           |
| темп прироста, %                                                                                                                                            |      | -3,3  | -3,4  | -5,3  | -5,6  | 7,8   | -12,7  | -10,4 | -            |
| <b>1.3.2. Электроэнергия</b>                                                                                                                                |      |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                     | 35   | 20    | 17    | 15    | 15    | 16    | 13     | 13    | 23           |
| темп прироста, %                                                                                                                                            |      | -42,9 | -15,0 | -11,8 | 0,0   | 6,7   | -18,8  | 0,0   | -            |
| <b>1.4.Потребление стационарными производственными установками топлива, выработанного из невозобновляемых источников энергии (обеспечивающая генерация)</b> |      |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                     | 494  | 553   | 545   | 515   | 518   | 556   | 494    | 483   | -            |
| темп прироста, %                                                                                                                                            |      | 11,9  | -1,4  | -5,5  | 0,6   | 7,3   | -11,2  | -2,2  | -            |
| <b>1.3. Потребление электроэнергии, выработанной от ВИЭ (обеспечивающая генерация)</b>                                                                      |      |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                     |      | 0,005 | 0,037 | 0,049 | 0,054 | 0,55* | 3,66   | 5,46  | -            |
| темп прироста, %                                                                                                                                            |      |       | 640,0 | 32,4  | 10,2  | 918,5 | 565,5  | 49,2  | -            |
| <b>1.4. Продажа и отпуск энергии</b>                                                                                                                        |      |       |       |       |       |       |        |       |              |
| млн ГДж                                                                                                                                                     | 122  | 130   | 117   | 119   | 107   | 103   | 88     | 86    | 100          |
| темп прироста, %                                                                                                                                            |      | 6,6   | -10,0 | 1,7   | -10,1 | -3,7  | -14,6  | -2,3  | -            |
| <b>1.4.1. Тепловая энергия</b>                                                                                                                              |      |       |       |       |       |       |        |       |              |

Окончание таблицы 4.8

| 1                            | 2  | 3    | 4     | 5   | 6     | 7    | 8     | 9    | 10 |
|------------------------------|----|------|-------|-----|-------|------|-------|------|----|
| млн ГДж                      | 75 | 74   | 66    | 68  | 57    | 57   | 47    | 45   | 52 |
| темп прироста, %             |    | -1,3 | -10,8 | 3,0 | -16,2 | 0,0  | -17,5 | -4,3 | -  |
| <b>1.4.2. Электроэнергия</b> |    |      |       |     |       |      |       |      |    |
| млн ГДж                      | 47 | 56   | 51    | 51  | 50    | 46   | 41    | 41   | 48 |
| темп прироста, %             |    | 19,1 | -8,9  | 0,0 | -2,0  | -8,0 | -10,9 | -2,4 | -  |

\* Примечание: в отчетах в области устойчивого развития группы «ЛУКОЙЛ» потребление электроэнергии, выработанной от ВИЭ (п. 1.3), до 2021 года включительно показывает потребление энергии, выработанной от собственных источников ВИЭ (обеспечивающая энергетика); начиная с 2022 года – потребление энергии от собственных источников ВИЭ и по договорам купли-продажи электроэнергии от генерирующих организаций Группы.

Источник: составлено автором на основании отчетов об устойчивом развитии [278, 275].

В таблице 4.9 представлен сравнительный анализ выработки электроэнергии от возобновляемых источников по группе «ЛУКОЙЛ» за период с 2017 по 2024 гг.



Таблица 4.9 – Анализ выработки электроэнергии от возобновляемых источников  
ПАО «ЛУКОЙЛ»

| Показатель                                                                              | 2017 | 2018  | 2019   | 2020   | 2021  | 2022 | 2023          | 2024  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|--------|--------|-------|------|---------------|-------|
| Коммерческая выработка электроэнергии от ВИЭ (поставки внешнему потребителю), млн кВт-ч | 1053 | 1365  | 1100   | 822    | 1008  | 1057 | <b>2120</b>   | 1977  |
| Темп прироста, %                                                                        |      | 29,63 | -19,41 | -25,27 | 22,63 | 4,86 | <b>100,57</b> | -6,75 |

Источник: составлено автором на основании отчетов об устойчивом развитии [278, 275].

В 2023 году существенное увеличение выработки от ВИЭ по группе «ЛУКОЙЛ» объясняется интеграцией данных по генерирующим мощностям ВИЭ ПАО «ЭЛ5-Энерго». Производственное потребление энергии ПАО «НК «Роснефть» представлено в табл. 4.10.

Таблица 4.10 – Потребление энергии ПАО «НК «Роснефть» за период с 2017 по 2024 гг.

| Показатель                                                                                          | 2017  | 2018   | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Общее потребление энергии, млн ГДж, в том числе:                                                    | 636,0 | 598    | 612,2 | 562,9 | 569,3 | 560,5 | 564,4 | 561,4 |
| темп прироста, %                                                                                    |       | -5,97  | 2,37  | -8,05 | 1,14  | -1,55 | 0,70  | -0,53 |
| совокупное потребление невозобновляемых и возобновляемых источников энергии (топливо на технологию) | 440,1 | 288,2  | 296,3 | 271,1 | 283,1 | 283,1 | 281,6 | 286,2 |
| темп прироста, %                                                                                    |       | -34,51 | 2,81  | -8,5  | 4,43  | 0     | -0,53 | 1,63  |
| потребление покупной электрической энергии                                                          | 151,2 | 180,9  | 184,5 | 168,5 | 163,2 | 157,9 | 162,3 | 155,9 |
| темп прироста, %                                                                                    |       | 19,64  | 1,99  | -8,67 | -3,15 | -3,25 | 2,79  | -3,94 |
| потребление покупной тепловой энергии                                                               | 44,7  | 128,9  | 130,6 | 123,3 | 123   | 119,5 | 120,6 | 119,3 |
| темп прироста, %                                                                                    |       | 188,37 | 1,32  | -5,59 | -0,24 | -2,85 | 0,92  | -1,08 |

Источник: составлено автором по [279].

Фундаментальным условием успешной реализации трансформационных процессов в энергетическом секторе выступает конгруэнтность целевых установок всех вовлеченных в этот процесс субъектов. Стратегические интересы нефтегазовых компаний непосредственно согласуются с государственными

приоритетами в сфере климатической безопасности и обеспечения энергетической независимости. Наиболее часто используемые методы и подходы, применяемые для определения стратегии и, следовательно, принятия стратегических решений отражены в работах [58, 175]. Параллельно данные цели коррелируют с возрастающим потребительским спросом на экологически чистую энергию и объективной необходимостью поддержания энергетической безопасности в условиях прогнозируемого роста электропотребления.

Взаимная согласованность интересов ключевых стейкхолдеров — корпоративного сектора, государства и общества — формирует благоприятную институциональную среду для реализации проектов, нацеленных на оптимизацию структуры ТЭБ и переход к низкоуглеродной энергетической модели.

Вместе с тем практическая реализация сценария, предполагающего более активное включение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в структуру ТЭБ, а точнее выделение доли в структуре ТЭБ по мнению автора на современном этапе сопряжена с рядом нерешенных проблем. Наиболее существенным ограничением выступает недостаточный уровень развития отечественной научно-технической и технологической базы в области производства оборудования и комплексных решений для использования ВИЭ.

Развитие отечественного производства оборудования для ВИЭ требует существенных инвестиционных вложений в фундаментальные и прикладные научные исследования, а также в промышленное развитие соответствующих отраслей. Данный фактор может оказать сдерживающее влияние на темпы наращивания генерирующих мощностей на основе ВИЭ в прогнозном периоде до 2050 года. Для преодоления указанных барьеров необходимы скоординированные действия и формирование эффективного партнерства между государством, энергетическими компаниями и научно-производственным сектором.

Необходимо подчеркнуть, что ключевым условием достижения национальных и региональных задач в области энергетической безопасности является активное привлечение компаний энергетического сектора к двухстороннему диалогу в процессе формирования прогнозной структуры ТЭБ.

Данный диалог должен выходить за рамки простого информирования и консультаций, трансформируясь в систему совместного стратегического планирования.

Компании-участники ТЭК должны непосредственно вовлекаться в прогнозные форсайт-сессии на всех уровнях — от федерального до регионального, где совместно с государственными органами и научным сообществом формируются сценарные прогнозы развития энергетического сектора. Этот процесс предполагает не пассивное предоставление данных, а активное участие в моделировании будущего, основанное на экспертных знаниях о технологических возможностях, инвестиционных планах, рыночных перспективах и внутренних ограничениях.

Так, директор ГБУ Свердловской области «Институт развития жилищно-коммунального хозяйства и энергосбережения им. Н. И. Данилова» В. Фадеев<sup>11</sup> отмечает, что в модель формирования ТЭБ включена «рациональная детализация потребления ТЭР, учет показателей корпоративных и территориальных программ, возможность расширения показателей качества ТЭБ, в т. ч. Целевых показателей» [361]. Что также говорит в пользу необходимости более активного привлечения представителей бизнес-структур к процессу формирования прогнозного ТЭБ.

Обсуждая поднятый в диссертационном исследовании, вопрос целесообразно привести практику нефтеперерабатывающих предприятий, которые активно используют ТЭБ для оценки программ технической модернизации производства и энерго-, ресурсосбережения: «Первоочередной задачей является повышение энергоэффективности наиболее мощных печей. Модернизация печного оборудования крупных производств позволит существенно улучшить структуру ТЭБ предприятия. В ТЭБ доля получаемых на собственном производстве энергоресурсов может приближаться к 90 %. К покупным источникам энергии относится природный газ, электроэнергия и тепловая энергия в виде пара. При этом

---

<sup>11</sup> Примечание: ТЭБ Свердловской области разрабатывается с 1996 года. Первоначально его формированием занимался Институт экономики УрО РАН, а с 2007 года эта обязанность была возложена на Институт энергосбережения им. Н.И. Данилова. Заказчиком ТЭБ, включая и текущий год, традиционно выступает Министерство энергетики и ЖКХ Свердловской области.

доля электроэнергии в общем ТЭБ составляет 6–8 %» [339]. Таким образом, совместные усилия компаний ТЭК и смежных отраслей будут способствовать достижению прогнозной структуры ТЭБ на региональном и национальном уровнях, формирование которой осуществлялось при непосредственном их участии.

На основе согласованных на форсайт-сессиях прогнозных ориентиров и целевых показателей структуры ТЭБ, компании разрабатывают и реализуют собственные программно-целевые планы развития. Эти планы, по сути, представляют собой отражение в производственных бизнес-сегментах национальных энергетических стратегий на корпоративном уровне и реализуются через инструменты управления корпоративным ТЭБ.

В зарубежных публикациях также прослеживается мнение о том, что оптимальный ТЭБ играет важную роль в выявлении потенциала энергосбережения в различных отраслях и помогает в разработке краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных стратегических планов [34]. Вопросам краткосрочного прогнозирования структуры ТЭБ посвящена работа Е. В. Быковой, И. В. Васильевой, Валеевой Ю. С., Stanimir Valtchev., Kolcun Michail [347]. Приоритетность краткосрочному прогнозированию отдается как способу оперативной оценки возможных уровней потребления энергетических ресурсов.

Таким образом, активное вовлечение энергетических компаний в процесс формирования прогнозного ТЭБ формирует систему взаимной ответственности, где государство создает стабильные регуляторные и экономические условия для инвестиций, а бизнес реализует эти инвестиции в соответствии с согласованными приоритетами развития энергетического комплекса.

#### **Вывод по главе 4**

Проведенное исследование фактических и прогнозных ТЭБ на примере Тюменской области и ХМАО-Югре показало, что действующие подходы к формированию прогнозных ТЭБ в недостаточной степени учитывают как требования глобального энергоперехода, так и нарастающий спрос на

электроэнергию, обусловленный развитием цифровой экономики и связанной с ней инфраструктуры. Это указывает на необходимость расширения методологической базы прогнозирования за счет включения факторов цифровой трансформации и низкоуглеродного развития.

Современная система планирования развития электроэнергетики Тюменской области характеризуется существенной инерционностью, при которой соблюдение действующих нормативных требований коррелирует с содержательной ориентацией на сохранение сложившегося технологического тренда. В этих условиях цифровая трансформация преимущественно рассматривается как средство повышения эффективности существующих процессов, а не как самостоятельный драйвер структурных изменений в энергетике.

Совершенствование методологии формирования структуры ТЭБ приобретает практическую значимость только при условии сопровождения мерами практической реализации со стороны компаний энергетического сектора, а также со стороны региональных органов власти и государства. В этой связи переход к целевой долгосрочной структуре ТЭБ должен обеспечиваться через последовательное внедрение комплекса программных мер, охватывающих развитие инфраструктуры, формирование инвестиционных стимулов и совершенствование нормативно-правовой среды. Такой подход позволяет обеспечить поступательную трансформацию энергетической системы и снизить риски структурной дестабилизации.

Одним из прикладных направлений повышения эффективности структуры ТЭБ выступает более рациональное использование попутного нефтяного газа. При этом снижение объемов добычи нефти оказывает двойственное влияние на перспективы использования ПНГ: с одной стороны, ведет к сокращению его ресурсной базы, с другой стороны, формирует дополнительные стимулы для повышения эффективности использования остающихся объемов. Это требует адаптации корпоративных стратегий нефтегазовых компаний и развития соответствующей региональной инфраструктуры.

Системная интеграция электропроизводства в развитие критической инфраструктуры цифровой экономики, в частности при размещении ЦОД в ХМАО-Югре, может стать значимым фактором технологической модернизации и устойчивого экономического роста региона. Размещение ЦОД формирует новое направление структурной трансформации регионального ТЭБ, однако реализация данного потенциала требует государственной поддержки, разработки специальных инвестиционных механизмов и учета региональной специфики энергетического и экономического развития. Также прогнозный ТЭБ может выступать эффективным инструментом количественной оценки мультипликативных эффектов, возникающих в результате размещения объектов цифровой инфраструктуры, в том числе ЦОД. Вместе с тем достоверность таких оценок зависит от качества прогнозных моделей, полноты учета динамики энергопотребления, технологических изменений и инвестиционной активности в смежных секторах экономики.

Интеграция ВИЭ в региональные энергобалансы требует более активного вовлечения корпоративного сектора в процессы формирования прогнозного ТЭБ. Участие энергетических компаний в данном процессе позволяет формировать систему распределенной ответственности, при которой органы власти обеспечивают предсказуемые институциональные и экономические условия, а бизнес со своей стороны реализует инвестиционные решения в соответствии с согласованными приоритетами энергетического развития.

Таким образом, по мнению автора, ключевым условием достижения национальных и региональных целей в области энергетической безопасности является переход к системе совместного стратегического планирования между государственными органами и компаниями энергетического сектора. В этом контексте формирование прогнозной структуры ТЭБ должно рассматриваться как результат координации интересов, ресурсов и долгосрочных инвестиционно-технологических решений всех основных участников энергетической системы.

Целевая ориентация рассмотрена на примере реализации программ нефтяных компаний по ресурсосбережению (энергосбережению) и развитию направления по

использованию ВИЭ с одной стороны для закрытия своих производственных потребностей в электроэнергии, а с другой стороны для достижения своих и национальных целей в рамках энергетического перехода. Аналогичные причинно-следственные связи выстраиваются по всему спектру структурообразующих элементов ТЭБ, находящихся в зоне производственных интересов корпоративной структуры: обеспечение добычи первичных ТЭР, генерации электроэнергии, преобразования и потребления ТЭР. Результаты анализа показали, что несмотря на форсирование энергетического перехода компании достаточно сдержанно реализуют программы по развитию ВИЭ и включение их в свой контур производственной деятельности. Можно прогнозировать, что при сохранении сегодняшних темпов развития ВИЭ и отсутствию получения прорывных технологических решений в этой сфере доля ВИЭ в прогнозной структуре ТЭБ на прогнозном горизонте 10–15 лет может варьировать от 2 до 4%.

По мнению автора, одной из проблем активного вовлечения энергетических компаний в процесс формирования и достижения параметров прогнозного ТЭБ на сегодняшний день является отсутствие единого цифрового информационного пространства, позволяющего осуществлять оперативный обмен данными, верифицировать на сколько разрабатываемые и реализуемые внутрикорпоративные программы отвечают целям прогнозной структуры ТЭБ и как следствие вносят вклад в достижение целей более высокого уровня, а именно в обеспечение энергетической и национальной безопасности.

Единая цифровая система формирования и управления ТЭБ должна аккумулировать данные, необходимые для построения ТЭБ, с целью решения проблем информационного обеспечения и сложности получения первичных данных. Построение информационной системы возможно на основе унификации форм входной и выходной информации для всех пользователей, а также модульного принципа, что позволит развивать информационную систему в долгосрочном периоде и сделать ее гибким инструментом управления информационным пространством формирования фактических и прогнозных ТЭБ.

Встроенные механизмы интеллектуальной верификации и согласованности данных позволят избежать рассогласования корпоративных, региональных и сводных ТЭБ так как будут осуществлять сбор, интеграцию и обновление данных на уровне региона и на уровне государства с гарантией достоверности, масштабируемости и оперативной доступности для моделирования, планирования и мониторинга энергетической системы.



## **5 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВЕКТОР ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОГНОЗНУЮ СТРУКТУРУ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА**

### **5.1 Обоснование необходимости интенсификации электропроизводства и электропотребления в условиях цифровизации**

В условиях глобальной цифровой трансформации экономических систем происходит фундаментальная перестройка структуры энергопотребления, характеризующаяся выраженной интенсификацией электропроизводства и электропотребления. Данный тренд обусловлен массовым внедрением цифровых технологий, развитием интернета вещей, распространением облачных вычислений и формированием интеллектуальных производственных систем, что в совокупности приводит к существенному росту спроса на электроэнергию как наиболее универсальному и управляемому виду энергии. Особое значение приобретает энергообеспечение критической цифровой инфраструктуры, включая центры обработки данных (ЦОД<sup>12</sup>), системы распределенного хранения информации, потребление энергии которыми характеризуется высокой интенсивностью и непрерывностью. Так, по данным Международного энергетического агентства «в 2022 году объем потребления электроэнергии центрами обработки данных составил во всем мире около 460 тВт\*ч, а к 2026 году эта цифра может вырасти более чем вдвое и достичь 1000 тВт\*ч» [145]. В этой связи актуализируется проблема адекватного отражения электроэнергетического вектора цифровой экономики в прогнозной структуре ТЭБ.

В работе коллектива авторов: А. А. Макарова, Ф. В. Веселова, В. А. Малахова [217] отмечается, что в условиях продолжающегося санкционного давления и геополитической нестабильности перед Российской Федерацией стоит стратегическая задача существенного наращивания экономического потенциала страны, что требует обеспечения его устойчивой энергетической базой при

---

<sup>12</sup> ЦОД — сложный капиталоемкий инфраструктурный объект, который выполняет функции обработки, хранения и распространения информации, как правило, в интересах корпоративных клиентов

сохранении и усилении позиций на мировых энергетических рынках. При этом важнейшим драйвером указанного наращивания потенциала выступает цифровизация экономики, которая, согласно экспертным оценкам, может рассматриваться в качестве ключевого источника долгосрочного экономического роста. Потенциальный экономический эффект от цифровизации экономики России увеличит ВВП к 2025 году в диапазоне 4,1–8,9 трлн. Руб. (в ценах 2015 г.), что составляет 19–34% общего увеличения ВВП [374]. Данный прогнозируемый экономический эффект предопределяет необходимость поиска эффективных путей удовлетворения растущей потребности в электропроизводстве, что требует учета как текущих условий энергетического перехода, так и специфики структурных изменений в экономике, вызванных цифровизацией.

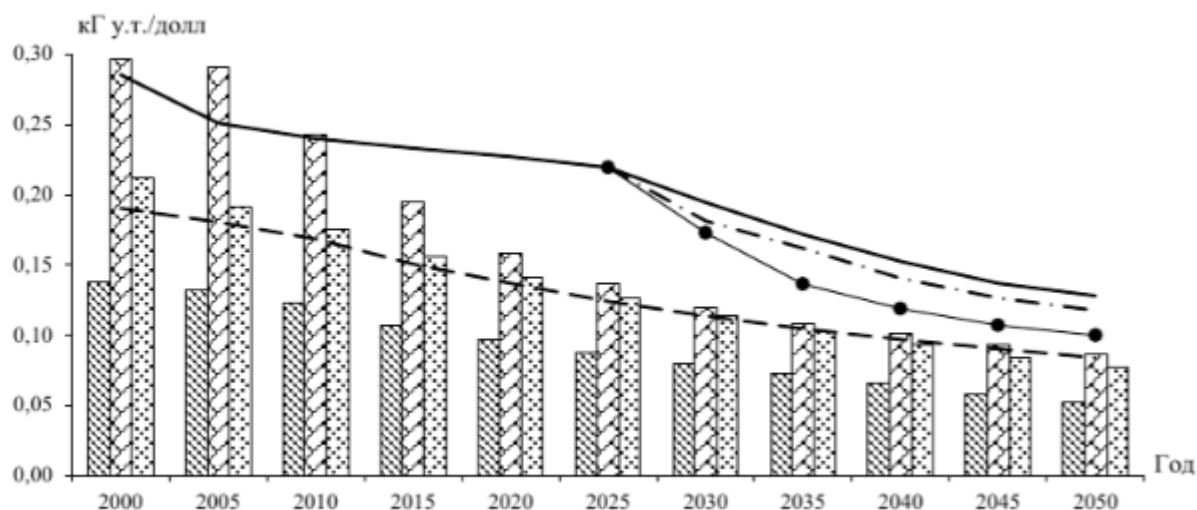
Согласно сценарным прогнозам потребления первичных ТЭР, отраженных в работе *А. А. Макарова* [217] потребление первичной энергии в России увеличится к 2050 г. на 13% – по плановому<sup>13</sup>, на 24% – по ускоренному и на 32% – по интенсивному сценариям. Существенно улучшится энергетическая эффективность российской экономики. В результате превышение российского показателя энергоемкости ВВП над среднемировыми значениями сократится с 1,78 раз в 2021 г. до 1,5 раз – по плановому, 1,3 раз – по ускоренному и 1,15 раз – по интенсивному сценариям (рис. 5.1).

«Традиционные подходы к формированию ТЭБ, основанные на экстраполяции исторических трендов, демонстрируют свою ограниченность в условиях ускорения технологических изменений и трансформации моделей энергопотребления. Цифровая экономика, характеризующаяся высокой динамичностью развития и нелинейностью роста энергетических потребностей, требует разработки новых методологических принципов прогнозирования структуры ТЭБ, способных учесть специфику электроэнергетических процессов в

---

<sup>13</sup> Справочно: *Ускоренный* сценарий ориентирован на динамику доли инвестиций в ВВП, которая наблюдалась в 2000-2020-х гг. в Индии, а *интенсивный* – в Китае. В *плановом* сценарии долгосрочное развитие экономики принято по базовым оценкам Минэкономразвития России (МЭР) на период до 2036 г. Во всех сценариях до 2026 г. Данные приняты по прогнозам МЭР, опубликованным на сайте министерства в апреле 2023 г.

цифровой среде» [260].



Условные обозначения:

|  |                     |
|--|---------------------|
|  | Китай               |
|  | OECD Европа         |
|  | США                 |
|  | Мир                 |
|  | Россия, плановый    |
|  | Россия, ускоренный  |
|  | Россия, интенсивный |

Рост объемов производства электроэнергии потребует увеличения установленной мощности электростанций страны. В плановом сценарии она вырастет к 2050 г. на 20%, в ускоренном – на 35% и в интенсивном – более чем в полтора раза. Но увеличение мощности, обусловленное ростом спроса, ответственно лишь за половину величины инвестиционных потребностей электростанций – столько же средств потребуются на реконструкцию (или замещение) существующих мощностей. В целом, до середины века суммарные капиталовложения в электроэнергетику для реализации планового сценария составят 27,3 трлн руб. (в ценах 2019 г.). В ускоренном и интенсивном сценариях необходимый объем капиталовложений увеличивается на 25% и 50%, соответственно – до 34 и 41,5 трлн руб. Таким образом, электроэнергетика сама станет одним из центров инвестиционной активности в экономике.

Рисунок 5.1 – Динамика энергоемкости экономики России в отчетный и прогнозный периоды в сравнении со среднемировыми показателями и ведущими экономиками мира, кГ у. т./долл [217]

Особую значимость приобретает анализ влияния таких факторов, как развитие центров обработки данных, распространение электромобильного транспорта, внедрение интеллектуальных энергосистем и цифровизация промышленного производства, на структуру и динамику электропотребления. Эти процессы не только увеличивают абсолютные объемы потребления электроэнергии, но и изменяют ее качественные характеристики, включая

требования к надежности, стабильности параметров и возможности гибкого управления нагрузками.

Таким образом, корректировка прогнозной структуры ТЭБ с учетом электроэнергетического вектора цифровой экономики представляет собой актуальную научно-практическую задачу, решение которой позволит обеспечить адекватность стратегического планирования развития энергетического комплекса и создать основу для устойчивого функционирования национальной экономики в условиях цифровой трансформации.

«В контексте обозначенной стратегической задачи наращивания экономического потенциала и обеспечения его энергетической базой, Российской Федерации, как неотъемлемой части глобальной энергосистемы, предстоит искать решения в условиях общемировых вызовов, с которыми столкнулась мировая энергетика (табл. 5.1). Эти вызовы формируют комплекс внешних ограничений и внутренних требований к развитию национального ТЭК» [260].

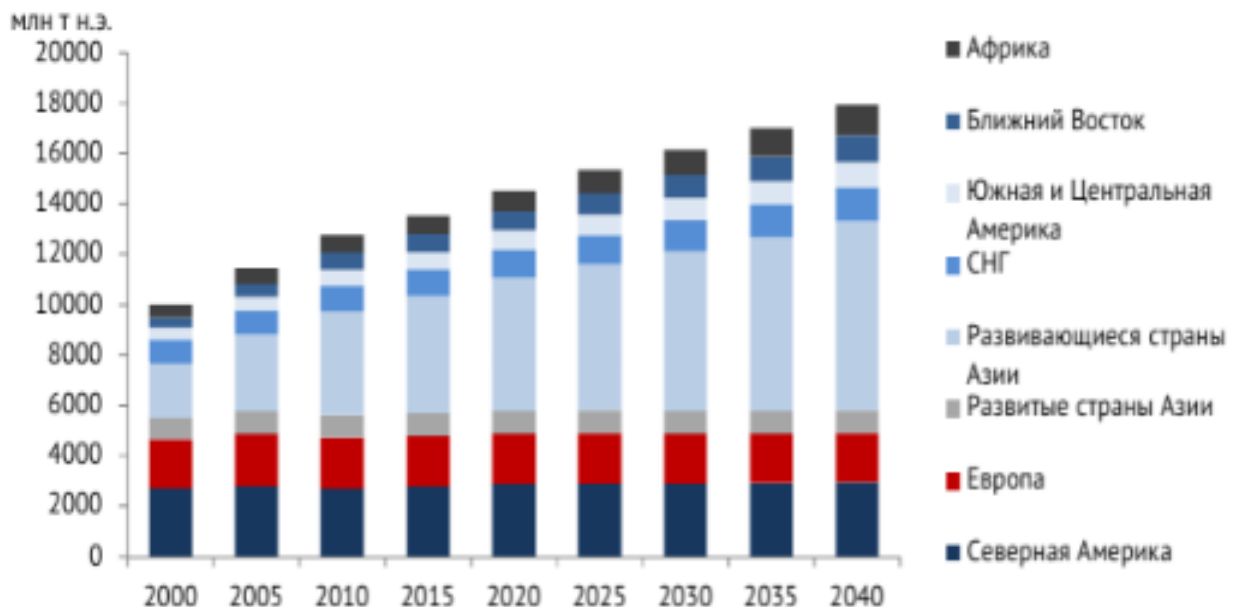
Таблица 5.1 – Ключевые вызовы, стоящие перед мировой энергетической системой

| Вызов                                                                           | Сущность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                               | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Рост спроса, обусловленный ростом населения и уровнем его благосостояния</i> | В мире ожидается увеличение уровня благосостояния жителей развивающихся стран и роста населения, что будет сопровождаться ростом энергопотребления. Потенциально к 2035 году новыми потребителями станут порядка 1,3 млрд человек, не имеющих в настоящее время доступ к электроэнергии; 2,7 млрд человек, которые «готовят на дровах»; еще 1,6 млрд человек за счет прироста населения в мире. Это приведет к тому, что за обозначенный период <i>потребление электроэнергии вырастет на 40–50%</i> . Также в сценариях, подготовленных ИНЭИ РАН наблюдается рост производства электроэнергии, коррелирующий со спросом (рис.5.2-5.3) |
| Изменения качественных характеристик спроса                                     | Новая индустриализация в рамках разворачивающейся в мире т. н. четвертой промышленной революции будет происходить на новой технологической базе (цифровые системы, аддитивные и высокоточные производства), зачастую чувствительной к надежности энергоснабжения и качеству электроэнергии. Это определяет появление и развитие «цифрового спроса», доля которого в ряде стран, по некоторым оценкам, составит 20–30% к 2030 году.                                                                                                                                                                                                     |
| Экологические вызовы                                                            | По данным Международного энергетического агентства, электроэнергетика является источником 42% антропогенных выбросов парниковых газов. Но даже безотносительно к вопросам глобального потепления, рост использования ископаемых топлив ведет к ухудшению экологической обстановки,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Окончание таблицы 5.1

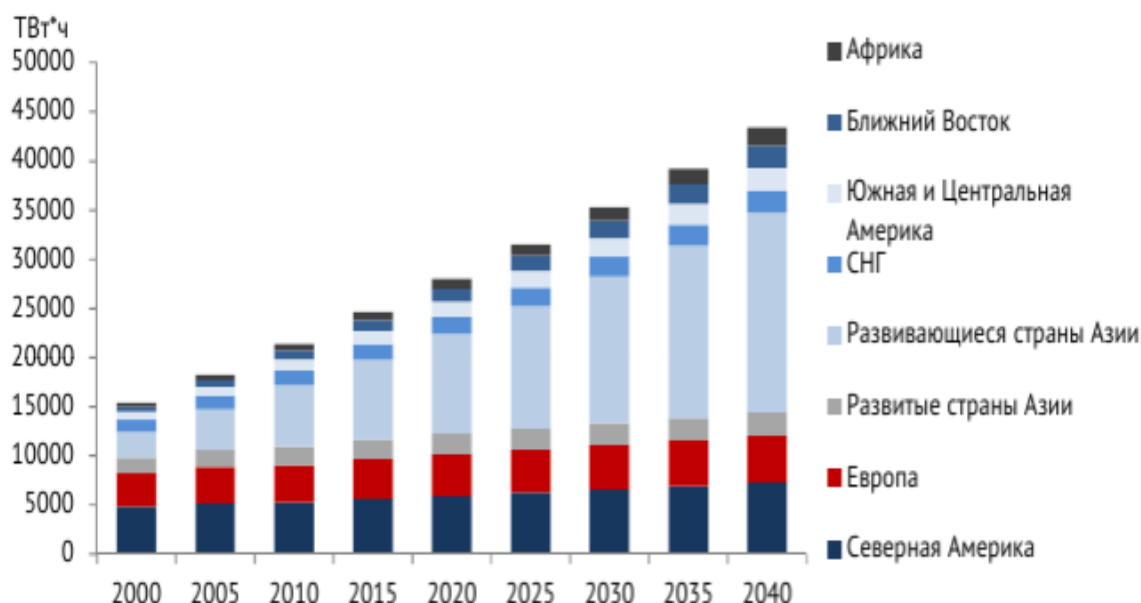
| 1                                                                   | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                     | что сказывается не только на качестве жизни, но и на уровне расходов государства и корпоративного сектора на социальное обеспечение, здравоохранение, экологические мероприятия и т. д. В странах с более <i>высоким уровнем доходов</i> фиксируется рост платежеспособного спроса на экологичную, надежную, доступную энергетику как важный элемент качества жизни.                                                |
| Инвестиционные вызовы                                               | В силу того, что энергосистемы развитых стран в их текущем виде были созданы не позднее 1950–1960-х, они требуют существенных затрат на поддержание, обновление и модернизацию.                                                                                                                                                                                                                                     |
| Вызовы новой урбанизации                                            | В 2012 году доля городского населения планеты превысила 50%, и урбанизация в развивающихся экономиках продолжается ускоряющимися темпами. Разрастание старых и появление новых городов формирует запрос на переход к городской энергетике нового поколения: с высокой концентрацией мощностей, существенным запасом прочности и возможностями роста с учетом экономии дорогостоящих городских земель для размещения |
| Распространение цифровых сетей и интеллектуальных систем управления | Инфраструктура за счет цифровых технологий и автоматизации становится активно-адаптивным элементом энергетической системы. В сочетании с системами интеллектуального управления коммерческими и технологическими процессами сетевая инфраструктура преобразуется в новую киберфизическую платформу для гибкого и эффективного энергообеспечения потребителей.                                                       |

Источник: составлено автором по статье «Цифровой переход в электроэнергетике России» [377].



Источник: ИНЭИ РАН

Рисунок 5.2 – Потребление первичной энергии по регионам мира, базовый сценарий [310]



Источник: ИНЭИ РАН

Рисунок 5.3 – Производство электроэнергии по регионам мира, базовый сценарий [310]

Таким образом, «во всем мире перед регуляторами и энергетическими компаниями стоит сложная задача удовлетворения растущего спроса как условия экономического роста, социальной стабильности и прибылей и/или воспроизводства электроэнергетической инфраструктуры. Однако для всех субъектов крайне нецелесообразен выход на новый инвестиционный «суперцикл» в рамках традиционной модели электроэнергетики в силу ее дороговизны, низкой эффективности и экологичности, а также длительного времени развертывания» [310]. Также необходимо принимать во внимание, что долгосрочные прогнозы, в том числе относительно производства и потребления электроэнергии сопряжены с высокой неопределенностью, на чем акцентируется в работе Е.В. Гальперовой, О.В. Мазуровой [114, 115].

В начале 2025 года в России была утверждена новая Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики. Данный документ определяет вектор развития отрасли до 2042 года — с учетом длинных инвестиционных циклов для новых объектов в электроэнергетике. На рис. 5.4–5.5 отражены прогнозная структура генерирующих мощностей России и структура выработки

электроэнергии в РФ по типам генерации. Утвержденная Генеральная схема ориентирована на прогнозируемый рост электропотребления на 2,2–2,5% в год в 2025 и 2026 годах с последующим замедлением до 0,5% к 2042 году. Также в ней закладываются дополнительные мощности генерации, которые будет необходимо ввести для обеспечения спроса с учетом регионального распределения и доступности технологий.



**Используемые сокращения:**

СЭС – солнечная электростанция

ВЭС – ветровая электростанция

ГЭС – гидравлическая электростанция, в том числе гидроэлектростанция с водохранилищем суточного регулирования, гидроэлектростанция, не имеющая водохранилища (работающая по водотоку), а также приливная электростанция

ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция

АЭС – атомная электростанция

ТЭС – тепловая электростанция

Рисунок 5.4 – Прогнозная структура генерирующих мощностей России, ГВт [88]

По оценке «Яков и Партнёры», на горизонте 2050-х годов с учетом нового плана и эффективной поддержки отрасли наибольший прирост в мощности составит атомная энергетика (+34 ГВт), доля которой в общей установленной мощности электростанций вырастет с 16 до 20%. Доля ГЭС в балансе сократится

при росте абсолютных значений мощностей (+9 ГВт), объем ВИЭ вырастет в 6–7 раз, но продолжит уступать основным для России видам генерации. Газовая и угольная генерации останутся основой, хотя мощности данных видов ТЭС и не вырастут в абсолютном отношении. На этот вид генерации суммарно сейчас приходится 65% установленной мощности в стране, прогнозируемая доля к 2050 году составит порядка 51% [88].



*Источник: АО «Системный оператор Единой энергетической системы».*

Рисунок 5.5 – Структура выработки электроэнергии в РФ по типам генерации [399]

«В контексте глобальных вызовов, связанных с ростом и трансформацией спроса на энергию, особое значение приобретает анализ конкретных драйверов энергопотребления, порождаемых цифровой трансформацией» [260]. Развитие цифровой экономики предполагает развитие деятельности по созданию, распространению и использованию цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг [376]. Доля цифровой экономики в ВВП России составила 2,8% (на 2020г.) [247]. Ключевым инфраструктурным элементом и одновременно крупнейшим потребителем энергии в этой новой реальности становятся центры обработки данных (ЦОД или дата-центры). Согласно новому отчету аналитической компании BloombergNEF, в течение следующего десятилетия новые объекты потребуют в 2,7 раза больше электроэнергии, чем потребляет сектор сегодня.



Этот прогнозируемый экспоненциальный рост энергопотребления дата-центров напрямую коррелирует с такими мировыми трендами, как повсеместное внедрение искусственного интеллекта, машинного обучения, расширение облачных сервисов, развитие интернета вещей и потоковых платформ. Каждый из этих технологических векторов характеризуется высокой энергоемкостью вычислительных процессов и требовательностью к бесперебойности и качеству энергоснабжения.

Дата-центры трансформируются из периферийного элемента инфраструктуры в системообразующий фактор формирования спроса на электроэнергию, что требует принципиального пересмотра подходов к прогнозированию и планированию развития энергосистем.

По прогнозам международного энергетического агентства (МЭА) инвестиции в развитие дата-центров в 2025 году могут превзойти инвестиции в нефть, достигнув 580 млрд. дол., что изменит тренды в спросе на электроэнергию последнего десятилетия [93].

«По подсчетам Международного энергетического агентства (МЭА), уже через пять лет спрос на энергию для центров обработки данных (ЦОД) вырастет более чем в 2 раза – до 945 ТВт ч (945 млрд кВт ч). При этом до 2030 г. в странах с развитой экономикой на ЦОДы будет приходиться более 20% роста спроса на энергию. Сейчас, по данным МЭА, дата-центры потребляют порядка 1% электроэнергии от общего мирового объема, а в США, Китае и ЕС показатель составляет 2–4% внутреннего объема потребления. Текущее потребление в Японии – 1000 ТВт ч» [107].

Экспертное мнение исполнительного директора «Роснефти» И.Сечина, озвученное в декабре 2024 г. на форуме в Дохе подтверждает сформировавшийся мегатренд относительно существенного роста электропотребления, вызванного развитием ЦОД: «экономический рост в развивающихся странах и развитие ЦОДов приведут к годовому приросту потребления энергии почти до 9 млн барр. Н. э. в сутки при текущем мировом потреблении в 300 млн. Это значит, что «роль

ископаемого топлива в обеспечении глобальной энергобезопасности становится стратегической», подчеркнул он» [107].

Структура энергопотребления ЦОД представлена в таблице 5.2. Как отмечается в исследовании развития рынка российского ЦОД, подготовленного Ростелеком, «вопрос электроснабжения ЦОД — один из ключевых для развития рынка коммерческих дата-центров. Электроснабжение обеспечивает бесперебойность работы, а тариф приобретаемой электроэнергии серьезно влияет на себестоимость предоставляемых услуг и маржинальность всего бизнеса.

Таблица 5.2 – Структура энергопотребления ЦОД [298]

| Компонент                                                                                                            | Доля от общего потребления, % | Примечание                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| Серверы и хранилища                                                                                                  | 40-50                         | Зависит от плотности стоек и их загрузки      |
| Охлаждение (HVAC)                                                                                                    | 30-40                         | Вентиляторы, чиллеры, холодные коридоры       |
| Источники бесперебойного питания, трансформаторы                                                                     | 10-20                         | Потери при преобразовании и передаче          |
| Свет, системы охраны                                                                                                 | 1-5                           | Не существенная доля, но необходимо учитывать |
| Примечание: Электроснабжение ЦОД в России в основном происходит за счёт присоединения к Единой энергосистеме страны. |                               |                                               |

По действующим нормам («Правила устройства электроустановок») дата-центры должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых, взаимно резервирующих источников питания. ЦОД относится к I категории электроприемников, нарушение электроснабжения которых может повлечь опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, сбой в работе особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения и в целом угрозу для безопасности государства.

Все участники рынка коммерческих ЦОД отмечают, что на приобретение электроэнергии приходится значительная доля операционных затрат дата-центров (по разным источникам — от 25% до 40%). В структуре потребления электроэнергии самыми затратными названы системы охлаждения (почти 50%),

ИТ-системы (около 36%) и источники бесперебойного питания (11%).

Оптимизировать затраты на электроэнергию ЦОД можно несколькими способами:

- выбрать модель приобретения электроэнергии (поставщики и договорные конструкции) и оптимальных условий ценообразования и расчетов;
- изменить график нагрузки (режима электропотребления);
- использовать ценозависимое снижение потребления электроэнергии;
- изменить параметры технологического присоединения.

Однако на практике оператор ЦОД не может сократить эти расходы (рис.5.6).

Принятие мер фискальной поддержки значительно сократит срок окупаемости российских ЦОД, увеличит прибыльность и NPV (чистая приведенная стоимость) проектов их строительства, а также создаст высокий потенциал выхода на международные рынки с приемлемыми ценой и качеством услуг» [247].

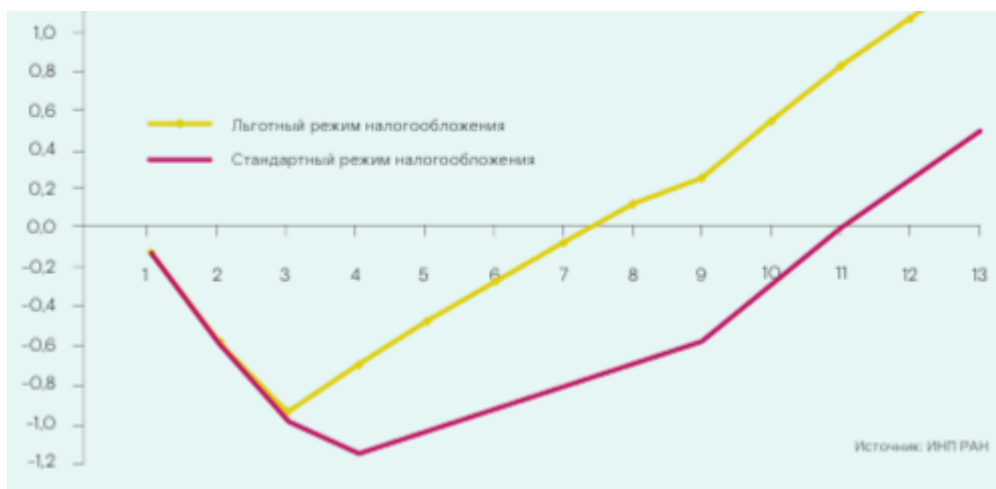
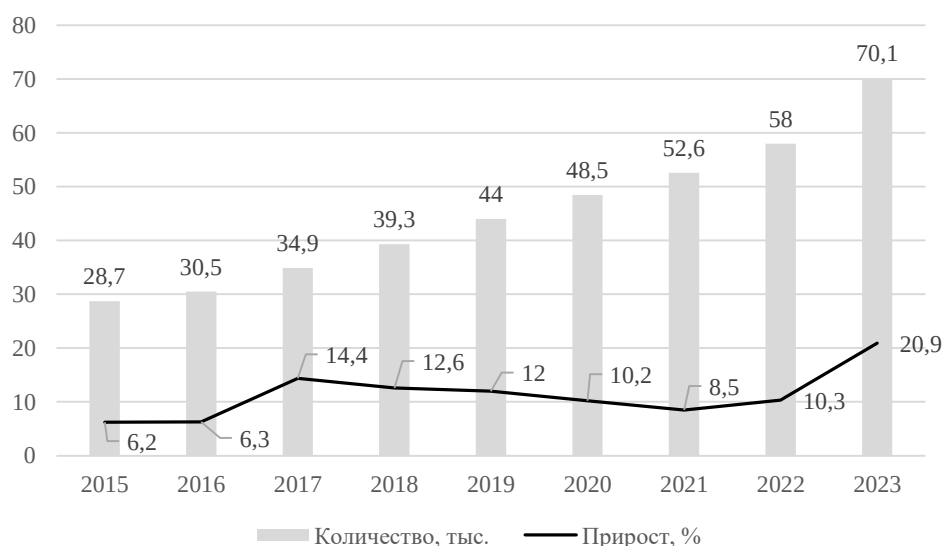


Рисунок 5.6 – Чистая приведенная стоимость (NPV) проектов строительства ЦОД в различных режимах (млн руб., в расчете на 1 стойку) [247]

«Объем рынка данных в мире растёт в среднем на 20% в год, рынок ЦОДов в зависимости от региона — на 10—20%, иногда на 30% в год, оценивают в Ассоциации участников отрасли ЦОД. У отрасли высокий потенциал роста: мировой рынок коллокации с 2022 по 2030 год может вырасти в три раза.

Согласно оценке аналитической компании BusinesStat, за 2018—2022 годы рынок ЦОД в России вырос более чем в 2,5 раза, до 87,4 млрд рублей. По расчётам компании, в России работает более 80 коммерческих дата-центров. Среди крупнейших — центр «Ростелекома», Ixcellerate, DataPro, Selectel» [286]. Динамика роста числа стойко-мест в РФ представлена на рис. 5.7.

Ассоциация участников отрасли ЦОД, в свою очередь, оценивает объём рынка ЦОД в более чем 50 млрд рублей. По данным iKS-Consulting, российские коммерческие ЦОДы заработали в 2024 г. 130,9 млрд руб., что на 16,3% больше, чем в 2023 г. В 2023 г. рост был выше – 27%.



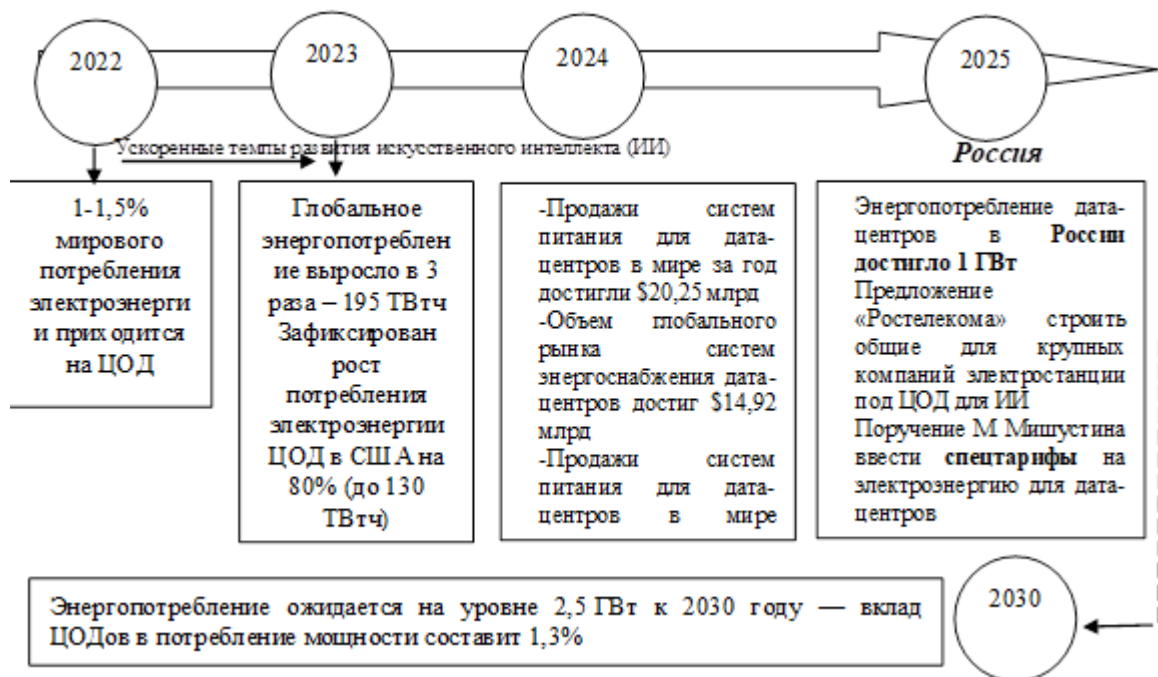
Источник: iKS-Consulting.

Рисунок 5.7 – Динамика роста числа стойко-мест в РФ

Снижение темпа прироста связано как с замедлением роста доходов от услуг colocation (аренды стойко-мест), так и торможением темпов роста доли облачных услуг, которые коммерческие ЦОДы предлагают наряду с услугами colocation. Непосредственно услуги colocation в 2024 г. составили 50,8 млрд руб. По итогам 2025 г. iKS-Consulting ожидает объём рынка услуг аренды стойко-мест в ЦОДах на уровне 61 млрд руб. [107].

Изменение энергопотребления связи с ростом ЦОД и технологий на базе искусственного интеллекта представлено на рис.5.8 [260].

«Развитие российского рынка ЦОД приведет к росту энергопотребления, но здесь необходимо учитывать, что темпы его развития будут непосредственно зависеть от мер государственного регулирования» [260]. «Основные проблемы российского рынка ЦОД — это обременительное налоговое законодательство, высокая стоимость электроэнергии и сложность процесса получения необходимых электрических мощностей в точке строительства объектов. Для их решения требуется принять комплекс мер государственной поддержки, в том числе предусматривающих возмещение части капитальных затрат, субсидирование ставки по инвестиционным кредитам, льготы по страховым взносам, земельному налогу и налогу на имущество.



Источник: составлено по материалам статей [400, 139].

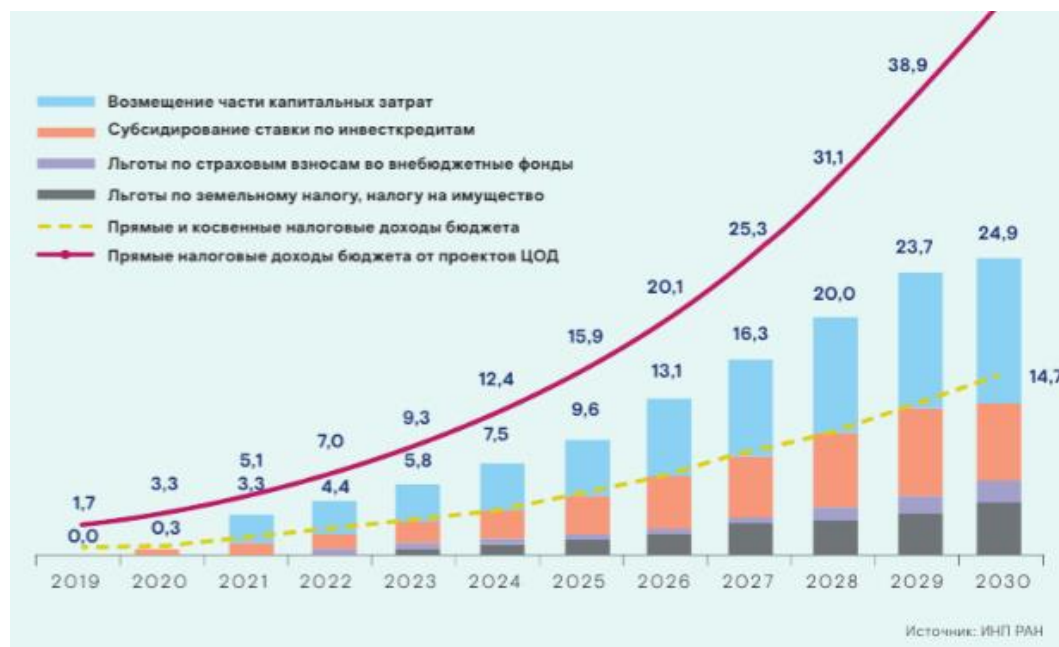
Рисунок 5.8 – Изменение энергопотребления в связи с ростом ЦОД и технологий на базе искусственного интеллекта

В совокупности это сделает российский рынок ЦОД более концентрированным, эффективным и привлекательным для инвесторов, конкурентным при экспорте услуг, а также создаст положительный мультипликативный эффект для всей экономики в виде налоговых поступлений в бюджет» [247]. На рис. 5.9 отражены требуемые объемы государственной

поддержки и дополнительные налоговые поступления в бюджет после реализации проектов строительства ЦОД — базовый сценарий ввода стоек, сохранение текущего уровня локализации.

Повышенная нагрузка и рост расходов энергии требуют активизации усилий в поиске энергосберегающих технологий [237]. На этом фоне в ближайшие годы может вырасти количество энергонезависимых ЦОДов, использующих альтернативные источники энергии и интегрируемых с AI, отмечают эксперты Сбера.

Глава «Ростелеком» считает целесообразным создание совместных технологических зон для размещения дата-центров в условиях дефицита энергомощностей, но согласно авторской точке зрения, для принятия и распространения данной практики необходима поддержка со стороны государства, направленная на создание условий для снижения срока окупаемости инвестиций в данное направление.



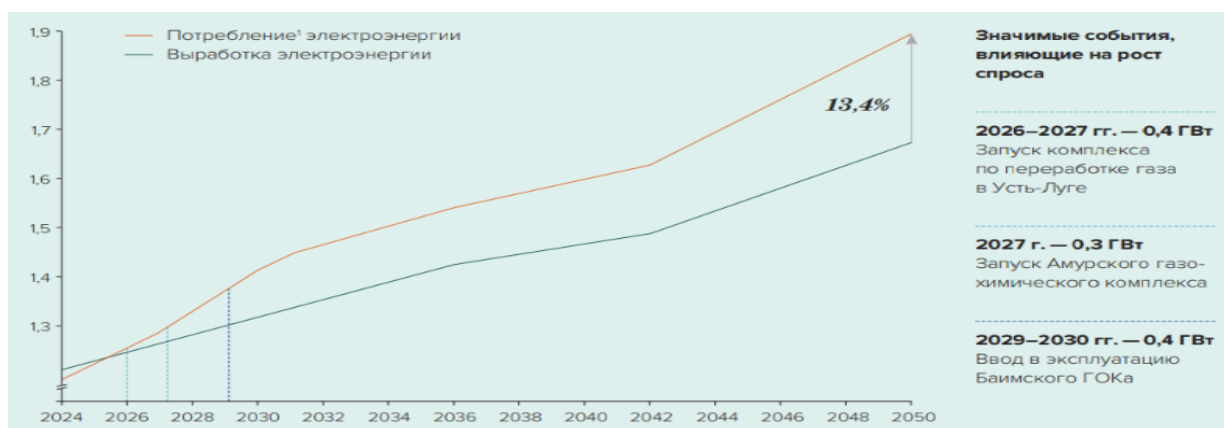
Источник: ИИП РАН.

Рисунок 5.9 – Требуемые объемы государственной поддержки и дополнительные налоговые поступления в бюджет после реализации проектов строительства ЦОД — базовый сценарий ввода стоек, сохранение текущего уровня локализации (млрд руб., в ценах 2019 г.) [247]

Согласно данным ВТБ для предотвращения дефицита электроэнергии к 2030 году необходимо финансирование строительства новых энерго мощностей на 6 трлн руб. [139].

Ретроспективный анализ и экспертные прогнозы показывают изменение тенденции в соотношениях «потребление – выработка» и фиксируют отставание темпов прироста электропроизводства от электропотребления. Ввиду роста спроса на электроэнергию в привязке к территориально-пространственному аспекту в энергосистеме Юга, ввода новых промышленных мощностей в Сибири и на Дальнем Востоке за горизонтом 2025 года, а также пониженного внимания к распределенной генерации, дефицит выработки электроэнергии, по экспертным оценкам аналитического центра «Яков и Партнеры», может составить до 13,4% от прогнозируемого уровня потребления к 2050 году (рис. 5.10 -5.11).

Таким образом, сформировавшийся вызов актуален для России, где развитие собственной цифровой экосистемы и обеспечение ее суверенитета в условиях санкционных ограничений делают вопрос энергообеспечения растущего парка дата-центров вопросом не только экономической эффективности, но и технологической независимости и национальной безопасности.

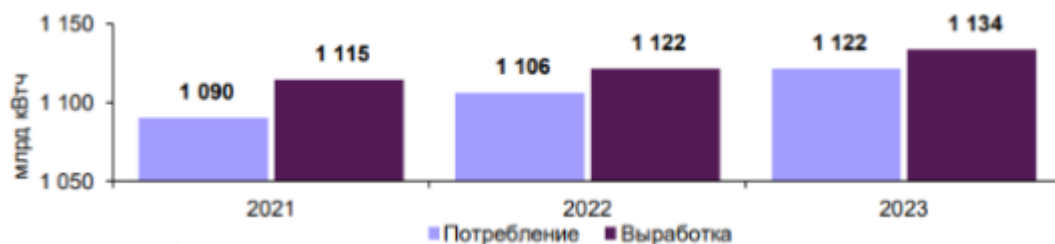


<sup>1</sup> Сценарий роста потребления основан на прогнозе ВВП и прогнозе потребления Системного оператора, скорректированного под аналитические агентства (РЭА Минэнерго, ИНЭИ РАН, Energy Institute, BloombergNEF)

Вычисления необходимых дополнительных инвестиций основаны на разнице между прогнозируемыми ежегодными капитальными вложениями и прогнозом, умноженным на разницу между потреблением и выработкой в данный год. Источник: Системный оператор ЕЭС, пресса, Аналитический центр при правительстве РФ, «Энергетика и промышленность России», правительство РФ, «КонсультантПлюс», Enerdata, Energy Institute, Lazard, BloombergNEF

Рисунок 5.10 – Соотношение выработки и потребления э/э в России, 2024–2050

гг., трлн кВт·ч [88]



Источник: НП «Совет Рынка»

Рисунок 5.11– Потребление и выработка электроэнергии в РФ, млрд кВтч [399]

Это можно рассматривать в качестве структурного вызова при формировании прогнозного ТЭБ. Обозначенное противоречие между растущим «цифровым» спросом и ограниченными темпами наращивания предложения электроэнергии должно найти свое отражение в сценарных моделях прогнозного ТЭБ, так как непосредственно коррелирует с возможностью возникновения энергетического дефицита, роста цен на электроэнергию и, как следствие, сдерживания экономического роста, ожидаемого от цифровизации.

## 5.2 Угольный тренд в обеспечении растущего цифрового спроса на электроэнергию

«В условиях необходимости обеспечения растущего энергопотребления ЦОД, характеризующегося требовательностью к надежности и базовой нагрузке, возникает вопрос о выборе оптимальных источников энергоснабжения. Среди возможных вариантов обеспечения электроэнергией данной критической инфраструктуры может быть рассмотрен уголь, традиционно выступающий основой базовой генерации во многих энергосистемах мира, в сочетании с применением инновационных технологий, направленных на минимизацию экологического воздействия и повышение эффективности его использования. Параллельно с этим перспективным направлением представляется использование объектов локальной (распределенной) генерации, которые могут быть интегрированы непосредственно в инфраструктуру дата-центров или размещены в непосредственной близости от них» [249].



Объекты локальной генерации, в том числе гибридные системы на основе возобновляемых источников энергии с накопителями, способны обеспечить высокую степень энергетической автономии и устойчивости дата-центров к сбоям в централизованных сетях. Такой подход предполагает не просто возврат к традиционной угольной энергетике или переход к распределенной генерации, а создание технологического симбиоза, где угольная генерация нового поколения, основанная на принципах чистого сжигания в сочетании с локальными источниками, обеспечивает стабильную, гибкую и предсказуемую энергобазу для цифровой экономики. Данный вариант требует тщательного анализа с позиций экономической целесообразности, экологических императивов энергетического перехода, требований к качеству и надежности энергоснабжения, а также долгосрочной стратегической устойчивости всей системы энергообеспечения критической цифровой инфраструктуры.

«Президент России В. Путин в октябре 2025г. На Российской энергетической неделе (РЭН-2025) поручил правительству проработать варианты использования объектов угольной генерации для обеспечения потребностей дата-центров. Могут ли «запертые» угольные ресурсы стать источником снабжения объектов цифровой экономики и в каком объеме» [107].

При рассмотрении угля в качестве энергетической базы для ЦОД возникает стратегически важный аспект территориального размещения таких объектов. Целесообразным представляется строительство дата-центров в непосредственной близости от центров добычи угля. Данный подход, как отмечал Сорокин, «позволяет не только обеспечить дата-центры необходимой энергией, но и поддержать угольную отрасль, находящуюся в сложном положении: по данным Росстата, в январе – июле 2025 г. доля убыточных компаний в угольной отрасли превысила 65%. Сектор испытывает значительные трудности из-за снижения цен на уголь на мировом рынке при одновременном повышении затрат на перевозку угля железнодорожным транспортом» [107].

Создание энергоемких производств, таких как дата-центры, в угледобывающих регионах (например, по словам Шапошникова это могут быть

Кемеровская и Новосибирская области, Хакасия, а также в Ростовская область, Республика Коми и Донбасс) позволяет существенно снизить логистические издержки. Как подчеркивалось, строительство электростанций непосредственно на карьерах дает экономию в \$50–60 на тонну за счет исключения транспортных расходов, а также дополнительно сокращает издержки на передачу электроэнергии. Более того, такая стратегия способствует разгрузке газового баланса, что позволяет перераспределить более ценные энергоресурсы в другие отрасли. Интеграция цифровой инфраструктуры с угольной генерацией в местах добычи обеспечит возникновение синергического эффекта, за счет одновременного решения задач развития цифровой экономики, поддержки традиционного ТЭК и оптимизации использования всех видов энергетических ресурсов страны.

Однако реализация стратегии размещения энергоемких дата-центров на основе угольной генерации в непосредственной близости от мест добычи сталкивается с существенными экологическими вызовами, которые приобретают особую остроту в условиях глобального энергетического перехода. Акцент на уголь как на базовый источник энергии для цифровой инфраструктуры вступает в противоречие с общемировым трендом декарбонизации и ужесточением экологических стандартов, что формирует дополнительные риски как для устойчивости самих дата-центров, так и для конкурентоспособности экспортноориентированных отраслей национальной экономики.

В контексте энергоперехода, который предполагает постепенный отказ от ископаемого топлива в пользу низкоуглеродных и возобновляемых источников энергии, угольная генерация подвергается все более критическому переосмыслению [162]. Это связано не только с прямыми выбросами парниковых газов, но и с сопутствующими экологическими последствиями. Развитие цифровой экономики, позиционируемой как драйвер прогресса и эффективности, в симбиозе с наиболее углеродоемким видом генерации создает репутационные и регуляторные риски, которые могут ограничить доступ российских цифровых услуг и продукции на международные рынки, где экологические критерии становятся неотъемлемой частью цепочек создания стоимости.

Таким образом, необходимость учета экологической составляющей при планировании энергообеспечения цифровой инфраструктуры выдвигает на первый план задачу поиска технологических компромиссов и инновационных решений, которые позволили бы совместить экономические преимущества использования местных угольных ресурсов с требованиями снижения углеродного следа и соответствия стратегическим целям устойчивого развития.

Исходя из обозначенных экологических вызовов и необходимости поиска технологических компромиссов в рамках энергетического перехода, целесообразно рассмотреть опыт Китая, который демонстрирует комплексный подход к интеграции угольной генерации в современную энергетическую систему с учетом экологических императивов. Китай, являясь мировым лидером как по объемам потребления угля, так и по масштабам внедрения возобновляемых источников энергии, разработал и реализует стратегию развития так называемых «чистых угольных технологий», направленную на максимальное снижение экологического воздействия угольной энергетики при сохранении ее роли как стабилизирующей основы энергосистемы.

«Китайский опыт представляет особый интерес для России в силу схожести структур энергобалансов, наличия значительных собственных угольных ресурсов и стоящих задач по обеспечению энергетической безопасности в условиях цифровой трансформации. Анализ китайской практики позволяет выделить ключевые технологические направления, такие как строительство современных угольных электростанций с повышенным КПД, внедрение систем улавливания, использования и хранения углерода (CCUS), когенерация и комплексная переработка угля, а также создание энерготехнологических кластеров, где угольная генерация сочетается с производствами с высокой добавленной стоимостью. Изучение данного опыта, его адаптация к российским условиям с учетом географических, экономических и инфраструктурных особенностей, может предоставить ценные данные для формирования сбалансированной стратегии энергообеспечения цифровой инфраструктуры, позволяющей минимизировать

экологические риски без отказа от использования конкурентных преимуществ национальной ресурсной базы» [249].

В течение 50 лет в Китае проводятся исследования в области разработки и внедрения экологически чистых угольных технологий выработки электроэнергии, что обусловлено необходимостью борьбы с загрязнением окружающей среды и эффективного использования угля. Одновременно началось внедрение технологий производства электроэнергии, которые могут сократить выбросы загрязняющих веществ при сжигании угля и повысить эффективность генерации. В результате получен эффект декарбонизации, связанный с принятием наиболее экономически эффективных технических решений для снижения общих выбросов углекислого газа от угольных электростанций за счет чистых угольных технологий, включая улавливание, использование и хранение углерода (CCUS, Carbon capture, utilization and storage) [207].

Технология выработки электроэнергии IGCC — это революционная технология выработки электроэнергии на чистом угле, обладающая многочисленными преимуществами, включая высокую эффективность выработки электроэнергии и исключительные показатели защиты окружающей среды. Эта технология позволяет экологически безопасно использовать угольную электроэнергию при почти нулевых выбросах. IGCC включает в себя газификацию углеродсодержащих веществ (уголь и биомасса). В результате этого процесса образуется газ, который затем преобразуется в синтетический газ и утилизируется в парогазовом комбинированном цикле. Китай начал изучать технологию IGCC в 1980-х годах. В декабре 2012 г. была завершена и введена в эксплуатацию первая в Китае демонстрационная электростанция комбинированного цикла газификации угля Huaneng Tianjin IGCC Green Coal Power Project. Общая мощность электростанции составляет 265 000 кВт. КПД выработки электроэнергии 48%, КПД электроснабжения 41%<sup>4</sup>. Таким образом, данный проект объединяет технологию IGCC с технологиями улавливания, транспортировки, утилизации и хранения углерода (CCUS). Распределение потребления угля по разным отраслям

промышленности Китая представлено на рисунке 5.12. Исходя из рис.5.12 большая часть потребления угля в Китае приходится на энергетику – 56,9%.

В 2023 г. Россия увеличила на 22% объемы экспорта угля в КНР, став при этом вторым крупнейшим поставщиком угля в Китай, в основном это связано с разворотом поставок российского угля с европейского на восточные рынки и сопровождающимся дисконтом в 2022 г, который в мае 2023 г, почти исчез [19], а это значит, что интерес Китая покупать уголь из России подкреплён не только привлекательными ценами.



Рисунок 5.12 – Распределение потребления угля по разным отраслям промышленности Китая в 2022 г. [381]

Импорт Китаем дальневосточного и сибирского угля стремительно развивался с 2015 г., этому способствовали сокращение поставок угля из Австралии, санкций Китая на импорт угля из КНДР и замещение спада производства угля Китаем вследствие реструктуризации угольной промышленности и закрытия ряда нерентабельных производств. Большим преимуществом российского угля также является короткое плечо перевозок, возможность поставки угля морем и через железнодорожные пограничные переходы.

По мнению ряда экспертов, конечная цена российского угля содержит высокую транспортную составляющую, портовые и другие сборы в российских

портах Дальнего Востока в среднем на 35% выше, чем в соседних портовых терминалах Японии, Китая, КНДР и Республики Корея, это приводит к тому, что российскому углю сложнее конкурировать с Австралией и Индонезией за рынок Китая [391].

Как отмечено в работе Д.А. Черноусова, Пан Чанвэй существует и ряд других очевидных проблем в энергетическом сотрудничестве России и Китая, о которых упоминает главный научный сотрудник ИПНГ РАН, д.э.н., профессор РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина А. Мастепанов. Несмотря на весь информационный фон, созданный вокруг активного развития российско-китайских отношений в энергетике, фактическое развитие совместных предприятий идет с трудом. В целом, несмотря на большой потенциал, российско-китайские взаимоотношения в нефтегазовой, угольной и электроэнергетической отрасли складываются достаточно сложно. Первая причина — фактическое отсутствие производственно-инновационного и инвестиционного взаимодействия, включая структурно-технологическую кооперацию, обмен новейшими технологиями и разработками. Вторая причина — энергетическое взаимодействие складывается преимущественно в торгово-коммерческом формате, на основе рыночного механизма ценообразования и принципов взаимовыгодности [221].

На основании утвержденного Китаем плана по достижению климатических целей, потребление угля в Китае достигнет пика в 2025 г., а до 2060 г. должно сократиться на 50% до уровня 2,5 млрд тонн в год [17]. Сокращение потребления угля в первую очередь будет происходить за счет замещения технологии сжигания угля в энергетической отрасли, что приведет к сокращению потребления энергетических марок угля.

Говоря о сотрудничестве между Россией и Китаем в торговле углем, среди всех марок угля, отгружаемого из России в Китай, доля энергетического угля достигает 70%, соответственно в последующие 30 лет для энергетического угля из России в Китае перспективы отсутствуют.

«Таким образом, анализ китайского опыта внедрения чистых угольных технологий и текущего состояния российской угольной генерации подчеркивает

критическую необходимость учета данного аспекта при формировании прогнозного топливно-энергетического баланса. Как отмечает А. Хохлов, руководителя направления «Электроэнергетика» Центра энергетики бизнес-школы Сколково, Россия могла бы использовать этот опыт, проводя двойственную политику: стимулируя закрытие неэффективных и экологически опасных источников и одновременно создавая условия для глубокой модернизации угольной электроэнергетики с применением передовых, в том числе китайских, технологий. Этот подход является альтернативой повсеместному переводу станций на газ, который не всегда возможен и целесообразен» [249].

«Учет данного вектора развития при построении прогнозного ТЭБ становится необходим по нескольким причинам. Во-первых, он позволяет реалистично оценить потенциал угля как стабилизирующего источника энергии для базовой нагрузки, в том числе для энергоемких объектов цифровой инфраструктуры, в условиях энергоперехода. Во-вторых, он требует включения в баланс сценариев, связанных с масштабными инвестициями в модернизацию или строительство новых угольных мощностей, что напрямую влияет на прогнозы по капитальным затратам в ТЭК, структуры импорта оборудования и технологий, а также на динамику занятости в угледобывающих регионах. В-третьих, он обуславливает необходимость моделирования экологических последствий и корректировки баланса с учетом потенциального внедрения технологий CCUS и повышения эффективности, что влияет на прогнозы по выбросам и выполнению климатических обязательств» [249].

На сегодняшний день темпы прироста технологических достижений в России в области электроэнергетики, получения и использования в целом ТЭР существенно уступают мировым.

Российско-китайское сотрудничество продолжается и в настоящее время. Россия пригласила Китай совместно разрабатывать угольные месторождения на территории России. Например, речь идет об освоении Зашуланского угольного месторождения в Сибири (Забайкальский край). Доля в ней принадлежит крупнейшей угольной компании Китая Shenhua. Планируется, что 2024-2027 годах

добыча каменного угля на этом месторождении выйдет на проектную мощность в 5 млн.т [387].

Игнорирование возможности технологического рывка в угольной генерации, основанного на международной кооперации (прежде всего с Китаем), привело бы к формированию неполного и искаженного прогнозного ТЭБ. Такой баланс не отражал бы реальную альтернативу развития энергосистемы в условиях, когда полный отказ от угля в среднесрочной перспективе экономически и социально нереализуем, а его использование в прежнем виде становится все менее приемлемым. Следовательно, интеграция сценария «чистого угля» в прогнозную модель ТЭБ является необходимым условием для разработки сбалансированной, технологически обоснованной и соответствующей международным трендам стратегии энергетической безопасности страны.

Обеспечение растущих потребностей в электроэнергии, обусловленных развитием цифровой экономики и, в частности, экспоненциальным ростом энергопотребления ЦОД, требует разработки комплексных и технологически обоснованных стратегий. Одним из возможных путей частичного закрытия данного растущего спроса может стать использование угля в качестве энергетической базы, но не в его традиционном виде, а в рамках концепции «чистого угля», подразумевающей применение передовых технологий генерации. Данный подход, как демонстрирует опыт Китая, позволяет совместить надежность и предсказуемость угольной генерации, критически важные для энергообеспечения ЦОД, с требованиями экологической повестки и энергетического перехода.

Ключевым инструментом для оценки реализуемости, масштабов и последствий данного пути выступает прогнозный ТЭБ. Интеграция сценария развития «чистой» угольной генерации в структуру прогнозного ТЭБ позволяет количественно оценить его влияние на несколько взаимосвязанных аспектов, а именно на:

- потенциальный вклад «чистой» угольной энергетики в удовлетворение энергетических потребностей, связанных с развитием цифровой инфраструктурой;



- возникновение дополнительных эффектов от высвобождения более ценных энергоресурсов (прежде всего, природного газа) для других секторов экономики или экспорта;
- развитие инвестиционной деятельности, трансфера технологий и оборудования и в целом на развитие региона и уровень занятости;
- экологическую составляющую, спрогнозировав возможную динамику выбросов при различных вариантах внедрения «чистых» технологий, соотнеся с национальными климатическими обязательствами.

Таким образом, взаимосвязь между стратегической задачей энергообеспечения цифровой экономики, обусловленной развитием ЦОД, политикой внедрения чистых угольных технологий и формированием прогнозного ТЭБ приобретает характер системной зависимости, где изменения в одном сегменте (например, рост энергопотребления ЦОД) вызывают необходимость корректировок в других (оптимизация структуры генерации, технологическая модернизация угольного сегмента), что в совокупности требует адекватного отражения в методологии построения прогнозного ТЭБ. Прогнозный баланс в этой системе выступает как комплексная модель, объединяющая технологические, экономические и экологические императивы развития энергетического комплекса в условиях цифровой трансформации и глобального энергоперехода.

Прогнозный ТЭБ может стать основой для сценарного моделирования, позволяющее проверить гипотезу, оценить и обосновать необходимость конкретных мер технологической и инвестиционной политики. Следовательно, формирование научно-обоснованного прогнозного ТЭБ, включающего детализированный блок «чистой» угольной генерации, является необходимым условием для принятия стратегически взвешенных решений по обеспечению энергетическими ресурсами потребностей цифровой экономики.

Проведенный анализ международного опыта и внутренних технологических возможностей однозначно свидетельствует о том, что достижение прогнозной структуры ТЭБ, предполагающей как развитие цифровой экономики, так и модернизацию традиционной генерации с учетом экологических требований, не

представляется возможным без эффективного государственного регулирования. Высокая рыночная неопределенность затрудняет реализацию долгосрочных стратегических целей энергетической безопасности и технологического суверенитета.

Государственное регулирование выступает необходимым условием и координатором процессов трансформации ТЭК, выполняя несколько ключевых функций. Во-первых, оно формирует четкие долгосрочные ориентиры и правила игры через разработку и реализацию стратегических документов, таких как Энергетическая стратегия [398] и Доктрина энергетической безопасности [146]. Во-вторых, оно создает экономические стимулы и механизмы компенсации для привлечения масштабных инвестиций в капиталоемкие и с длительным периодом окупаемости проекты модернизации, подобные внедрению чистых угольных технологий или строительству объектов локальной генерации для дата-центров. В-третьих, государство обеспечивает синхронизацию интересов различных стейкхолдеров — от добывающих компаний и генераторов до региональных властей и конечных потребителей, — что является обязательным условием для формирования сбалансированного и достижимого прогнозного ТЭБ.

Таким образом, переход от анализа возможных сценариев к их практической реализации в структуре национального ТЭБ требует перехода к рассмотрению инструментария государственного регулирования как системообразующего элемента всей архитектуры управления энергетическим комплексом. Без создания эффективной системы государственного планирования, стимулирования и контроля достижение целевых параметров прогнозного ТЭБ останется декларативной целью, не подкрепленной реальными механизмами ее достижения.

Государственное регулирование для развития тренда глубокой модернизации угольной генерации на основе чистых технологий и ее интеграции в прогнозный ТЭБ должно быть выстроено как многоуровневая система мер, сочетающая прямые и косвенные инструменты. Данная система может включать следующие ключевые направления, отраженные на рис.5.13. и опубликованные автором диссертационного исследования в работе [249].



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 5. 13 – Варианты мер в рамках государственного регулирования развития тренда глубокой модернизации угольной генерации на основе чистых технологий

Данная система призвана создать комплекс стимулов и условий для технологического обновления отрасли, минимизируя при этом рыночные и инвестиционные риски. Ее ключевые направления могут включать фискальные и финансовые механизмы, институциональные инициативы и инфраструктурную поддержку.

В сфере фискального регулирования целесообразно введение целевых инвестиционных и налоговых льгот для проектов по строительству

ультрасверхкритических энергоблоков и внедрению технологий улавливания, использования и хранения углерода (CCUS). К таким мерам могут относиться налоговые каникулы по налогу на прибыль и налогу на имущество для вновь вводимых объектов, а также ускоренная амортизация высокотехнологичного оборудования. Финансовая поддержка может быть реализована через субсидирование процентных ставок по кредитам на закупку высокотехнологичного оборудования, включая импортное (в частности, китайское), с возможностью последующего технологического реверс-инжиниринга для развития отечественных компетенций.

На институциональном уровне необходимым представляется формирование отраслевых консорциумов по образцу успешной китайской модели, с участием генерирующих компаний, машиностроительных заводов, научно-исследовательских институтов и стратегических китайских партнеров. Целью таких консорциумов должна стать локализация критических технологий и организация совместных НИОКР, поддержанных грантовым финансированием со стороны государства. Параллельно требуется обеспечение льготного подключения к сетям новых объектов генерации, строящихся вблизи мест добычи угля, что особенно актуально для энергообеспечения строящихся рядом ЦОД.

Для создания условий более быстрой окупаемости инвестиционных проектов в развитие чистых угольных технологий и модернизацию угольной генерации государству необходимо реализовать комплекс мер, направленных на снижение финансовых рисков инвесторов и формирование устойчивого спроса на производимую энергию. Две наиболее значимые меры в этом контексте включают, во-первых, разработку и внедрение целевых механизмов государственно-частного партнерства (ГЧП) с элементами гарантированного возврата инвестиций. Такие механизмы могут предусматривать предоставление государственных гарантий по кредитам, софинансирование капитальных затрат на строительство или модернизацию энергоблоков, а также создание специальных инвестиционных контрактов, которые фиксируют стабильные налоговые и регуляторные условия на весь срок окупаемости проекта. Это позволит существенно снизить стоимость

привлекаемого капитала и защитить инвесторов от нестабильности рыночных условий.

Во-вторых, критически важной мерой является формирование долгосрочного гарантированного рынка сбыта для электроэнергии, произведенной на модернизированных или новых угольных станциях, соответствующих строгим экологическим стандартам. Это может быть достигнуто через включение таких объектов в схему договоров предоставления мощности нового типа, ориентированных на низкоуглеродную или высокоэффективную генерацию, либо через заключение долгосрочных двусторонних договоров с крупными потребителями, такими как энергоемкие дата-центры или промышленные кластеры. Гарантированный объем закупок по фиксированной или индексируемой цене на период 15–20 лет создаст прогнозируемый денежный поток, что будет являться ключевым фактором для потенциальных инвесторов.

Совокупность мер, направленных на снижение капитальных затрат через государственную поддержку и обеспечение стабильного дохода через гарантированный спрос, формирует необходимые экономические предпосылки для привлечения необходимых частных инвестиций в технологическое обновление угольной энергетики, что, в свою очередь, является условием для отражения данного сценария в прогнозном ТЭБ.

Информационно-аналитическое обеспечение процесса должно базироваться на создании государственной системы мониторинга технологической эффективности и экологичности угольной генерации. Данные из этой системы в режиме реального времени, должны напрямую поступать в модель прогнозного ТЭБ, обеспечивая ее актуальность и достоверность.

Отправной точкой и одновременно ключевым критерием эффективности всей системы государственного регулирования должен служить мониторинг достижения прогнозной структуры ТЭБ. Все реализуемые меры необходимо разрабатывать и корректировать на основе целевых показателей баланса, а их результаты – постоянно сопоставляться с этими показателями. Такой подход позволяет изменить статус ТЭБ и перевести его в действенный инструмент

управления. При этом государственное регулирование и анализ динамики структурообразующих элементов ТЭБ должны сопровождаться непрерывной обратной связью, обеспечивая согласованность краткосрочных инструментов с долгосрочными стратегическими целями энергетической безопасности и низкоуглеродного развития.

### **5.3 Методологическая основа комплексной оценки эффективности структурных изменений прогнозного ТЭБ**

В контексте формирования прогнозного ТЭБ как инструмента стратегического управления национальной и энергетической безопасностью, а также в целом экономическим потенциалом, особую актуальность приобретает проблема оценки эффективности управления его ключевыми, структурообразующими элементами. Электропроизводство и электропотребление, выступая одними из приоритетных структурообразующих элементов ТЭБ, определяют не только текущее состояние энергетического комплекса, но и векторы его долгосрочной трансформации в условиях цифровой экономики и глобального энергетического перехода. В этой связи разработка адекватной методологии оценки эффективности управления данными компонентами становится критически важной задачей, от решения которой зависит достоверность прогнозных сценариев и результативность принимаемых управленческих решений.

Традиционные подходы к оценке эффективности, основанные на анализе частных технико-экономических показателей, демонстрируют свою ограниченность применительно к прогнозному ТЭБ. Они не в полной мере учитывают системные взаимосвязи между электропроизводством и электропотреблением, их роль в обеспечении энергетической безопасности, влияние на макроэкономическую динамику, на развитие смежных отраслей и социально-экономических систем, а также соответствие долгосрочным целям устойчивого развития. Эффективность управления в данном контексте должна оцениваться не столько через призму операционной результативности отдельных

объектов генерации, сколько через способность всей системы электроэнергетики гибко и сбалансированно отвечать на вызовы структурных изменений в экономике, технологические инновации и экологические требования.

Таким образом, исследование особенностей оценки эффективности управления электропроизводством и электропотреблением как структурообразующими элементами прогнозного ТЭБ требует разработки комплексной системы критериев и показателей. Эта система должна интегрировать экономические, технологические, экологические и социальные аспекты, обеспечивая многоаспектный анализ способности электроэнергетического сектора выполнять свою системообразующую функцию в рамках достижения стратегических целей развития национальной экономики.

В качестве количественного измерителя системных эффектов (за исключением экологического) может быть рассмотрен дополнительный рост ВВП в прогножном периоде, обусловленный реализацией различных программных мер как на уровне государства, регионов, так и на уровне отдельных энергетических компаний и компаний смежных отраслей. В работе И.А. Башмакова отмечается, что «исторически для обеспечения роста ВВП на душу населения на 1% необходимо снизить энергоемкость ВВП на 0,5—0,8%, и эта цифра растет по мере повышения уровня экономического развития» [84]. Речь идет о синергическом, мультипликативном эффекте, который базируется на теории экономических мультипликаторов и может быть смоделирован с помощью перспективного межотраслевого баланса. Такой мультипликативный эффект формируется за счет дополнительного развития смежных отраслей и производств (машиностроения для энергетики, строительной индустрии, IT-сектора для цифрового управления), соответствующего развития инфраструктуры и социальной сферы в регионах размещения новых энергообъектов, а также за счет повышения общей конкурентоспособности экономики благодаря надежному и современному энергообеспечению.

Мультипликатор в макроэкономике представляет собой численный коэффициент, показывающий, во сколько раз изменятся итоговые показатели

развития экономики при росте инвестиций или производства в анализируемом виде деятельности [30] (без учета импорта, что обусловлено сложившейся геополитической ситуацией в стране, усилением санкционного давления).

Системные эффекты, рассмотренные М. Х. Газеевым, Н. А. Волынской в работе [111], согласно авторской логике, могут быть адаптированы и к предметной области проводимого научного исследования, а именно рассмотрены системные эффекты от управления структурообразующими элементами прогнозного ТЭБ (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Системные эффекты от управления структурообразующими элементами прогнозного ТЭБ

| Эффект                       | Пример проявления системности эффекта                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                            | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Социально-экономический      | Рост ВВП национальной экономики, формирование мультипликативного эффекта в смежных отраслях.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                              | Корректное отражение в прогножном ТЭБ инвестиционных программ в угольной генерации и связанной с ними инфраструктуры позволяет оценить не только прямые изменения в структуре энергобаланса, но и смоделировать их широкомасштабное мультипликативное воздействие на национальную экономику. Это воздействие проявляется через создание новых рабочих мест и рост доходов населения, увеличение налоговых поступлений в бюджеты всех уровней, а также через снижение энергетической бедности и стимулирование предпринимательства, что в совокупности обеспечивает более полное и обоснованное стратегическое планирование социально-экономического развития.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Инновационно-технологический | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Развитие энергетических технологий стимулирует спрос на инновации в смежных секторах (материаловедение, IT, робототехника), создавая экосистему технологического развития.</li> <li>- Формирование территориальных инновационных кластеров вокруг энергетических проектов, привлекающих научные кадры и инвестиции в НИОКР.</li> <li>- Распространение передовых энергетических технологий в другие отрасли экономики, повышая общую производительность и конкурентоспособность.</li> <li>- В случае избытка электроэнергии возможность экспортировать не саму электроэнергию, а продукты с высокой добавленной стоимостью, производство которых требует большого электропотребления. Например, при развитии российского рынка ЦОД может быть увеличена доля стояк, работающих на экспорт. По данным на 2020 год «менее 0,5% введенных в России стоек работают на экспорт» [247]</li> </ul> |
| Экологический                | - Внедрение чистых технологий в энергетике создает спрос на экологичные решения в транспорте, промышленности и ЖКХ, запуская цепную реакцию снижения экологического следа.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



Окончание таблицы 5.3

| 1               | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Сокращение выбросов в энергетике снижает затраты на здравоохранение и экологическую реабилитацию территорий, высвобождая ресурсы для других социально-экономических целей.</li> <li>- Развитие энергетики на основе принципов циркулярной экономики стимулирует создание новых бизнес-моделей и рынков вторичных ресурсов.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                   |
| Региональный    | Стратегическое размещение энергоемких объектов цифровой инфраструктуры, таких как дата-центры, в непосредственной близости от центров добычи угля способно создать комплексный региональный эффект, интегрирующий пространственное развитие угледобывающих территорий через формирование новых точек экономического роста, инфраструктурный синергизм за счет совмещения энергетической, транспортной и цифровой инфраструктуры, и усиление межрегиональной кооперации путем перераспределения энергетических потоков и создания новых цепочек добавленной стоимости между ресурсными и промышленными регионами. |
| Геополитический | Укрепление позиций на мировых энергетических рынках. Энергетические проекты могут стать основой для создания новых экономических союзов и зон сотрудничества.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

*Источник: составлено автором.*

В контексте разработки государственных программ, направленных на обеспечение растущей потребности в электроэнергии для цифровой экономики, интеграция сценария технологической модернизации угольной генерации и развития сопутствующей инфраструктуры в прогнозный топливно-энергетический баланс приобретает стратегическое значение. Такой подход позволяет оценить комплексное влияние данных программ не только на энергетический сектор, но и на макроэкономические показатели, в первую очередь на динамику ВВП национальной экономики, через формирование мультипликативного эффекта в смежных отраслях.

Валовой внутренний продукт (ВВП) выступает в качестве ключевого макроэкономического индикатора, отражающего совокупную стоимость товаров и услуг, произведенных на территории страны за определенный период. В этой связи под макроэкономическим эффектом, как правило, понимают степень чувствительности динамики ВВП к экзогенным возмущениям, исходящим от конкретной отрасли экономики. Данные возмущения могут проявляться в виде изменений инвестиционной активности (Динвестиций), колебаний ценовых

параметров ( $\Delta$ цен), трансформации объемов производства или иных факторов, оказывающих воздействие на агрегированные экономические показатели. Таким образом, оценка макроэкономического эффекта предполагает анализ эластичности ВВП по отношению к вариациям в функционировании исследуемого сектора, что позволяет количественно определить его вклад в общую экономическую динамику и устойчивость национальной хозяйственной системы.

ВВП = валовая добавленная стоимость (ДС) всех секторов + чистые налоги на продукты в экономике (акцизы + НДС + таможенные пошлины – субсидии на продукты) [218].

$$ДС = ВВ - ПП, \quad (5.1)$$

где:  $ВВ$  – валовой выпуск экономики в основных ценах,

$ПП$  – промежуточное потребление (т. е. потребление товаров и услуг на текущие производственные нужды) в стране.

Таким образом, как отмечается в докладе В. А. Малахова «ВВП — это стоимость всей конечной продукции, производимой экономикой за год. Вместе с импортной продукцией ( $И$ ) она используется в экономике для конечного потребления ( $КП$ ) (населением, госучреждениями и НКО), капвложений ( $КВ$ ) (валовое накопление основного капитала), прироста оборотных запасов ( $З$ ) и экспорта ( $Э$ )».

Поэтому производство и использование ВВП в основных ценах (без налогов на продукты) можно представить в виде укрупненного годового балансового соотношения [218]:

$$ДС + И = ВВ - ПП + И = КП + КВ + З + Э \quad (5.2)$$

В реальной экономике в рамках одного года инвестиционный мультипликатор для ВВП в подавляющем большинстве случаев будет меньше единицы ( $M < 1$ ). Значительный мультипликативный инвестиционный рост ВВП может проявиться только в среднесрочном и долгосрочном периоде. При этом  $M \gg 1$  может быть по двум причинам [218]:

1. Когда для удовлетворения инвестиционных потребностей в какой-либо отрасли необходимо настолько увеличить производство в экономике, что это, в свою очередь, потребует наращивания производственных мощностей и соответствующих инвестиций в смежных отраслях и по цепочке межотраслевых связей и других отраслях экономики.

2. Рост инвестиций и производства в экономике приводит к росту доходов населения и государства, что, в свою очередь, вызывает значительный рост конечного потребления домашних хозяйств и госучреждений.

Таим образом, мультипликативный эффект возникает только когда рост конечного спроса в какой-либо отрасли способен вызвать дополнительное увеличение конечного спроса (капвложений или конечного потребления) у других секторов экономики (рисунок 5.14).

Мультипликативный эффект проявляется в нескольких ключевых направлениях. Во-первых, реализация крупных инвестиционных проектов в энергетике, таких как строительство современных угольных электростанций или создание энергопроизводственных кластеров, приводит к созданию новых рабочих мест не только непосредственно в энергетическом секторе, но и в смежных отраслях, включая машиностроение (производство и модернизация оборудования), строительство, транспортную логистику и сервисное обслуживание. Это, в свою очередь, способствует росту располагаемых доходов населения в соответствующих регионах, что стимулирует увеличение потребительского спроса и запускает экономические мультипликаторы на местном уровне.

Во-вторых, рост экономической активности, вызванный реализацией энергетических проектов, приводит к увеличению налоговых поступлений на всех уровнях бюджетной системы (федеральном, региональном, местном). Эти дополнительные доходы создают финансовые возможности для увеличения расходов на социальные программы, здравоохранение, образование и реализацию инфраструктурных проектов, что дополнительно стимулирует экономический рост и формирует положительную обратную связь в экономике.

В-третьих, повышение доступности, надежности и, потенциальное, снижение стоимости энергии в результате модернизации генерации и развития инфраструктуры стимулирует развитие малого и среднего предпринимательства, особенно в энергодефицитных и депрессивных регионах. Доступ к стабильной и качественной электроэнергии является критическим фактором для запуска и расширения бизнеса, что ведет к диверсификации региональных экономик, созданию дополнительных рабочих мест и повышению общего уровня экономического благосостояния.



Источник: Адаптировано автором на основе доклада В. А. Малахова [218].

Рисунок 5.14 – Мультипликативный эффект межотраслевых взаимодействий при реализации инвестиционных программ в области электропроизводства и электропотребления в экономике

Корректное отражение в прогнозном ТЭБ инвестиционных программ в угольной генерации и связанной с ними инфраструктуры позволяет не только оценить прямые изменения в структуре энергобаланса, но и моделировать их мультипликативное воздействие на национальную экономику, обеспечивая более полное и обоснованное стратегическое планирование социально-экономического развития в условиях цифровой трансформации.

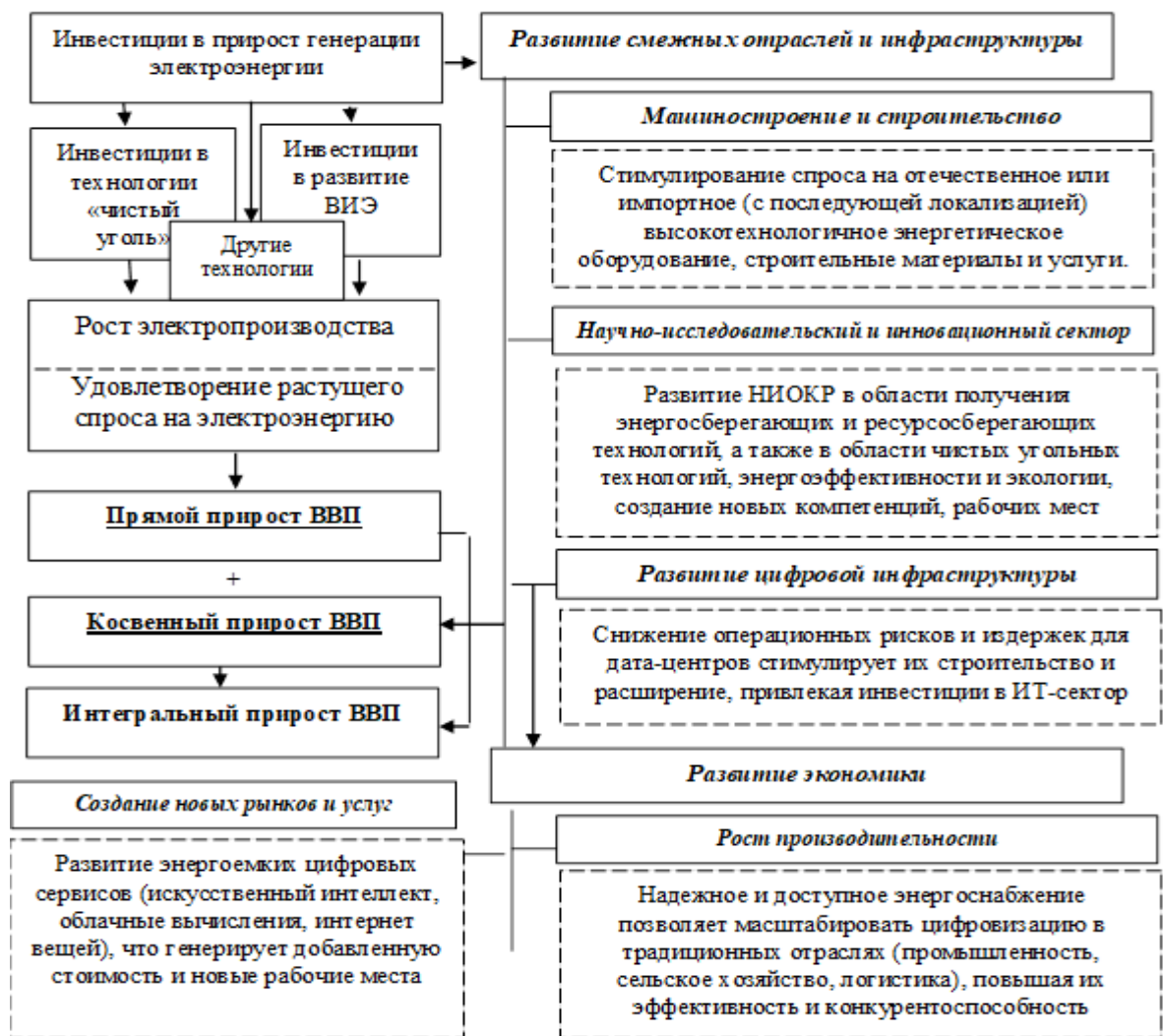
В контексте инновационно-технологического потенциала энергетического комплекса следует выделить стратегическую возможность, возникающую при формировании избытка электроэнергии. Вместо традиционного экспорта электроэнергии как сырьевого товара, страна может переориентироваться на создание и экспорт продуктов с высокой добавленной стоимостью, производство которых является энергоемким. Этот подход трансформирует электроэнергию из конечного продукта в ключевой производственный ресурс, что кардинально меняет ее роль в структуре экспорта и национальной экономики.

Данная стратегия напрямую связана с другими компонентами инновационно-технологического потенциала:

- развитие энергетических технологий стимулирует спрос на инновации в смежных секторах (материаловедение, ИТ, робототехника и т. д.), создавая целостную экосистему технологического развития, где прогресс в генерации энергии становится основой для высокотехнологичных производств;
- формирование территориальных инновационных кластеров вокруг энергетических проектов, привлекающих научные кадры и инвестиции в НИОКР, получает дополнительный импульс за счет локализации рядом с источниками дешевой энергии производств конечной продукции с высоким уровнем маржинальности;
- распространение передовых энергетических технологий в другие отрасли экономики, дополняется мультипликативным эффектом от создания новых энергоемких отраслей промышленности, которые, в свою очередь, становятся потребителями для этих технологий.

Таким образом, наличие избытка электроэнергии открывает путь к построению более сложной и диверсифицированной экономической модели, где энергетический сектор выступает не только поставщиком ресурса, но и катализатором создания целых новых отраслей с высокой добавленной стоимостью, что существенно усиливает инновационно-технологический потенциал страны в целом. Этот аспект должен быть учтен в прогнозном ТЭБ как отдельный сценарный вариант, влияющий на структуру внутреннего потребления, экспортную стратегию и приоритеты технологического развития.

В формализованном виде схема формирования интегрального прироста ВВП представлена на рисунке 5.15.



Источник: составлена автором.

Рисунок 5.15- Концептуальная схема формирования интегрального прироста ВВП (на примере развития электропроизводства для цифровой экономики)

Схема (рис. 5.15) отражает непосредственно причинно-следственные связи формирования прямого и косвенного прироста ВВП на примере развития электропроизводства для цифровой экономики, показывает, как инвестиции в электроэнергетику, в частности в чистые угольные технологии, запускают системный, мультипликативный эффект экономического роста.

Исходя из логики построения схемы, отраженной на рисунке 14 мультипликативный эффект возникает за счет того, что каждый рубль, инвестированный в развитие электропроизводства на основе чистых угольных технологий, генерирует несколько рублей добавленной стоимости в смежных и конечных секторах экономики, при этом создавая синергию между традиционным ТЭК и цифровым сектором как драйвером современного экономического роста.

В контексте системного подхода к формированию прогнозного ТЭБ представляется научно обоснованным выстраивание аналогичных причинно-следственных связей при расчете интегрального прироста ВВП. Развитие каждой структурообразующей составляющей ТЭБ способно генерировать мультипликативный экономический эффект и вносить вклад в интегральный прирост ВВП.

Аналогично тому, как цифровизация экономики создает прогнозируемый прирост ВВП за счет синергии технологических и производственных факторов, целенаправленное развитие таких компонентов баланса, как атомная энергетика, возобновляемые источники энергии, газовая генерация или модернизированная угольная энергетика, способно активизировать смежные отрасли, стимулировать инновационную активность, создавать новые рабочие места и формировать дополнительные налоговые поступления.

Достижение рациональной структуры ТЭБ и обеспечение устойчивого экономического роста в условиях цифровой трансформации и энергетического перехода возможно лишь при условии синхронного технологического развития в различных подсистемах национальной экономики, при этом народнохозяйственные последствия такого развития целесообразно оценивать прежде всего для системообразующих (базовых) секторов. К таким секторам,

продукция или услуги которых потребляются всеми субъектами экономики, относится, например, электроэнергетика. Технологические изменения в этих отраслях оказывают мультипликативное влияние на производственную и инвестиционную активность в стране, темпы инфляции, доходы и расходы государственного бюджета и домашних хозяйств, формируя тем самым фундаментальные условия для структурной перестройки всей экономики и достижения целевых параметров прогнозного ТЭБ.

Технологические изменения достигаются посредством реализации соответствующих инвестиционных проектов, что обуславливает возможность оценки ожидаемого комплексного экономического эффекта на основании методики, рассмотренной в работе М.Х. Газеева, А.Б. Рыбак, Н.А. Волынской [110], но адаптированной под проводимое направление исследования.

При проведении комплексной, детальной оценки ожидаемого экономического эффекта ( $\mathcal{E}_{\text{эк}}$ ) от развития сектора электроэнергетики целесообразно в оценочную процедуру включить расширенный набор составляющих, отражающих мультипликативное влияние данного сектора на социально-экономическую систему (рис.5.16). С целью экспресс-оценки достаточно при расчете комплексного критерия учесть прямой совокупный экономический эффект ( $\text{ЧДД}_0$ ), возможный экологический эффект (ущерб) и эффект смежных отраслей ( $\mathcal{E}_{\text{см}}$ ), формула 5.3. На рисунке 5.16 отражены составляющие, рекомендуемые автором для включения в оценочную модель [263]. В общем виде расчет комплексного экономического эффекта ( $\mathcal{E}_{\text{эк}}$ ) представлен на рисунке 5.17 [263].

$$\mathcal{E}_{\text{см}} = (M_{\text{ди}} + M_{\text{п}}) * \Delta\bar{Д}, \quad (5.3)$$

где:

$M_{\text{ди}}$  – динамический инвестиционный мультипликатор;

$M_{\text{п}}$  – производственный мультипликатор;

$\Delta\bar{Д}$  – прирост добавленной стоимости ВВП



С точки зрения практического использования спорным вопросом в предлагаемом автором подходе являются значения *весовых коэффициентов*, отражающих значимость экологического эффекта, эффекта в области энергетической безопасности, социального эффекта, которые определяются экспертным путем.



*Источник: составлено автором.*

Рисунок 5.17 – Основные составляющие модели комплексной оценки экономического эффекта от развития сектора электроэнергетики

Согласно авторской логике при определении весовых коэффициентов относительно структурных изменений в ТЭБ по электропроизводству и электропотреблению целесообразно признать значимость социального эффекта и эффекта в области энергетической безопасности равнозначной, достаточно высокой и включить в оценку на уровне 0,4 (40%) каждого. Логика обусловлена тем, что обеспечение надежного и бесперебойного электроснабжения имеет неоспоримую значимость для жизнедеятельности населения, промышленного сектора и цифровой инфраструктуры.

Экологический эффект может быть учтен опосредованно через такие показатели, как плата за выбросы загрязняющих веществ, экологические штрафы, затраты на природоохранные мероприятия и другие подлежащие денежной оценке экологические обязательства, что обобщенно можно обозначить как ущерб (или риск каких-либо потерь, например в случае не создания резервных генерирующих электроэнергию мощностей и наступления рисков ситуаций).

В общем виде расчет комплексного экономического эффекта ( $\mathcal{E}_{ЭК}$ ) может быть представлен (первый вариант экспресс-оценки) [263]:

$$\mathcal{E}_{ЭК} = ЧДД_0 + \mathcal{E}_{СМ} + \mathcal{E}_м + (\pm \alpha_{эб} * \mathcal{E}_{эб} \pm \alpha_c * \mathcal{E}_c \pm \alpha_э * \mathcal{E}_э \pm \alpha_{ит} * \mathcal{E}_{ит}), \quad (5.4)$$

где:  $ЧДД_0$  – прямой совокупный экономический эффект, возникающий в процессе реализации технологических инновационных проектов в области электроэнергетики (охватывающие электропроизводство и электропотребление), которые количественно оцениваются суммой величины денежного потока до налогов, рассчитываемый с учетом рисков;

$\mathcal{E}_{см}$  – экономический эффект, возникающий в смежных отраслях в процессе реализации проектов в области электроэнергетики;

$\alpha_э, \alpha_{эб}, \alpha_c, \alpha_{ит}$  – весовые коэффициенты, отражающие значимость каждого вида эффекта, включенного в модель, а именно экологического эффекта, эффекта в области энергетической безопасности, социального эффекта, инновационно-технологического эффекта;

$\mathcal{E}_э$  – экологический эффект;

$\mathcal{E}_м$  – макроэкономический эффект;

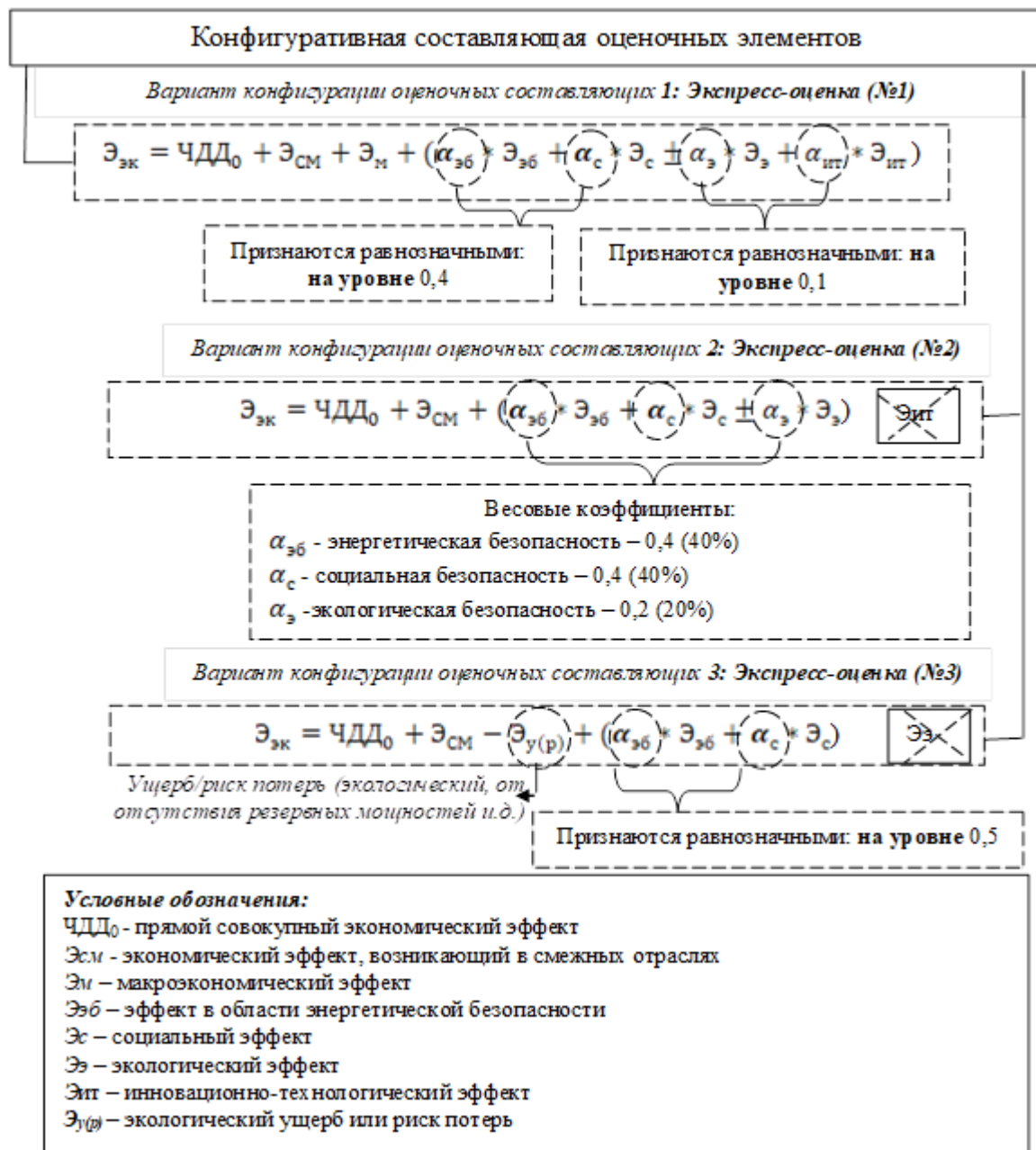
$\mathcal{E}_{эб}$  – эффект в области энергетической безопасности;

$\mathcal{E}_c$  – социальный эффект;

$\mathcal{E}_{ит}$  – инновационно-технологический эффект.

Предлагаемый подход к оценке эффективности структурных изменений в ключевых элементах прогнозного ТЭБ, опубликован автором диссертационного

исследования в работе [263] включает, помимо комплексной и системной составляющих, также конфигуративный компонент, что обеспечивает адаптивность комплексного оценочного критерия к специфическим целям и типу проводимой оценки, включая возможность его применения в формате оперативной (экспресс) оценки (рис.5.18) [263].



Источник: составлено автором.

Рисунок 5.18 – Экспресс-оценка эффективности изменения структурообразующих элементов прогнозного ТЭБ

Это позволяет обеспечить гибкость методологического инструментария в соответствии с задачами исследования или подготовки программных управленческих решений. Спорным вопросом в предлагаемом подходе являются весовые коэффициенты, отражающие значимость экологического эффекта, эффекта в области энергетической безопасности, социального эффекта, инновационно-технологического эффекта, которые определяются экспертным путем.

Согласно авторской логике при определении весовых коэффициентов относительно структурных изменений в ТЭБ по электропроизводству и электропотреблению целесообразно признать значимость социального эффекта и эффекта в области энергетической безопасности равнозначной, достаточно высокой и включать в оценку на уровне 0,4 (40%) каждого (*вариант экспресс – оценки №2*). Логика обусловлена тем, что обеспечение надежного и бесперебойного электроснабжения имеет неоспоримую значимость для жизнедеятельности населения, промышленного сектора и цифровой инфраструктуры.

При обосновании весовых коэффициентов также можно ориентироваться на структуру индекса энергетической трилеммы и весовые коэффициенты, входящих в него показателей (табл. 5.4). В работе В.Р. Киушкиной [176] отмечается, что специфика территории РФ, к которой необходимо отнести и абсолютную энергоизолированность некоторых регионов, закладывает определенную многофакторность в оценку состояния энергетической безопасности. Также можно взять за основу обобщающие индексы энергетической безопасности и оценку экономической составляющей, отраженную в работе Ю. Д. Кононова [186].

Существуют децентрализованные территории с изолированной генерацией и высокой уязвимостью при ухудшении экономической ситуации, с преимущественным использованием малой энергетики – районы Крайнего Севера и Дальнего Востока. Зона Севера занимает около 70 % территории России.

Таблица 5.4 – Структура индекса энергетической трилеммы (2019)

и ее использование для обоснования весовых коэффициентов в экспресс-оценке

| Компонент индекса                                                                                                                                                                                         | %  | Категория индикатора                            | %  | Индикатор                                                                 | % | Примечание                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                         | 2  | 3                                               | 4  | 5                                                                         | 6 | 7                                                                                                               |
|  <p>Энергетическая безопасность 30%</p> <p>Экологическая устойчивость 30%</p> <p>Энергетическое равенство 10% доп.</p>   | 30 | A1 – Безопасность поставок и спроса на энергию  | 12 | Разнообразие основных источников энергии                                  | 6 | Весовой коэффициент в экспресс-оценке блока «Энергетическая безопасность» может быть принят на уровне 0,3 (30%) |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Зависимость от импорта                                                    | 6 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    | A2 – Устойчивость энергетических систем         | 18 | Разнообразие способов генерации электроэнергии                            | 6 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Хранение энергии                                                          | 6 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Стабильность системы и способность к восстановлению                       | 6 |                                                                                                                 |
| Энергетическое равенство                                                                                                                                                                                  | 30 | B1 – Доступ к энергии                           | 12 | Доступ к электроэнергии                                                   | 6 | Весовой коэффициент в экспресс-оценке блока «Социальный эффект»                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Доступ к возможности чистого приготовления пищи                           | 6 |                                                                                                                 |
|  <p>Энергетическая безопасность 30%</p> <p>Экологическая устойчивость 30%</p> <p>Энергетическое равенство 10% доп.</p>  |    | B2 – Доступ к качественной энергии              | 6  | Доступ к «современной» энергии                                            | 6 | может быть принят на уровне 0,3 (30%)                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                           |    | B3 – Доступность                                | 12 | Цены на электроэнергию                                                    | 3 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Цены на бензин и дизельное топливо                                        | 3 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Цены на прир. Газ                                                         | 3 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Доступность электроэнергии для жителей                                    | 3 |                                                                                                                 |
|  <p>Энергетическая безопасность 30%</p> <p>Экологическая устойчивость 30%</p> <p>Энергетическое равенство 10% доп.</p> | 30 | C1 – Производительность энергетических ресурсов | 9  | Энергоемкость по конечному использованию энергии                          | 5 | Весовой коэффициент в экспресс-оценке блока «Экологическая безопасность» может быть принят на уровне 0,3 (30%)  |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Эффективность производства электроэнергии и научно-технических разработок | 4 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    | C2 – Декарбонизация                             | 9  | Низкоуглеродная выработка электроэнергии                                  | 5 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Тенденция выбросов парниковых газов                                       | 4 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    | C3 – Выбросы и загрязнения окружающей среды     | 12 | Выбросы CO <sub>2</sub> на душу населения                                 | 1 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Выбросы метана на душу населения                                          | 1 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Загрязнение воздуха PM <sub>2.5</sub> , среднегодовая экспозиция          | 4 |                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                           |    |                                                 |    | Загрязнение воздуха PM <sub>10</sub> , среднегодовая экспозиция           | 4 |                                                                                                                 |

Окончание таблицы 5.4

| 1                                                                                                           | 2  | 3                                             | 4 | 5                                                             | 6   | 7                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Особенности страны</p>  | 10 | D1 – Макроэкономическая среда                 | 2 | Макроэкономическая стабильность                               | 2   |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    | D 2 – Управление                              | 4 | Политическая стабильность                                     | 1   |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    |                                               |   | Верховенство закона                                           | 1   |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    |                                               |   | Качество регулирования                                        | 1   |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    |                                               |   | Эффективность государственного управления                     | 1   |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    | D 3 – Стабильность для инвестиций и инноваций | 4 | Чистый приток прямых иностранных инвестиций                   | 1   | Весовой коэффициент в экспресс-оценке блока «Инновационно-технологический эффект»<br><br>может быть принят на уровне 0,1 (10%).<br>Приравнен к весу дополнительного направления оценки |
|                                                                                                             |    |                                               |   | Простота ведения бизнеса                                      | 1   |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    |                                               |   | Восприятие коррупции                                          | 0,5 |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    |                                               |   | Эффективность правовой базы при оспаривании нормативных актов | 0,5 |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    |                                               |   | Защита интеллектуальной собственности                         | 0,5 |                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                             |    |                                               |   | Инновационный потенциал                                       | 0,5 |                                                                                                                                                                                        |

Источник: составлено по работе Мастепанова А.М., Чigareва Б.Н. [222], дополнено автором столбцом «Примечание».

К этой экономико-географической зоне относятся 28 субъектов РФ. Такие территории существенно различаются по комфортности жизнедеятельности и условиям хозяйствования, неоднородны по экономическому и социальному развитию. Республика Саха (Якутия) в данном контексте относится к зоне абсолютного дискомфорта. Для всех территорий главными критериями оценки эффективности энергетики являются надежность и бесперебойность в обеспечении энергией, для удаленных территорий этот вопрос стоит еще более остро.

Резервирование является одним из главных средств повышения надежности в энергетике на всех временных уровнях управления электроэнергетическими системами [366] и является одним из показателей, характеризующем энергетическую безопасность страны. При этом обеспечение абсолютной надежности экономически неэффективно, поэтому при оптимизации резервов должен быть обеспечен баланс между затратами на создание и поддержание

резервов и ущербом потребителей от недопоставки электроэнергии.

Руководитель лаборатории надежности топливо- и энергоснабжения отдела энергетической безопасности ИСЭМ СО РАН Д.Крупнев отмечает, что «системная надежность должна быть не максимальной, а оптимальной. Мощности можно наращивать бесконечно, но кто-то за это должен платить. Поэтому необходимо определить такой уровень резервирования генерирующей мощности, который был бы выгоден для всех субъектов рынка и при этом позволял регуляторам в лице Минэнерго, Системного оператора и «Совета рынка» штатно управлять энергосистемой» [241]. Тем не менее в отношении создания резервных мощностей для энергоизолированных, северных регионов, согласно авторской логике, речь должны идти о 100%. Если оценивать эффективность изменений в структуре прогнозных ТЭБ для удаленных и сложных районов (в разрезе энергопроизводства и энергопотребления), то весовой коэффициент может быть увеличен по энергетической безопасности до 50%.

*Второй вариант конфигурации оценочных составляющих (рис.5.18):* экспресс-оценка (№2) преследует цель оперативного ранжирования инвестиционных проектов в электроэнергетике на основе включения в оценку энергетической безопасности (с весовым коэффициентом  $\alpha_{эб} = 0,35$  (35%)), социальной безопасности (с весовым коэффициентом  $\alpha_c = 0,45$  (45%)) и экологической безопасности (с весовым коэффициентом  $\alpha_э = 0,2$  (20%)). Предлагаемый набор критериев, входящих в оценку ориентирован на приоритетных аспектах национального развития. Целевая направленность решаемых задач в рамках экспресс-оценки может быть определена, как:

- идентификация проектов с максимальным вкладом в обеспечение энергетической безопасности и социального благополучия;
- формирование краткого рейтинга альтернативных инвестиционных предложений для последующего углубленного анализа;
- обеспечение прозрачности и воспроизводимости процедуры предварительной оценки за счет применения фиксированных весовых коэффициентов;

- минимизацию требований к исходным данным путем исключения сложных для оперативного расчета макроэкономических и инновационно-технологических показателей.

*Третий вариант конфигурации оценочных составляющих (рис.5.18):* экспресс-оценка (№3) – направлен на максимальное упрощение оценочной процедуры при сохранении двух ключевых стратегических приоритетов: энергетической безопасности и социальной эффективности.

Такой вариант экспресс-оценки может быть использован для ситуативного рассмотрения проблемы и принятия оперативных решений, когда временные ограничения являются критическими, а доступ к комплексным данным отсутствует. Он может быть ориентирован на такие цели, как:

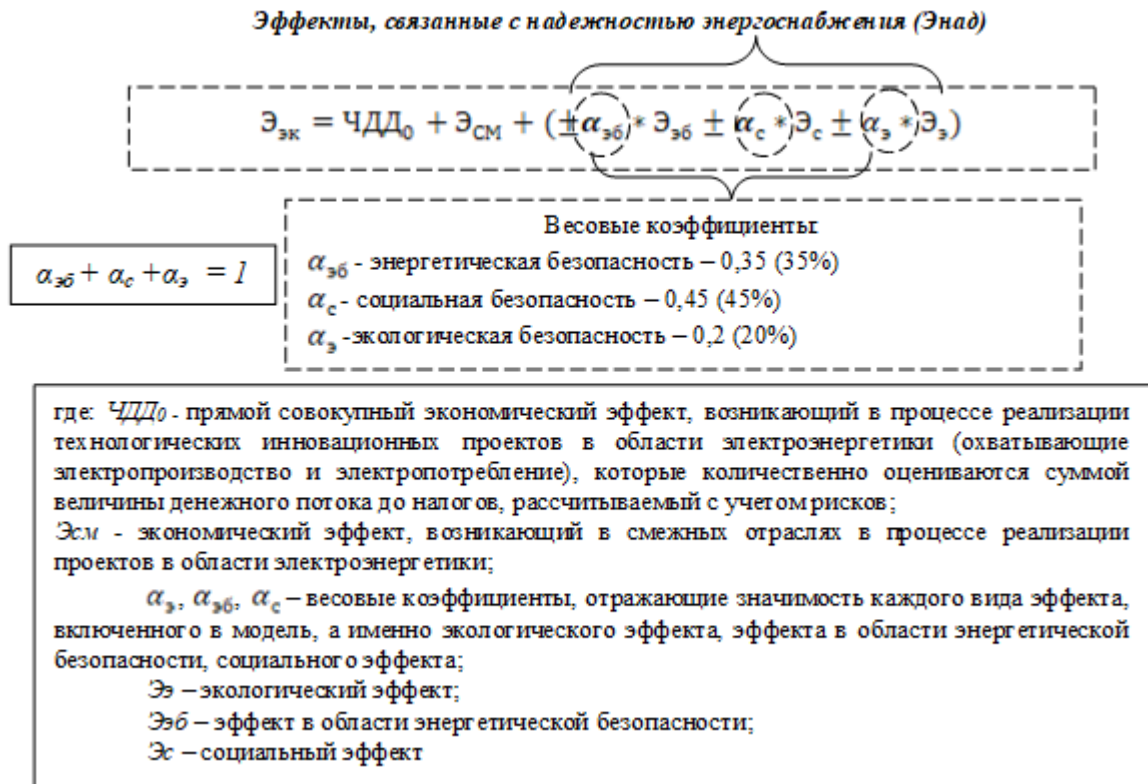
- обеспечение возможности оперативного сравнительного анализа капиталоемких проектов на основе минимально необходимых критериев;
- создание механизма для быстрого реагирования на возникающие инвестиционные возможности или кризисные ситуации в энергетическом секторе;
- научно обоснованная приоритизация инвестиционных проектов, непосредственно влияющих на устойчивость энергоснабжения и качество жизни населения.

Особенностью данного подхода (экспресс-оценка №3) является включение в оценку ущерба ( $\Delta_{ур}$ ) (например, экологического или риск возникновения потерь в следствии отсутствия резервных мощностей) не как самостоятельного взвешенного критерия, а как величины экономического ущерба, выраженного в форме прямых финансовых издержек.

Экологический эффект учитывается опосредованно через такие показатели, как плата за выбросы загрязняющих веществ, экологические штрафы, затраты на природоохранные мероприятия и другие подлежащие денежной оценке экологические обязательства. Это позволяет интегрировать экологическую составляющую в экономическую оценку без усложнения структуры весовых коэффициентов, что соответствует принципам оперативной оценки в условиях временных и информационных ограничений.



Минимальная граница ( $\mathcal{E}_{y(p)min}$ ) – может быть обоснована с позиции действующих норм платы за загрязнение окружающей среды. С позиции авторской логики минимальная граница ущерба при расчете экологического эффекта может быть обоснована действующими нормами платы за загрязнение окружающей среды [294], а максимальная граница – установлена на уровне платы за выбросы  $\text{CO}_2$ .



Источник: составлено автором.

Рисунок 5.19 – Оценка эффективности изменения структурообразующих элементов прогнозного ТЭБ (наиболее целесообразный вариант)

В России, такая плата «на государственном уровне пока не запущена, а ее модель не определена» [94]. Для сравнения: средневзвешенная цена при использовании инструментов добровольного регулирования составляет около \$4 за тонну  $\text{CO}_2$ -эквивалента, указывают эксперты. В то же время средневзвешенные цены СТВ (система торговли выбросами) и ставки углеродного налога — \$25. Опыт пилотного проекта в России есть, и он реализуется в настоящее время: В сентябре 2022 года в России был запущен сахалинский эксперимент. Его целью является

отработка пилотного локального углеродного рынка и достижение углеродной нейтральности в Сахалинской области. В рамках проекта возможно заплатить штраф 1000 руб. за тонну CO<sub>2</sub>-эквивалента. Поэтому при определении максимальной границы ( $\Theta_{y(p)\min}$ ) целесообразно ориентироваться на стоимость углеродной единицы 1000 рублей (2024 г.). Также в качестве минимальной границы может быть рассмотрена плата за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) [332].

Согласно авторской логике, в контексте социального эффекта – *минимальная граница* может быть определена как сумма капитальных вложений в строительство резервной генерирующей мощности, а максимальная – как двухкратное превышение стоимости создания резервной мощности (электрогенерация), которая должна быть дифференцирована по регионам. Также при обосновании должна быть учтена рыночная стоимость компаний энергетического сектора (дисконтированная на горизонте 20 лет).

Чем сильнее повышается капитализация энергетической компании, тем больше у нее появляется возможностей для привлечения ресурсов на реализацию капиталоемких проектов, направленных на формирование резервных генерирующих мощностей, которые являются критическим элементом обеспечения надежности и устойчивости энергосистемы. Для расчета ожидаемого изменения уровня капитализации при реализации инвестиционного проекта ( $\Delta C$ ) целесообразно использовать метод дисконтирования будущих денежных потоков.

$$\Delta C = A + \sum_{t=1}^{20} \frac{\Delta P_t}{(1+r)^t}, \quad (5.5)$$

где:  $A$  – рыночная стоимость совокупных активов компании;

$\Delta P_t$  – изменение чистой прибыли компании в период  $t$  за счет реализации капиталоемкого проекта (по созданию резервных мощностей);

$r$  – ставка дисконтирования.

Экономический эффект, возникающий в смежных отраслях, рассчитывается:

$$\mathcal{E}_{\text{см}} = (M_{\text{и}} + M_{\text{п}}) * \Delta\bar{Д}, \quad (5.6)$$

где:

$M_{\text{и}}$  – динамический инвестиционный мультипликатор;

$M_{\text{п}}$  – производственный мультипликатор;

$\Delta\bar{Д}$  – прирост среднегодовой дисконтированной валовой выручки, которая для новых инвестиционных проектов равен среднегодовой дисконтированной валовой выручке, генерируемой в рамках проекта

Величина инвестиционного мультипликатора рассчитывается:

$$M_{\text{и}} = \sum_1^P \alpha_i * M_i, \quad (5.7)$$

где:

$\alpha_i$  – доля средств, расходуемых на продукцию  $i$  – ой отрасли в структуре суммарных капитальных затрат по проекту,  $\sum_1^P \alpha_i = 1$ ;

$M_i$  – производственный мультипликатор  $i$  – ой отрасли;

$P$  – количество отраслевых направлений, выделенных в составе капитальных затрат по проекту.

Самые высокие значения простых мультипликаторов характерны для обрабатывающей промышленности и распределения электроэнергии, газа и воды: 1,59 и 2,11 соответственно (2019 г.) [380]. Ситуация относительно полных мультипликаторов для агрегированных отраслей РФ за аналогичный период сохраняется: обрабатывающие производства – 2,51, а производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 2,75. Полные индикаторы, учитывающие индуцированные эффекты, существенно выше величин простых мультипликаторов. На национальном уровне для агрегированных отраслей это превышение составляет в среднем 23% [380].

Анализ мультипликаторов по российским энергетическим компаниям, сделанный на основе отчета компании Kert [399] показал существенный разброс мультипликаторов внутри компаний энергетического сектора (табл.5.5).

Включение динамического инвестиционного мультипликатора в оценку структурных изменений в ТЭБ требует комплексного подхода, учитывающего отраслевую специфику, региональные особенности и временные параметры. На основе анализа российских компаний можно построить дифференцированную систему коэффициентов для различных сценариев развития энергетического сектора. Динамический инвестиционный мультипликатор — это экономический показатель, который количественно оценивает совокупное воздействие инвестиционных вложений на экономическую систему с учетом временных лагов, отраслевых особенностей и структурных взаимосвязей.

Обрабатывающая промышленность и электроэнергетика демонстрируют наиболее значимые мультипликативные эффекты в экономике, что подтверждает их системообразующую роль. Значения простых мультипликаторов (1,59 и 2,11 соответственно) и полных мультипликаторов (2,51 и 2,75) свидетельствуют о высокой способности этих отраслей генерировать дополнительные экономические активности в смежных секторах.

Таблица 5.5 – Сравнительный анализ мультипликаторов по отраслям (2022–2024 гг.)

| №                                                                                                                                                         | Отрасль                    | EV/EBITDA                                |                                         | EV/Выручка |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------|----------|
|                                                                                                                                                           |                            | Медиана                                  | Диапазон                                | Медиана    | Диапазон |
| 1                                                                                                                                                         | Гидрогенерация (Рус-Гидро) | 7,2х                                     | 7,2х                                    | 0,73х      | 0,73х    |
| 2                                                                                                                                                         | Атомная генерация (оценка) | 7,9х*                                    | 5,5–10,4х                               | 2,6х       | 1,4–3,8х |
| 3                                                                                                                                                         | Газовая генерация          | 3,7х                                     | 1,6–4,0х                                | 0,67х      | 0,6–0,7х |
| 4                                                                                                                                                         | Электросети (Россети)      | 2,1х                                     | 1,1–17,6х (наибольший разброс значений) | 1,4–1,5х   | 0,2–1,9х |
| Высокие мультипликаторы часто связаны с низкой рентабельностью или высокой долговой нагрузкой. Более стабильно себя показывают гидро- и газовая генерация |                            |                                          |                                         |            |          |
| Отраслевой рейтинг по медиане EV/EBITDA                                                                                                                   |                            |                                          |                                         |            |          |
| 1                                                                                                                                                         | Угольная генерация         | 6,1х                                     |                                         |            |          |
| 2                                                                                                                                                         | Гидрогенерация             | 7,2х                                     |                                         |            |          |
| 3                                                                                                                                                         | Газовая генерация          | 3,7х                                     |                                         |            |          |
| 4                                                                                                                                                         | Электросети                | 2,1х (наблюдается очень большой разброс) |                                         |            |          |
| 5                                                                                                                                                         | Энергосбыт                 | 2,1х                                     |                                         |            |          |

\* Среднее между 5.5х и 10.4х

Источник: составлено автором по [399].

Производство и распределение электроэнергии, газа и воды обладает максимальным мультипликативным потенциалом среди анализируемых отраслей (полный мультипликатор 2,75), что подчеркивает особую значимость энергетического сектора как катализатора экономического развития.

Макроэкономический эффект форсированного развития электропроизводства представляет собой мультипликативное изменение масштабов производства в стране под влиянием ценовой и инвестиционной политики в электроэнергетике как системообразующей отрасли. Данный эффект включает в себя две противоположно направленные составляющие, формирующие результирующее воздействие на экономическую динамику:

1. *Ускорение динамики экономики страны* за счет роста инвестиций в электроэнергетический комплекс, который стимулирует развитие смежных отраслей (машиностроение, строительство, металлургия), создает новые рабочие места, увеличивает налоговые поступления и способствует технологической модернизации экономики в целом.

2. *Торможение динамики экономики страны* вследствие потенциального удорожания электроэнергии как ключевого производственного ресурса, что может привести к росту издержек в энергоемких отраслях, снижению их конкурентоспособности, инфляционному давлению и ограничению потребительского спроса.

Оценка макроэкономического эффекта от форсированного развития электропроизводства требует комплексного анализа баланса между стимулирующим влиянием инвестиционных вливаний и сдерживающим воздействием возможного роста тарифов на электроэнергию. Этот баланс напрямую зависит от выбранной модели финансирования модернизации электроэнергетики, эффективности реализации инвестиционных проектов и способности отрасли обеспечивать рост генерации без пропорционального увеличения стоимости энергии для конечных потребителей.

Под макроэкономическим эффектом часто понимают чувствительность динамики ВВП к возмущениям со стороны рассматриваемой отрасли. В общем

виде мультипликатор инвестиций по ВВП ( $M_{и}^{ВВП}$ ) определяет, насколько рублей изменится ВВП при увеличении капиталовложений ( $K$ ) в отрасли на 1 руб. [326]:

$$M_{и}^{ВВП} = \frac{\Delta ВВП}{\Delta K} \quad (5.8)$$

Так, по расчетам О.В. Мазуровой (институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН) «при 1%-ном дефиците мощности от требуемого количества электроэнергии (примерно 15 млрд кВт\*ч) среднегодовые потери ВВП составят 0,2–0,4%, то есть 405 руб. на каждый рубль стоимости недопоставленной электроэнергии. Дефицит в электроэнергии может привести к сокращению объемов производства промышленной продукции в размере 570–960 млрд. руб. и строительно-монтажных работ на 1110–150 млрд. руб. Через производственные связи это негативное влияние распространяется и на другие отрасли. В целом прогнозируемый ущерб в экономике (2025-2030гг.) может находиться в интервале от 830 до 1100 млрд. руб.» [213].

Приоритетность инвестиций в электроэнергетику получает дополнительное обоснование, учитывая, что данная отрасль обладает наибольшим мультипликативным потенциалом. Это свидетельствует о том, что инвестиции в энергетический сектор способны генерировать максимальный совокупный экономический эффект. Однако, необходимо отметить, что, решая вопросы привлечения инвестиций в электроэнергетику требуется учитывать специфику российской энергетической системы, которая заключается в том, что 80 % генерирующих и сетевых мощностей находящиеся в государственной собственности.

Безусловно, инвестиции в энергетический сектор способны генерировать максимальный совокупный экономический эффект с макроэкономической точки зрения. Энергетика, будучи фундаментальной инфраструктурной отраслью, обладает свойством создавать значительные прямые и косвенные эффекты во всей производственной цепочке. Капиталовложения в генерацию, сети и повышение

эффективности не только увеличивают физический объем доступной энергии, но и стимулируют спрос в смежных отраслях (например, машиностроении, строительстве, металлургии), а также создают условия для роста в энергозависимых секторах, таких как промышленность, транспорт и, что особенно актуально, цифровая экономика. Этот мультипликативный эффект является ключевым аргументом в пользу увеличения инвестиционных ресурсов именно в энергетике.

Автор придерживается точки зрения, что на сегодняшний день нет четкого механизма реализации привлечения инвестиционных ресурсов в энергетический сектор. Тот факт, что 80% энерго мощностей контролируются государством, обуславливает, что главным субъектом, ответственным за инвестиционные решения в отрасли, является не частный капитал, ориентированный на рыночную доходность, а государство, руководствующееся более широким набором критериев, включая стратегическую безопасность, социальную стабильность и долгосрочное региональное развитие. Потенциал мультипликативного эффекта не может быть реализован только рыночными силами. Он требует целенаправленной, скоординированной государственной политики.

Таким образом, признание мультипликативного эффекта от развития энергетики должно быть дополнено пониманием того, что его раскрытие в российских условиях напрямую зависит от качества государственного управления этими активами. Государство, обладая контрольным пакетом, несет прямую ответственность за формирование инвестиционной программы, способной этот эффект актуализировать. Это подразумевает необходимость перехода к разработке и реализации комплексной государственной инвестиционной стратегии в энергетике. Такая стратегия должна быть нацелена не просто на поддержание существующих мощностей, а на их качественную трансформацию с учетом вызовов цифровизации, декарбонизации и пространственного развития, где мультипликативный эффект будет сознательно закладываться в логику каждого проекта.

В контексте анализа государственной собственности на энергетические активы необходимо отметить существенную институциональную проблему, которая может нивелировать потенциальные преимущества. Речь идет о выраженной ведомственной разобщенности, которая проявляется в рассогласованности действий ключевых министерств и ведомств, ответственных за формирование инвестиционного климата и реализацию инфраструктурных проектов. Наблюдается ситуация, когда Министерство финансов Российской Федерации, выполняя свои бюджетно-распределительные функции, регулярно объявляет конкурсные процедуры (тендеры) на строительство и реконструкцию энергетических объектов в регионе, однако данные мероприятия не находят отклика у потенциальных подрядчиков и инвесторов. Одной из причин складывающейся ситуации может быть отсутствие комплексного подхода: объявляя тендер, Минфин, как правило, не предусматривает сопутствующих мер финансовой поддержки (или их необходимого объема), таких как субсидирование процентных ставок по кредитам, предоставление инвестиционных налоговых кредитов или компенсация части капитальных затрат. В условиях высокой стоимости заемного капитала, длительных сроков окупаемости энергетических проектов и повышенных рисков, характерных для некоторых регионов (например, Дальнего Востока, Якутии), чисто конкурсные механизмы без элементов государственного софинансирования оказываются нежизнеспособными.

Таким образом, существует объективная потребность в модернизации энерго мощностей для обеспечения будущих энергоемких потребителей, но рыночные агенты отказываются участвовать в проектах, финансовые параметры которых не компенсируют сопутствующие риски и издержки.

В качестве одного из возможных решений данной ситуации может выступать механизм целевого направления части дивидендных потоков, выплачиваемых государственными энергетическими компаниями в федеральный бюджет, на финансирование стратегических инфраструктурных проектов в регионах их присутствия.



С 2021 года действует распоряжение правительства, согласно которому на дивиденды направляется 50% от чистой прибыли госкомпаний. При этом правительство имеет право принимать другие решения и отходить от этих параметров с учетом расходов конкретной компании на инвестиционные программы [301].

Государство как собственник получает доход от своих активов в форме дивидендов, и логично, что часть этого дохода должна быть реинвестирована для поддержания и увеличения стоимости этих активов в долгосрочной перспективе. Практически, это позволило бы создать внебюджетный, но при этом контролируемый государством фонд развития энергетической инфраструктуры (может быть создание в региональном аспекте).

Для приоритетных проектов по строительству и модернизации энергообъектов целесообразно установить норму отчислений (например, 25-30%) от планируемых к получению дивидендов от госкомпаний топливно-энергетического комплекса, а в случае повышенной значимости и критичности создаваемых генерирующих мощностей рассматривать целесообразность 100% направления дивидендов на реализации энергетических проектов (это могут быть проекты, направленные на обеспечение электроэнергией удаленных, труднодоступных регионов).

Эти средства не консолидировались бы в общем доходе бюджета, а направлялись бы в целевой фонд. Проекты из утвержденной программы могли финансироваться из этого фонда на условиях софинансирования, например, в форме грантов на покрытие части капитальных затрат, что резко повысило бы их инвестиционную привлекательность для частных подрядчиков.

Использование данного механизма, во-первых, снимет остроту проблемы ведомственной разобщенности, создавая связь между источником средств (прибыль энергоактивов), органом, определяющим стратегию (отраслевые министерства), и конечным инфраструктурным проектом. Во-вторых, он обеспечивает стабильный и предсказуемый источник финансирования, не подверженный в той же степени ежегодным бюджетным колебаниям. В-третьих,

он повышает ответственность государственных компаний за долгосрочное развитие территорий, на которых они работают, так как часть их финансового результата напрямую конвертируется в улучшение инфраструктурной среды.

В 2026 году можно наблюдать первые шаги по использованию данного механизма финансирования капиталоемких проектов в развитие энергетики. По словам вице-премьера РФ Ю. Трутнева, курирующего развитие дальневосточных регионов: «В России приняли решение не выплачивать дивиденды акционерам РусГидро по итогам 2026 г., а направить эти средства на инвестиции в энергетику Дальнего Востока» [300].

Таким образом, методика экспресс-оценки структурных изменений в прогнозном ТЭБ выступает связующим звеном между стратегическим видением развития энергетики как основы для экономического роста и практическими механизмами его реализации.

Особенности оценки эффективности управления структурообразующими элементами прогнозного ТЭБ, включая, например, такие компоненты как угольная генерация нового поколения, объекты распределенной энергетики и цифровая инфраструктура, требуют перехода к более высокому уровню системного анализа. Для комплексной оценки влияния изменений в структуре ТЭБ на экономику страны, а также для определения оптимальных пропорций распределения энергетических ресурсов между различными секторами, необходимо рассмотрение методологии межотраслевого баланса (МОБ). Данный инструмент позволяет преодолеть ограниченность отраслевого подхода, обеспечивая анализ прямых и косвенных взаимосвязей между энергетическим комплексом и другими отраслями экономики [96, 101, 155, 163].

Макроэкономический эффект форсированного развития электропроизводства представляет собой взаимосвязанное и взаимообусловленное изменение масштабов производства в стране под влиянием ценовой и инвестиционной политики в электроэнергетике. Данный эффект включает в себя две противоположно направленные составляющие, формирующие результирующее воздействие на экономическую динамику:

- ускорение динамики экономики страны за счет роста инвестиций в электроэнергетический комплекс, который стимулирует развитие смежных отраслей (машиностроение, строительство, металлургия), создает новые рабочие места, увеличивает налоговые поступления и способствует технологической модернизации экономики в целом;

- торможение динамики экономики страны вследствие потенциального удорожания электроэнергии как ключевого производственного ресурса, что может привести к росту издержек в энергоемких отраслях, снижению их конкурентоспособности, инфляционному давлению и ограничению потребительского спроса.

Инвестиции в электроэнергетический комплекс оказывают существенное мультипликативное воздействие на экономический рост экономики. Согласно проведенным оценкам, 1 рубль инвестиций в электроэнергетику генерирует в долгосрочной перспективе прирост ВВП в размере 2,2 рубля [70]. Данный мультипликативный эффект реализуется преимущественно через стимулирование выпуска в смежных отраслях экономики, в первую очередь в машиностроении и строительстве, что обусловлено высоким уровнем межотраслевых связей и капиталоемкостью проектов в электроэнергетическом секторе (рис.5.20).

Эффект от инвестиций может быть увеличен за счет усиления локализации оборудования 1 рубль инвестиций в электроэнергетику дает 2,2 руб. в ВВП (в долгосрочной перспективе). За счет усиления локализации оборудования можно достигнуть 2,55 руб.

В контексте формирования стратегических сценариев развития энергетического комплекса и оценки их влияния на экономическую безопасность существенное значение приобретает анализ рыночных индикаторов, отражающих инвестиционную привлекательность и финансовую устойчивость ключевых игроков энергетического сектора. Одним из инструментов такой оценки является анализ мультипликаторов стоимости компаний, в частности соотношений (EV) к EBITDA и EV к Выручке. Эти показатели позволяют оценить, как рынок капитала воспринимает будущие денежные потоки и потенциал роста публичных компаний

в условиях меняющейся конъюнктуры, технологических трансформаций и регуляторных изменений.

Проведение обзора и оценки мультипликаторов EV/EBITDA и EV/Выручка для публичных компаний российской энергетики представляется необходимым для решения нескольких взаимосвязанных задач.



Источник: Росстат, расчеты Высшей школы экономики.

Рисунок 5.20 – Доля и мультипликаторы инвестиций в сектор электроэнергетики [70]

Во-первых, это позволяет количественно оценить влияние различных сценариев изменения ТЭБ (включая рассмотренный сценарий модернизации угольной генерации) на капитализацию и инвестиционную привлекательность отраслевых компаний. Во-вторых, сравнение мультипликаторов российских компаний с международными аналогами позволяет выявить существующий «дисконт» или «премию», обусловленные страновыми и отраслевыми

специфическими рисками, что является важным индикатором для привлечения инвестиций, необходимых для реализации масштабных программ модернизации.

Таким образом, интеграция анализа рыночных мультипликаторов в исследование методологии формирования прогнозного ТЭБ может быть рассмотрена как связующее звено между макроэкономическим и отраслевым стратегическим планированием и реальными процессами оценки стоимости бизнеса на финансовых рынках. Это позволяет перевести стратегические цели обеспечения энергетической безопасности в плоскость конкретных финансовых показателей, понятных инвесторам.

В подготовленном и опубликованном АО «Кэпт» обзоре мультипликаторов компаний энергетического сектора в России представлены медианные показатели мультипликаторов электроэнергетических компаний по состоянию на 30 июня 2024 г (таблица 5.6) и коэффициенты использования установленной мощности станций по типам генерации (рис. 5.21).

Таблица 5.6 – Медианные показатели мультипликаторов электроэнергетических компаний по состоянию на 30 июня 2024 г (млн долл. США) [399]

| Сектор                  | EV/Выручка <sup>14</sup> |      |      | EV/EBITDA <sup>15</sup> |      |      |
|-------------------------|--------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
|                         | 2022                     | 2023 | 2024 | 2022                    | 2023 | 2024 |
| 1                       | 2                        | 3    | 4    | 5                       | 6    | 7    |
| Электросетевые компании | 0,42                     | 0,50 | 0,45 | 2,0                     | 2,3  | 2,1  |
| Гидрогенерация          | 1,29                     | 1,22 | 0,73 | 6,5                     | 5,4  | 7,2  |
| Газовая генерация       | 0,81                     | 0,61 | 0,67 | 4,0                     | 3,9  | 3,7  |
| Угольная генерация      | 0,80                     | 0,92 | 0,68 | 7,4                     | 6,1  | 6,8  |
| Энергосбытовые компании | 0,06                     | 0,15 | 0,11 | 1,8                     | 3,8  | 2,1  |

*Источники: финансовая отчетность компаний, данные аналитических агентств, анализ Керт.*

Сравнительный анализ генерирующих секторов показал, что угольная генерация имеет наиболее высокие значения EV/EBITDA среди всех секторов (6,1–

<sup>14</sup> EV/Выручка – показывает сколько инвесторы готовы заплатить за каждый рубль выручки компании. Низкий уровень – может указывать на недооцененность компании, а высокий — на её переоценённость.

<sup>15</sup> EV/EBITDA – соотношение справедливой стоимости компании (с учётом её долгов и денежных средств на их погашение) к её прибыли до вычетов налогов, процентов и амортизации. Показывает, сколько прибыли до уплаты процентов, налогов и амортизации должна заработать компания, чтобы окупить свою рыночную цену

7,4), что указывает на относительно высокую рыночную оценку операционной эффективности, несмотря на экологические вызовы. При этом динамика EV/Выручка отражает определенную устойчивость спроса на угольную генерацию.

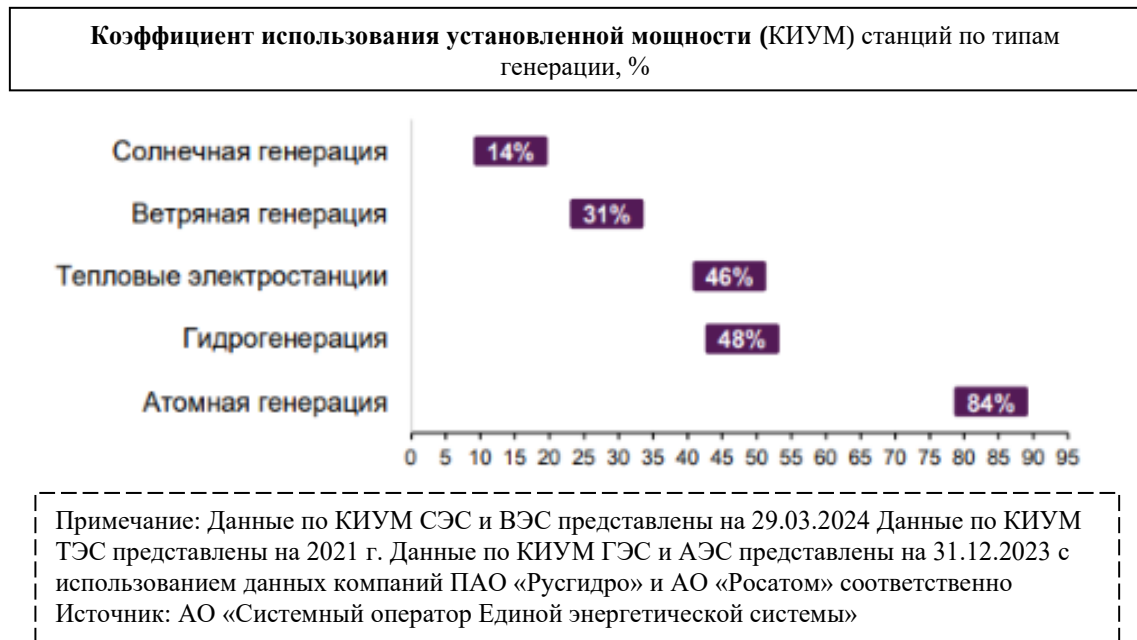


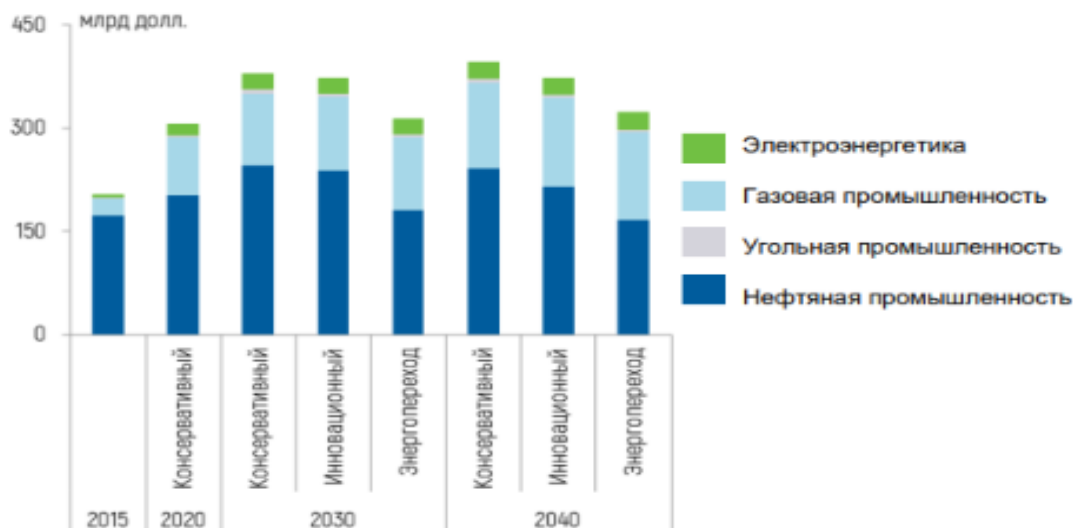
Рисунок 5.21 – КИУМ станций по типам генерации, % [399]

Угольная генерация сохраняет относительно высокую инвестиционную привлекательность с точки зрения операционной эффективности (высокие значения EV/EBITDA), что подтверждает тезис о ее экономической значимости, несмотря на экологические вызовы. Данный анализ подтверждает необходимость учета рыночных оценок различных сегментов энергетики при формировании прогнозного ТЭБ, так как они отражают инвестиционные предпочтения и ожидания относительно будущей доходности различных видов генерации.

Общая динамика мультипликаторов отражает адаптацию энергетического сектора к изменяющимся рыночным условиям и регуляторным требованиям.

Интегральный (народнохозяйственный) эффект включает в себя прямой и косвенный (макроэкономический) эффекты, причем косвенный эффект может в разы превышать прямой.

Согласно прогнозу развития энергетики мира и России [310] динамика ВВП, произведенного ТЭК РФ представлена на рис.5.22., а динамика капитальных вложений в энергетические отрасли и рост энергосбережения в России на рис.5.23. О том, что необходимо «кратное увеличение капитальных вложений в энергетическое хозяйство потребителей» отмечается также в работе А.А. Макарова [216].



Источник: ИНЭИ РАН.

Рисунок 5.22 – Динамика ВВП, произведенного ТЭК России [308]  
(ретроспективный и прогнозный период)

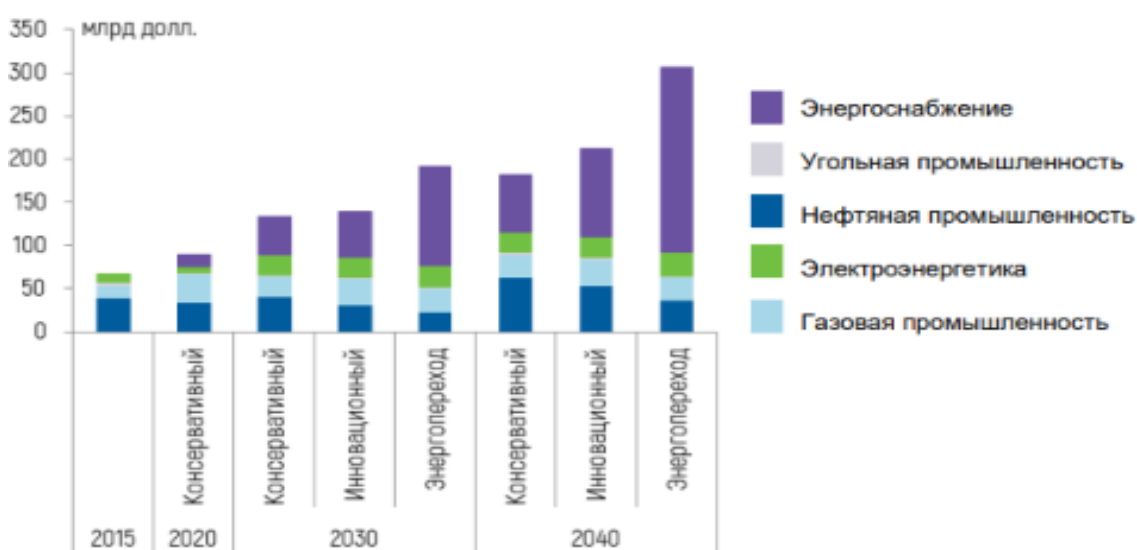


Рисунок 5.23 – Динамика капитальных вложений в энергетические отрасли и рост энергосбережения в России [308]

Согласно данному прогнозу, «снижение энергоемкости целесообразно рассматривать в качестве одного из ключевых факторов адаптации России к трансформации мировой энергетики. Реализация экономически оправданных в российских условиях мер интенсификации энергосбережения позволит с учетом мультипликативных эффектов увеличить ВВП страны на 30% к 2040 году» [308].

Каждая из этих составляющих, интегрированная в единую систему стратегического планирования на основе прогнозного ТЭБ, выступает не только как источник энергоснабжения, но и как точка роста для смежных секторов: машиностроения, строительства, научно-исследовательского комплекса, транспортной и социальной инфраструктуры. Следовательно, мультипликативный эффект от развития структурообразующих элементов ТЭБ проявляется через цепочку межотраслевых связей, увеличение совокупного спроса, повышение производительности труда и улучшение инвестиционного климата в соответствующих регионах. Таким образом, прогнозный ТЭБ трансформируется из инструмента учета энергетических потоков в стратегическую матрицу для управления комплексным экономическим развитием, где оптимизация баланса напрямую коррелирует с максимизацией интегрального вклада энергетического сектора в долгосрочный рост ВВП.

Трансформация структурообразующих элементов ТЭБ инициирует сложные сопряженные эффекты в социально-экономической системе, формируя комплекс взаимосвязанных изменений на межотраслевом и межсекторном уровнях.

Предложенная методическая основа оценки структурных изменений ТЭБ в среднесрочной и долгосрочной перспективе может стать основой для обоснования мер государственной поддержки, системы льготирования для создания благоприятных инвестиционных условий и форсированного развития приоритетных структурообразующих элементов ТЭБ.

В контексте формирования прогнозного ТЭБ оценка программно-целевых мер инвестиционного характера на основе мультипликаторов приобретает особое значение. Она позволяет спрогнозировать не только прямые последствия капиталовложений в структурообразующие элементы ТЭБ, например в



модернизацию угольной генерации или развитие цифровой инфраструктуры, но и их косвенные и индуцированные эффекты на смежные отрасли, доходы населения и, как следствие, на конечный спрос на энергоресурсы.

Это создает основу для построения более точных и сбалансированных прогнозных сценариев, где инвестиционные решения в энергетическом секторе рассматриваются не изолированно, а как часть общей динамики социально-экономического развития.

Значения мультипликаторов в основных отраслях экономики представлены в таблице 5.7 и более подробно рассматриваются в работе А. О. Баранова, А. В. Гореева [78].

Как отмечают А. О. Баранов и А. В. Гореев «данные табл. 5.7 показывают, что динамические мультипликаторы по видам экономической деятельности существенно отличаются от стандартных статических (значение мультипликатора за 2023 г.). Расчет динамических мультипликаторов дает возможность оценить влияние инвестиционных расходов на отраслевую и макроэкономическую динамику в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Таблица 5.7 – Инвестиционные динамические мультипликаторы на 2023 г. и 2032 г. по видам экономической деятельности, ранги мультипликаторов и их изменение (фрагмент)

| Вид деятельности                                          | 2023 г.<br>(статический<br>мультипликатор) | 2032 г.<br>(динамический<br>мультипликатор) | Ранг мультипликатора на 2023 г. | Ранг мультипликатора на 2032 год |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1                                                         | 2                                          | 3                                           | 4                               | 5                                |
| Производство машин и оборудования                         | 1,87                                       | 4,94                                        | 13                              | 29                               |
| Строительство зданий и сооружений                         | 1,9                                        | 5,1                                         | 5                               | 10                               |
| Добыча газа                                               | 1,75                                       | 4,98                                        | 34                              | 21                               |
| Добыча нефти                                              | 1,75                                       | 4,98                                        | 33                              | 23                               |
| Добыча прочих топливно-энергетических полезных ископаемых | 1,84                                       | 4,78                                        | 20                              | 33                               |
| Добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических | 1,84                                       | 4,78                                        | 20                              | 33                               |
| Производство кокса                                        | 1,74                                       | 4,96                                        | 36                              | 27                               |
| Производство нефтепродуктов                               | 1,79                                       | 5,06                                        | 31                              | 14                               |

Окончание таблицы 5.7

| 1                                                                                                                                                                                                         | 2    | 3    | 4  | 5  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----|----|
| Химическое производство. Производство резиновых и пластмассовых изделий                                                                                                                                   | 1,82 | 5,06 | 23 | 12 |
| Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха                                                                                                                              | 1,8  | 4,9  | 30 | 30 |
| Сбор, очистка и распределение воды                                                                                                                                                                        | 1,78 | 4,98 | 32 | 22 |
| Сбор и обработка сточных вод; Обработка и утилизация отходов, обработка вторичного сырья; Предоставление услуг в области ликвидации последствий загрязнений и прочих услуг, связанных с удалением отходов | 1,81 | 4,83 | 27 | 31 |
| Государственное управление и обеспечение военной безопасности. Социальное обеспечение                                                                                                                     | 1,8  | 5,06 | 29 | 13 |
| Образование                                                                                                                                                                                               | 1,88 | 5,07 | 8  | 11 |
| Научные исследования и разработки (НИОКР)                                                                                                                                                                 | 1,86 | 5,12 | 15 | 5  |
| Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг                                                                                                                                       | 1,82 | 5,03 | 22 | 19 |
| Домашние хозяйства                                                                                                                                                                                        | 1,86 | 5,39 | 14 | 1  |

*Источник: работа Баранова А.О., Гореева А.В. [78].*

Это открывает возможности принятия более обоснованных решений относительно отраслевой структуры государственных инвестиционных расходов, осуществляемых с целью ускорения экономического роста» [78].

Альтернативный подход к оценке макроэкономических эффектов, основывающийся не на использовании классических межотраслевых моделей и в целом межотраслевого баланса предложен В. А. Малаховым «С проблемой оценки мультипликативных эффектов при изменениях структуры экономики на длительном интервале помогает справиться сценарный подход, т. е. разработка сценария развития экономики страны на долгосрочную перспективу. В результате мультипликативный макроэкономический эффект определяется при помощи сравнения расчетных значений ключевых показателей отечественной экономики по двум сценариям (таблица 5.8)» [218].

Анализ данных таблицы 5.8 позволяет сделать следующие выводы:

- на всем прогнозном горизонте рассматривается существенная зависимость экономического роста от цен на энергоносители. Данные демонстрируют высокую чувствительность роста ВВП к колебаниям цен на газ и электроэнергию.

Коэффициент чувствительности ВВП к цене электроэнергии (-0.150 в 2030 г. и -0.107 в 2050 г.) значительно превышает чувствительность к цене газа (-0.084 в 2030 г. и -0.069 в 2050 г.).

Таблица 5.8 – Коэффициенты чувствительности роста ВВП к изменению различных факторов (на основе сценарного подхода) [218]

| Факторы, обуславливающие колебания ВВП                                                                                                   | 2030   | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1                                                                                                                                        | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| <b>Опорный сценарий</b> (соответствует базовым оценкам МЭР на период до 2036 г. и Стратегии низкоуглеродного развития России до 2050 г.) |        |        |        |        |        |
| Реальный рост ВВП за период, % к 2025 г.                                                                                                 | 115,1  | 133,3  | 154,5  | 179,1  | 207,6  |
| Индекс внутренней цены газа (5% в год), % отн. 2025 г.                                                                                   | 127,7  | 162,9  | 208,0  | 265,4  | 338,8  |
| Индекс цены электроэнергии (по ИПЦ), % отн. 2025 г.                                                                                      | 121,7  | 148,1  | 180,2  | 219,2  | 266,7  |
| Годовые капвложения в электроэнергетике, млрд. руб. в ценах 2021 г                                                                       | 928,1  | 1356,5 | 1496,9 | 1487,1 | 1650,5 |
| <b>Возмущение цены газа относительно опорного сценария</b>                                                                               |        |        |        |        |        |
| - Δ индекса цены газа, п.п.                                                                                                              | 6,2    | 16,1   | 31,7   | 55,3   | 90,4   |
| - Δ роста ВВП, п.п.                                                                                                                      | -0,5   | -1,3   | -2,4   | -4,1   | -6,3   |
| Коэффициент чувствительности роста ВВП, %/%                                                                                              | -0,084 | -0,081 | -0,076 | -0,073 | -0,069 |
| <b>Возмущение цены электроэнергии относительно опорного сценария</b>                                                                     |        |        |        |        |        |
| - Δ индекса цены, п.п.                                                                                                                   | 23,3   | 56,4   | 118,4  | 157,0  | 210,0  |
| - Δ роста ВВП, п.п.                                                                                                                      | -3,5   | -7,7   | -13,9  | -17,9  | -22,5  |
| Коэффициент чувствительности роста ВВП, %/%                                                                                              | -0,150 | -0,137 | -0,117 | -0,114 | -0,107 |
| <b>Возмущение капвложений в электроэнергетике</b>                                                                                        |        |        |        |        |        |
| - Δ годовых капвложений, млрд. руб. в ценах 2021 г.                                                                                      | 130,5  | 365,5  | 447,5  | 424,4  | 478,8  |
| - Δ роста ВВП, п.п.                                                                                                                      | 0,4    | 2,3    | 3,6    | 4,6    | 6,0    |
| <b>Одновременное действие всех факторов</b>                                                                                              |        |        |        |        |        |
| - Рост ВВП за период, % к 2025 г.                                                                                                        | 111,5  | 128,5  | 142,9  | 163,8  | 188,5  |
| - Δ с опорным сценарием, п.п.                                                                                                            | -3,6   | -4,8   | -11,6  | -15,3  | -19,1  |

Это указывает на то, что электроэнергия как универсальный энергоноситель оказывает более сильное сдерживающее влияние на экономическую динамику при росте своей стоимости. Данный факт подтверждает тезис о критической важности управления стоимостью и доступностью электроэнергии для обеспечения долгосрочных темпов экономического роста, особенно в контексте цифровизации;

- инвестиции в электроэнергетику в прогнозном периоде необходимо рассматривать как драйвер экономического развития. Положительная связь между увеличением капитальных вложений в электроэнергетику и ростом ВВП

свидетельствует о мультипликативном эффекте энергетических инвестиций. Это обосновывает необходимость активной государственной политики, направленной на стимулирование капитальных затрат в отрасль, включая модернизацию генерирующих мощностей и сетевой инфраструктуры. Прогнозируемый рост годовых капвложений с 928 млрд руб. в 2030 г. до 1650 млрд руб. в 2050 г. (в ценах 2021 г.) подчеркивает масштаб требуемых ресурсов;

- прослеживается тенденция формируемого кумулятивного негативного эффекта от одновременного роста цен и необходимости инвестиционных вложений. Наиболее показательным является сценарий одновременного действия всех факторов (рост цен на газ и электроэнергию при увеличении капвложений). Несмотря на стимулирующий эффект от инвестиций, совокупное негативное влияние роста тарифов приводит к значительному отставанию ВВП от опорного сценария: на 3.6 п.п. в 2030 г. и на 19.1 п.п. к 2050 г. Это указывает на то, что бремя финансирования масштабной модернизации электроэнергетики, переложенное на потребителей через тарифы, может стать серьезным сдерживающим фактором для экономики. Следовательно, необходимы альтернативные, нетарифные источники и механизмы финансирования энергоперехода (например, средства федерального бюджета, «зеленое» финансирование и т.д.);

- прослеживается необходимость структурной перестройки ТЭБ в пользу снижения энергоемкости ВВП. Высокая чувствительность экономики к цене электроэнергии косвенно свидетельствует о сохраняющейся высокой энергоемкости ВВП. Для смягчения этого риска в долгосрочной перспективе стратегия развития должна включать не только наращивание предложения энергии, но и существенное повышение энергоэффективности во всех секторах экономики. Это позволит снизить коэффициент чувствительности и повысить устойчивость роста к колебаниям цен на энергоносители.

Таким образом, коэффициенты чувствительности роста ВВП к изменению различных факторов могут быть связаны с оценкой программно-целевых мер, направленных на достижение прогнозной структуры ТЭБ, через

концепцию динамических мультипликаторов, формируя тем самым интегрированную систему оценки эффективности энергетической политики.

Межотраслевой баланс предоставляет аналитический аппарат для оценки мультипликативных эффектов, возникающих при трансформации структуры ТЭБ, включая влияние на занятость, добавленную стоимость в смежных отраслях, динамику цен и общую макроэкономическую сбалансированность. Интеграция прогнозного ТЭБ в модель межотраслевого баланса позволяет количественно оценить, как инвестиции в модернизацию, например, угольной генерации или развитие энергоемких дата-центров отражаются на производственных цепочках в машиностроении, строительстве, транспорте и сфере услуг. Таким образом, переход к рассмотрению МОБ является логическим развитием методологии управления прогнозным ТЭБ, переводя анализ с уровня оптимизации внутренней структуры энергетического комплекса на уровень оценки его системной роли в обеспечении устойчивого социально-экономического развития страны.

Схема межотраслевого баланса содержит три раздела (рис.5.24).

|                         |                             |   | Промежуточный спрос |   |   |   |   |   |   |   | Конечный спрос       |            |                |
|-------------------------|-----------------------------|---|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|------------|----------------|
|                         |                             |   | Отрасли-потребители |   |   |   |   |   |   |   | Конечное потребление | Накопление | Чистый экспорт |
|                         |                             |   | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |                      |            |                |
| Отрасли - производители | Сельское хозяйство          | 1 | I раздел            |   |   |   |   |   |   |   | II раздел            |            |                |
|                         | Добыча                      | 2 |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
|                         | Промышленность              | 3 |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
|                         | Строительство               | 4 |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
|                         | Торговля                    | 5 |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
|                         | Транспорт и связь           | 6 |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
|                         | Услуги                      | 7 |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
|                         | Прочее                      | 8 |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
| ВДС                     | Заработная плата            |   | III раздел          |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
|                         | Предпринимательская прибыль |   |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |
|                         | Налоги                      |   |                     |   |   |   |   |   |   |   |                      |            |                |

Рисунок 5.24 – Схема межотраслевого баланса [71]

Первый раздел, включающий промежуточное потребление, показывает стоимость всех товаров и рыночных услуг, потребленных в производственных целях. Во втором разделе представлено конечное использование товаров и услуг,

валовое накопление и чистый экспорт товаров и услуг. Третий раздел содержит стоимостную структуру валовой добавленной стоимости (ВДС). Важными стоимостными компонентами НДС (по строкам) являются оплата труда наемных работников, валовая прибыль, валовой смешанный доход, налоги и субсидии, связанные с производством, потребление основного капитала, налоги и субсидии на продукты.

Общие итоги и элементы валовой добавленной стоимости по отраслям экономики в межотраслевом балансе корреспондируют со счетом образования доходов СНС и являются контрольными. Итоги валовой добавленной стоимости по отраслям МОБ рассчитываются двумя методами: как разница между валовым выпуском и промежуточным потреблением и как сумма элементов добавленной стоимости. В работе Е. Н. Ведуты отмечено, что «для построения межведомственного или межотраслевого баланса, в котором отрасли соответствуют ведомственной структуре и в котором счета хозяйствующих субъектов увязаны с балансами секторов экономики (домашних хозяйств, государства, «остальной мир») требуется системный подход к определению показателей «затраты-выпуск». Такая симметричная таблица межотраслевого-межсекторного (МОСБ) разработана отечественным ученым, экономистом-кибернетиком Н.И.Ведутой» [96, 97]. Схема МОСБ в разрезе отраслей и секторов экономики представлена в таблице 5.9. С целью демонстрации возможной интеграции ТЭБ с МОБ на рисунке 5.22 отражены межотраслевые взаимодействия. Изменение структурообразующих элементов ТЭБ инициирует сложные взаимосвязанные эффекты в экономической системе, формируя сеть взаимосвязанных изменений на межотраслевом и межсекторном уровнях. Эти взаимосвязи носят нелинейный характер и могут быть проанализированы через несколько ключевых аспектов взаимодействия. Изменение структуры ТЭБ, например, увеличение доли электроэнергии за счет сокращения прямого использования угля, приводит к перераспределению инвестиционных потоков. Промышленные предприятия вынуждены модернизировать энергетическое оборудование, что стимулирует развитие машиностроительного комплекса,

специализирующегося на производстве оборудования и систем автоматизации.

Таблица 5.9 – Схема МОСБ в разрезе отраслей и секторов экономики

| Отрасли                                                                                                                                                                                                                                           | Совокупный общественный продукт                                                                                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                      |                       |                                                                          |                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                   | Промежуточный продукт (ПП)                                                                                                       |                          | Конечный продукт (КП)                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |                      |                       | Всего: выпуск ВП <sub>i</sub>                                            |                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                   | ПП                                                                                                                               | Итого ПП <sub>i</sub>    | Э <sub>n+1</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | КП <sub>инв</sub> n+2 | КП <sub>дх</sub> n+3 | КП <sub>гос</sub> n+3 |                                                                          | Итого КП <sub>i</sub>                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                   | 1, 2, ..., j, ..., n                                                                                                             |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                      |                       |                                                                          |                                                                              |
| Отрасль 1                                                                                                                                                                                                                                         | <b>I квадрант</b><br>(межотраслевые связи в текущем производстве)<br><br>X <sub>ij</sub>                                         | $\sum_{j=1}^n X_{ij}$    | <b>II квадрант</b> (направления использования: экспорт* (Э); конечный продукт производственного назначения (КП <sub>инв</sub> ); конечный продукт для реализации на потребительском рынке (КП <sub>дх</sub> ); конечный продукт для государственных нужд (КП <sub>гос</sub> )<br><br>X <sub>ij</sub> |                       |                      |                       | $\sum_{j=n+1}^{n+4} X_{ij}$<br>(материальные затраты на производство КП) | Xi                                                                           |
| Отрасль 2                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                      |                       |                                                                          |                                                                              |
| .....                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                      |                       |                                                                          |                                                                              |
| Отрасль i                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                      |                       |                                                                          |                                                                              |
| .....                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                      |                       |                                                                          |                                                                              |
| Отрасль n                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                      |                       |                                                                          |                                                                              |
| ИТОГО                                                                                                                                                                                                                                             | $\sum_{i=1}^n X_{ij}$                                                                                                            | ПП                       | $\sum_{i=1}^n X_{ij}$                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |                      |                       | КП                                                                       | ВП (поток валовых продуктов (выпусков) на промежуточные и конечные продукты) |
| <b>Импорт (И)</b><br><b>Валовое накопление (ВН)</b> – включает амортизацию и часть валовой прибыли, используемой для производственного назначения (чистую прибыль)<br><b>Доходы (ДД)</b><br><b>Налоги (Н)</b> отраслей материального производства | <b>III квадрант</b><br>(направления использования невоспроизводимых материальных ресурсов и элементы ВДС)<br><br>X <sub>ij</sub> | $\sum_{j=1}^n X_{ij}$    | <b>IV квадрант</b> (затраты, которые несут конечные потребители дополнительно к затратам производителей по соответствующим направлениям использования конечного продукта)<br><br>X <sub>ij</sub>                                                                                                     |                       |                      |                       | $\sum_{j=n+1}^{n+4} X_{ij}$                                              | Xi                                                                           |
| ИТОГО                                                                                                                                                                                                                                             | $\sum_{i=n+1}^{n+4} X_{ij}$                                                                                                      | И + ВДС произв. Сферы    | $\sum_{i=n+1}^{n+4} X_{ij}$                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                      |                       | И + ВДС непроизв. Сферы                                                  | И+ВДС                                                                        |
| ВСЕГО: Затраты                                                                                                                                                                                                                                    | X <sub>i</sub>                                                                                                                   | $\sum_{j=1}^n X_j$       | X <sub>i</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                       |                      |                       | $\sum_{j=n+1}^{n+4} X_j$                                                 | $\sum_{i,j=n+1}^{n+4} X_{ij}$                                                |
| Сальдирующий остаток                                                                                                                                                                                                                              | $\Delta_j = X_i - X_{ij}$<br>для i=j                                                                                             | $\sum_{i=n+1}^{n+4} X_j$ | $\Delta_j = X_i - X_{ij}$<br>для i=j                                                                                                                                                                                                                                                                 |                       |                      |                       | $\sum_{j=n+1}^{n+4} \Delta_j$                                            | 0                                                                            |

\* речь идет не о чистом экспорте, а только об экспорте, который является конечным продуктом материального производства

Источник: [96].

Параллельно сокращается спрос на оборудование для традиционных котельных, что вызывает структурную перестройку в соответствующих сегментах машиностроения. Структурные сдвиги в ТЭБ непосредственно влияют на грузопотоки и логистические схемы. Например, развитие электротранспорта как элемента новой энергетической парадигмы создает спрос на зарядную инфраструктуру и стимулирует развитие электротехнической промышленности.

Структурные изменения в ТЭБ влияют на экспортный потенциал страны и структуру импорта. Сокращение экспорта традиционных энергоносителей может компенсироваться экспортом энергетических технологий и оборудования. Параллельно меняется структура импорта – увеличивается ввоз высокотехнологичного оборудования для новой энергетики при возможном сокращении импорта традиционного энергетического оборудования.



5\* – электроэнергетика (потребление на выработку, например угля, ВИЭ) ↓

**МОБ — это каркас, в который ТЭБ встраивается как детализированный подмодуль. ТЭБ дает физические объемы, а МОБ обеспечивает их стоимостную оценку и увязку с выпуском в рамках всей экономики**

Источник: [96] с уточнением автором блока «выход».

Рисунок 5.22 – Модель (схема) межотраслевого взаимодействия при интегративном рассмотрении ТЭБ в межотраслевом балансе



Изменение долевого состава структурообразующих элементов в прогнозном ТЭБ оказывает непосредственное влияние на развитие регионов с учетом их ресурсного потенциала, а также промышленной специализации. Необходимость в диверсификации региональной экономики наблюдается в регионах с традиционной ориентацией на добычу углеводородов. Регионы, обладающие потенциалом в направлении развития ВИЭ используют его как точку роста в прогнозном периоде. При этом необходимо понимать, что обозначенные тенденции спровоцируют изменения в финансовых потоках между регионами и объемах государственной поддержки. Эти взаимосвязи предопределяют, что изменения в одном секторе вызывают преобразования в других. Их учет при формировании прогнозного ТЭБ позволит разрабатывать сбалансированные стратегии развития, ускоряющие структурную трансформацию энергетического комплекса.

Для формализации данного подхода необходимо количественное определение потребности в электроэнергии. За основу целесообразно принять методику определения потребности в электроэнергии, тепловой энергии, котельно-печном топливе рассмотренной в работе коллектива авторов Ю. Д. Кононова, Е. В. Гальперовой, Д. Ю. Кононова и др. [231] (формулы 5.9–5.11). Особенностью их подхода является разделение мощностей на новые и существующие (старые), позволяющее учитывать влияние на средние значения коэффициентов энерго- и материалоемкости темпов развития отдельных отраслей и экономики в целом. При более высоких темпах увеличивается доля новых, более эффективных и, как правило, менее энергоемких производственных мощностей и технологий. В результате существенно меняется средняя энерго- и материалоемкость выпускаемой продукции.

$$W_i(t) = w_i^n(t)X_i^n(t) + w_i^c(t)X_i^c(t) \quad (5.9)$$

$$Q_i(t) = q_i^n(t)X_i^n(t) + q_i^c(t)X_i^c(t) \quad (5.11)$$

$$B_i(t) = b_i^n(t)X_i^n(t) + b_i^c(t)X_i^c(t) \quad (5.12)$$

где:  $X_i^n(t)$ ,  $X_i^c(t)$  – объемы производства продукции отрасли  $i$  на новых и существующих производственных мощностях в году  $t$ ;

$W_i(t)$  – потребность отрасли  $i$  в электроэнергии в году  $t$ , млрд кВт·ч;

$Q_i(t)$  – потребность отрасли  $i$  в тепле в году  $t$ , млн Гкал;

$B_i(t)$  – потребность отрасли  $i$  в топливе в году  $t$ , млн т у.т.;

$w_i^n, w_i^c$  – электроемкость продукции отрасли  $i$  на новых и существующих производственных мощностях в году  $t$ , кВт·ч/руб.;

$q_i^n, q_i^c$  – теплостоемкость продукции отрасли  $i$  на новых и существующих производственных мощностях в году  $t$ , Гкал/тыс. руб.;

$b_i^n, b_i^c$  – топливостоемкость продукции отрасли  $i$  на новых и существующих производственных мощностях в году  $t$ , т у.т./ тыс. руб.

Дополнение представленного методологического подхода на примере определения потребности в электроэнергии от развития дата-центров требует выделения данного вида деятельности в отдельную отрасль или подотрасль в рамках структуры ТЭБ. Для этого необходимо ввести специфические показатели, отражающие особенности энергопотребления цифровой инфраструктуры.

Формализованный подход к прогнозированию потребности дата-центров в энергоресурсах может быть представлен следующими зависимостями:

- потребность в электроэнергии:

$$W_{\text{дц}}(t) = w_{\text{дц}}^{\text{нов}}(t)K_{\text{дц}}^{\text{нов}}(t) + w_{\text{дц}}^{\text{стар}}(t)K_{\text{дц}}^{\text{стар}}(t) \quad (5.12)$$

- потребность в тепловой энергии (для систем охлаждения):

$$Q_{\text{дц}}(t) = q_{\text{дц}}^{\text{нов}}(t)K_{\text{дц}}^{\text{нов}}(t) + q_{\text{дц}}^{\text{стар}}(t)K_{\text{дц}}^{\text{стар}}(t) \quad (5.13)$$

- потребность в топливе (для локальной генерации или когенерации):

$$B_{\text{дц}}(t) = b_{\text{дц}}^{\text{нов}}(t)K_{\text{дц}}^{\text{стар}}(t) + b_{\text{дц}}^{\text{стар}}(t)K_{\text{дц}}^{\text{стар}}(t) \quad (5.14)$$

где:  $K_{\text{дц}}^{\text{нов}}(t), K_{\text{дц}}^{\text{стар}}$  – количество новых и старых вычислительных мощностей в году  $t$ ;

$W_{\text{дц}}(t)$  – потребность дата-центров в электроэнергии в году  $t$ , млрд кВт·ч;

$Q_{\text{дц}}(t)$  – потребность в тепловой энергии для систем терморегуляции, млн Гкал;

$B_{\text{дц}}(t)$  – потребность в топливе для аварийных или основных источников энергии, млн т у.т.

$w_{\text{дц}}^{\text{нов}}, w_{\text{дц}}^{\text{стар}}$  – удельная электроемкость вычислительных мощностей на новых и старых дата-центрах, кВт\*ч/ед. мощности.

$q_{\text{дц}}^{\text{нов}}, q_{\text{дц}}^{\text{стар}}$  – удельная теплоемкость;

$b_{\text{дц}}^{\text{нов}}, b_{\text{дц}}^{\text{стар}}$  – удельная топливoемкость.

Для дата-центров характерна высокая динамика изменения энергоэффективности. В отличие от традиционных отраслей, для дата-центров значительная часть электроэнергии преобразуется в тепловую энергию, требующую отвода. При этом удельные показатели необходимо дифференцировать по климатическим зонам в силу того, что энергопотребление систем охлаждения чувствительно к внешним температурам. Потребность в топливе для аварийных или основных источников энергии необходимо определять по видам топлива с целью их корректного включения в сценарии энергообеспечения.

«Согласно исследованию iKS Consulting, суммарная разрешенная мощность существующих российских ЦОДов составляет 841 МВт, а общее количество стоек – 82,5 тыс. По расчетам экспертов «Рексофт», среднее энергопотребление на одну стойку в России составляет 6,8 кВт. Этот показатель существенно ниже современных потребностей облачных и ИИ-ориентированных ЦОДов, где стандарт составляет около 20 кВт на стойку и даже достигает 40 кВт в некоторых проектах [192].

Старые ЦОД характеризуются низкими показателями энергоэффективности, о чем можно судить по коэффициенту PUE<sup>16</sup>. Его значения для среднего российского ЦОДа, построенного за последние 10 лет варьирует от 1,8 до 2,5. Это

<sup>16</sup> Справочно: коэффициент PUE (Power Usage Effectiveness) в центрах обработки данных (ЦОД) показывает эффективность использования энергии. Он указывает, какая часть общего энергопотребления в ЦОД приходится на долю систем ИТ.

означает, например, что на каждый 1 кВт, потребляемый ИТ-оборудованием, еще 0,8–1,5 кВт тратится на поддерживающую инфраструктуру. Проектируемые сегодня дата-центры являются более технологичными объектами, что позволяет говорить о вариации PUE в диапазоне от 1,2 до 1,3. Данный формализованный подход позволяет интегрировать прогнозирование энергопотребления дата-центров в общую систему расчета ТЭБ, обеспечивая согласованность с макроэкономическими прогнозами и отраслевыми сценариями развития цифровой экономики.

Меры государственной поддержки способны оказать существенное влияние как на реализацию «чистого» угольного тренда в обеспечении электроэнергией ЦОД, так и на распространение практики создания совместных предприятий по строительству ЦОД, а также на формирование инвестиционных условий, способствующих сокращению сроков окупаемости капиталовложений. Особое значение приобретает эффективно выстроенное государственное регулирование, которое может предложить коммерческим структурам стимулирующие меры, направленные на поддержку производства и экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью, требующей значительных объемов электроэнергии в процессе изготовления. Таким образом, вместо экспорта непосредственно электроэнергии, представляется экономически более целесообразным экспорт готовой высокотехнологичной продукции, что для российской экономики может обеспечить существенно более высокий мультипликативный эффект и вклад в валовой внутренний продукт.

Создание специального регуляторного режима и институциональной цифровой платформы.

Государству необходимо выступить инициатором создания консорциума или специального проектного офиса с участием представителей ключевых министерств (Минэнерго, Минцифры, Минэкономразвития), регулятора – Федеральной антимонопольной службы (ФАС) и объединения крупнейших цифровых компаний и банков. Целью такой платформы стала бы координация усилий по формированию агрегированного спроса, разработке технических требований и организации

конкурсных процедур для строительства целевых генерирующих мощностей. Это позволило бы преодолеть барьеры, связанные с конкуренцией между участниками цифрового рынка, и сформировать экономически обоснованный и гарантированный объем заказа для энергетиков.

Первые действия в данном направлении уже предпринимаются. «Заместитель председателя правительства России Д. Григоренко поручил Минцифры и Аналитическому центру при правительстве к марту 2026 года проработать идею создания цифровой платформы для поддержки строительства частных центров обработки данных (ЦОД) [136]. Цель проекта заключается в упрощении и ускорении создания ЦОД, а также обеспечении информацией о доступных в стране вычислительных мощностях». Единая цифровая платформа позволит [136]:

- создавать парки ЦОД, размещаемые на отдельных территориях, позволяющие объединять интересы бизнес-структур и государства и тем самым обеспечить уход от тенденции строительства разрозненных ЦОД;
- обеспечить ускорение процесса получения необходимой информации для создания ЦОД за счет его прозрачности, что непосредственно приведет к сокращению сроков строительства объектов цифровой инфраструктуры и сдачи их в эксплуатацию. Для бизнеса – это удобные сервисы, упрощающие порядок строительства ЦОД, а для государства – возможность оперативной оценки ситуации на рынке ЦОД и определения реальных потребностей в создании новых мощностей.

Необходимо отметить, что государство может усилить механизм госрегулирования на этапе строительства ЦОД, включив стимулирующий рычаг к использованию инновационных технологий для получения электроэнергии, что особенно актуально в условиях энергоперехода. Это может относиться к использованию ВИЭ, освоению технологий использования «чистого» угля на основе опыта Китая.

В контексте конкретных мер целесообразна разработка льготных тарифов на электроэнергию для ЦОД, использующих энергию от «чистых» угольных станций, от объектов ВИЭ.

Целесообразно обеспечить интеграцию институциональной цифровой платформы с системой формирования прогнозного ТЭБ и стратегического планирования. Увеличение объема генерации электроэнергии, использование «чистого» угля и объектов ВИЭ непосредственно найдет свое отражение в структуре ТЭБ и в целом в межотраслевом балансе. В последующем это приведет к кратному увеличению мультипликативного эффекта в смежных отраслях (особенно с высокой долей цифровизации), позволит перейти от реактивного к опережающему планированию развития энергосистемы под растущие нагрузки от цифровой инфраструктуры, оценивать совокупное влияние сети ЦОД на региональные и национальные энергобалансы.

Государственная поддержка может быть увязана с требованиями по применению передовых технологий, обеспечивающих высокую энергоэффективность и минимальное экологическое воздействие. Это может выражаться в предоставлении преференций проектам, использующим технологии комбинированной выработки тепла и электроэнергии (когенерация), улавливания углерода или работающим на местных видах топлива (уголь с очисткой, попутный газ).

Разработка целевых механизмов тарифного и налогового стимулирования. Для обеспечения экономической привлекательности строительства специализированных электростанций для ЦОДов государство может ввести специальные инвестиционные тарифы (или адаптировать практику специальных инвестиционных контрактов)<sup>17</sup> или долгосрочные тарифные соглашения (ДТС), которые гарантировали бы возврат инвестиций.

Учитывая отставание в технологиях чистого угля и опыт проигранных

---

<sup>17</sup> Специальные инвестиционные контракты (СПИК). Версия 2.0.-01.02.2021. - ФРП - экспертная организация, осуществляющая информационно-аналитическое сопровождение инвесторов, а также проведение входной и комплексной экспертиз инвестиционных проектов для заключения СПИК

тендеров, государству следует активнее выступать инициатором международного сотрудничества, в частности с Китаем. Сотрудничество может быть организовано в формате формирования межправительственных дорожных карт по совместным проектам в угольной генерации, где доступ к китайским технологиям и оборудованию обменивается на доступ к российским ресурсам и рынку.

Эти меры должны быть непосредственно интегрированы в логику формирования прогнозного ТЭБ. Во-первых, сценарии баланса должны включать варианты, учитывающие различные темпы технологической модернизации и экологические показатели генерации. Во-вторых, в ТЭБ необходимо моделировать последствия реализации крупных партнерских проектов (например, с китайскими компаниями в угольной генерации или с другими технологическими лидерами в области ВИЭ и атомной энергетики), которые могут стать драйверами скачкообразного роста мощностей. В-третьих, прогнозный баланс должен количественно оценивать эффект от предлагаемых государственных стимулов (тарифных, налоговых, инвестиционных) на структуру и объемы ввода новых генерирующих объектов.

Таким образом, статус прогнозного ТЭБ может быть переведен из формального статистического документа в инструмент моделирования результатов различных стратегий преодоления технологического отставания. Он позволяет оценить, какие комбинации мер способны обеспечить необходимый прирост электропроизводства для покрытия растущего спроса цифровой экономики, и какое отражение эти комбинации найдут в конечной структуре ТЭБ страны. Без такого инструментария государственное стимулирование может оказаться слабо скоординированным, а прогнозы развития различных отраслей энергетического сектора — оторванными от реальных возможностей и потребностей цифровой трансформации.

## **5.4 Совершенствование государственного управления в области формирования и управления прогнозным ТЭБ**

Опираясь на результаты системного анализа методологических недостатков, выявленных в области формирования прогнозных ТЭБ, распределении ответственности между уровнями власти представляется авторская системная управленческая позиция, ориентированная на усиление роли прогнозных ТЭБ в цикле стратегического планирования и оперативного управления ТЭК. В данном контексте целесообразно перейти к рассмотрению опережающих управленческих решений, направленных на повышение эффективности государственного управления процессом формирования прогнозных ТЭБ на всех уровнях вертикальной иерархии.

Модель целевого государственного управления формированием прогнозных ТЭБ описывает функции федеральных и региональных органов, регламент согласования прогнозов, а также механизмы мониторинга и ответственности за исполнение целевых показателей.

В таблице 5.10 отражены в системном виде предложения по совершенствованию государственного управления формированием прогнозных ТЭБ.

Согласно авторской точке зрения одним из наиболее важных шагов по усилению роли прогнозных ТЭБ в управленческом цикле развития отраслей ТЭК, обеспечении энергетической безопасности и технологического суверенитета государства является закрепление статуса прогнозного ТЭБ в единой унифицированной форме, устанавливаемой Правительством Российской Федерации в системе стратегического планирования посредством выделения отдельной статьи в главе 6 ФЗ №172 «Документы стратегического планирования, разрабатываемые в рамках прогнозирования на федеральном уровне»:

*Статья n:* Прогноз топливно-энергетического баланса Российской Федерации.



В свою очередь реализация данного предложения придаст прогнозному ТЭБ нормативно-правовой статус, подтверждающего его значимость в качестве одного из ключевых элементов стратегических прогнозов и планов.

Таблица 5.10 – Предложения по совершенствованию государственного управления в области формирования прогнозных ТЭБ

| Предложение<br>1                                                                                                                                                                                | Цель<br>2                                                                                                                                                                        | Примечание<br>3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Закрепить статус прогноз-ного ТЭБ в системе стра-тегического планирова-ния, а именно в главу 6 ФЗ №172 <u>добавить статью «Прогноз топливно-энер-гетического баланса Рос-сийской Федерации»</u> | Придание прогнозному ТЭБ нормативно-право-вой статус, подтвержда-ющий его значимость в качестве одного из клю-чевых элементов стра-тегических прогнозов и планов                 | В состав прогнозов социально-эконо-мического развития, формируемых в соответствии с Федеральным зако-ном № 172 [363], включаются про-гнозные топливно-энергетические балансы (ТЭБ) в единой унифициро-ванной форме, устанавливаемой Пра-вительством Российской Федерации                                                                                                         |
| Предусмотреть механизм обязательного электрон-ного согласования регио-нальных прогнозных ТЭБ с федеральной методоло-гией                                                                        | Устранение разночтений горизонтов, форматов и методик                                                                                                                            | Прогнозы и целевые ТЭБ субъектов Российской Федерации подлежат разработке в соответствии с методо-логией, утверждённой Минэнерго России, и подлежат обязательному согласованию с федеральным орга-ном исполнительной власти, опреде-лённым Правительством РФ                                                                                                                     |
| Установить единые про-гнозные горизонты фор-мирования прогнозных ТЭБ, охватывающие крат-косрочный, среднесроч-ный и долгосрочный пе-риоды                                                       | Обеспечение сопостави-мости прогнозных ТЭБ в многоуровневой иерар-хии                                                                                                            | Единые горизонты формирования прогнозных ТЭБ устанавливаются как: среднесрочный горизонт — 3 года с ежегодной детализацией; дол-госрочный горизонт — до срока, установленного соответствующими стратегическими документами (например, до 2035/2050 гг.). Пере-смотр прогнозных ТЭБ осуществля-ется не реже одного раза в пять лет или при наступлении существенных внешних шоков |
| Обязательное предостав-ление исходных данных поставщиками услуг и крупными потребителями                                                                                                        | Устранение информаци-онного разрыва у отель-ных субъектов на этапе формирования прогноз-ных ТЭБ, с целью повы-шения точности и надеж-ности формируемых про-гнозных ТЭБ, особенно | Юридические лица и индивидуаль-ные предприниматели, осуществляю-щие деятельность в сегменте ТЭК и имеющие установленные пороговые показатели (мощности, численность потребителей и т.п.), обязаны по за-просу уполномоченного органа предоставлять сведения, необходи-мые для формирования прогнозных и                                                                          |

Окончание таблицы 5.10

| 1                                                                                                                                    | 2                                                                                                                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                      | на краткосрочный и среднесрочный периоды                                                                                          | целевых ТЭБ, в рамках, определённых нормативно-правовыми актами. Процедуру верификации данных согласовать с Федеральной налоговой службой (ФНС), Росстатом.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Обеспечить разработку механизма верификации данных для формирования прогнозных ТЭБ.<br><br>Разработка регламента верификации данных. | Обеспечение сопоставимости и достоверности исходных данных                                                                        | Установить иерархию исходных данных при формировании ТЭБ: первоисточником являются сведения операторов систем доставки, а также распределения и утверждённые схемы снабжения; статистические данные Росстата используются для ретроспективного анализа; иные данные применяются при верификации по правилам, утверждаемым нормативно-правовыми актами. Может быть разработан регламент верификации данных, позволяющий обеспечить связь с Единой межведомственной информационно-статистической системой «ЕМИСС» и цифровыми платформами. |
| Обеспечить унификацию методик межтопливной конкуренции и расчета инфраструктурных затрат                                             | Повышение сопоставимости экономических оценок топливозамещения                                                                    | Унифицированные методики расчёта межтопливной конкуренции, включая учет инфраструктурной составляющей и удельных эксплуатационных затрат, разрабатываются Минэнерго совместно с Минэкономразвития и утверждаются Правительством РФ                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Принять механизм межведомственного взаимодействия и ответственности                                                                  | Обеспечение эффективной координации Минэнерго, Минэкономразвития, Росстата, профильных операторов и научно-экспертного сообщества |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

В силу того, что прогнозные ТЭБ разрабатываются разными субъектами необходимо устранение выявленных в ходе исследования разночтений в горизонтах планирования, форматах представления и методиках получения прогнозных данных. Как правило, такие разночтения выявляются на этапе интеграции прогнозных ТЭБ субъектов в единый сводный прогнозный ТЭБ, что затрудняет его согласование и увеличивает сроки формирования. Целесообразно внедрить системный механизм предварительного электронного согласования

прогнозных топливно-энергетических балансов, формируемых субъектами РФ, с привязкой к унифицированной иерархии прогнозных горизонтов. В условиях глобальной цифровой трансформации данная функция реализуется через интегрированные информационно-технологические решения и требует координированных действий уполномоченных ведомств, ответственных за цифровизацию и методологическое сопровождение (в частности, Минцифры РФ, Минэнерго РФ, Росстат и профильные научно-аналитические организации). В данном случае речь может идти о создании цифрового двойника ТЭБ или цифрового прогнозного ТЭБ, что вписывается в идеологию Распоряжения Правительства Российской Федерации от 12 марта 2024 г. № 581-р [319].

Данная концепция широко обсуждается в настоящее время в научных кругах, ведомственных структурах и поддерживается на уровне государства в целом. Так, например:

- На уровне государства: президент РФ В. В. Путин на пленарном заседании Российской энергетической недели озвучил поручение: «Правительство и власти регионов России должны составить для всех федеральных округов страны топливно-энергетические балансы и сформировать на их основе систему цифрового управления энергообеспечением регионов». «Прошу правительство России определить место топливно-энергетических балансов в системе стратегических документов страны. Вместе с коллегами из регионов подготовить такие балансы для всех федеральных округов России и на их основе сформировать современную систему цифрового управления энергообеспечением регионов», - сказал он. Президент отметил, «что такая система должна учитывать использование разных видов топливно-энергетических ресурсов, учитывать, какие из них будут наиболее эффективны в каждом из регионов страны» [312].

- В ходе прошедшего обсуждения в РЭА Минэнерго России реализованных решений, которые могут быть применимы при создании цифровой платформы по формированию топливно-энергетических балансов, отмечено, что «представленные наработки, полученные совместно РЭА Минэнерго России и ООО «Цифровой двойник» цифровая модель «Цифровой двойник ТЭК» могут

стать фундаментом для единой цифровой платформы ТЭК, в основе которой будет цифровой ТЭБ». «Учитывая опыт реализации подобных проектов, а также наличие необходимых компетенций, А. Кулапин предложил создать единую цифровую платформу на базе РЭА Минэнерго России и провести пилотный проект по внедрению и апробации цифровой модели в отдельных регионах России» [200].

- В работе И.Д. Эляковой, ведущего научного сотрудника отдела региональных экономических и социальных исследований ФИЦ «Якутский Сибирского отделения Российской академии наук» рассматривается достаточно детализировано концептуальный подход формирования цифрового ТЭБ России и ее регионов [392].

С целью обеспечения сопоставимости прогнозных ТЭБ в многоуровневой вертикальной иерархии: города, населенные пункты – муниципальные образования в регионах РФ – регионы РФ – Российская Федерация целесообразно установить единые прогнозные горизонты формирования прогнозных ТЭБ, охватывающие краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный периоды с рекомендацией использования технологического форсайта в диапазоне среднесрочного (до 10 лет) и долгосрочного прогнозного горизонта (более 10 лет). При формировании прогнозного ТЭБ на краткосрочный период (до 3 лет) целесообразно опираться на классическую методологическую основу его моделирования и оптимизации.

### **Выводы по главе 5**

В условиях глобальной цифровой трансформации экономики происходит структурное усиление роли электроэнергии в системе энергопотребления. Для России данный процесс имеет не только экономическое, но и стратегическое значение, поскольку развитие собственной цифровой экосистемы, включая ЦОД, напрямую связано с задачами технологического суверенитета, национальной безопасности и устойчивости функционирования экономики в условиях внешних ограничений.

Рост цифрообусловленного спроса на электроэнергию должен рассматриваться как самостоятельный структурный вызов при формировании

прогнозного ТЭБ. Противоречие между ускоряющимся ростом спроса на электроэнергию со стороны цифровой инфраструктуры и ограниченными темпами ввода новых генерирующих мощностей способно привести к возникновению энергетических дефицитов, повышению цен на электроэнергию и ослаблению экономических эффектов цифровизации. В связи с этим цифровой фактор должен быть включен в систему сценарного моделирования прогнозного ТЭБ как значимая составляющая будущей структуры производства и потребления энергоресурсов.

В качестве одного из возможных направлений обеспечения растущего цифрового спроса на электроэнергию может рассматриваться использование угольной генерации, способной обеспечивать базовую и надежную нагрузку для энергоемкой цифровой инфраструктуры, включая ЦОД. При этом перспективность данного направления определяется не только ресурсной обеспеченностью, но и возможностью внедрения инновационных технологий, ориентированных на повышение эффективности использования угля и снижение экологического воздействия. Дополнительный потенциал представляет развитие локальной и распределенной генерации, интегрируемой в инфраструктуру цифровых объектов или размещаемой в непосредственной близости от них.

Территориальное размещение объектов цифровой инфраструктуры и источников их энергоснабжения приобретает стратегическое значение. Размещение дата-центров вблизи центров добычи угля и существующей энергетической инфраструктуры может обеспечить снижение издержек энергоснабжения и повышение надежности поставок. Вместе с тем подобный подход требует обязательного учета экологических ограничений и целей устойчивого развития, что выводит на первый план поиск технологических компромиссов между экономической целесообразностью использования местных топливных ресурсов и необходимостью сокращения углеродного следа цифровой экономики.

Формирование прогнозного ТЭБ в современных условиях требует разработки комплексной методологической основы оценки эффективности управления его структурообразующими элементами, прежде всего

электропроизводством и электропотреблением. Именно данные элементы определяют не только текущее состояние энергетического комплекса, но и параметры его долгосрочной трансформации в условиях цифровизации и энергетического перехода. Следовательно, качество прогнозного ТЭБ в значительной степени зависит от адекватности методологических подходов к оценке эффективности структурных изменений в электроэнергетике.

Включение в прогнозный ТЭБ сценариев технологической модернизации угольной генерации и развития сопутствующей инфраструктуры позволяет оценивать не только отраслевые, но и общеэкономические последствия соответствующих управленческих решений. Такой подход имеет стратегическое значение в контексте государственных программ, направленных на обеспечение растущего спроса на электроэнергию со стороны цифровой экономики, поскольку позволяет учитывать мультипликативные эффекты, проявляющиеся в смежных секторах и влияющие на макроэкономическую динамику, прежде всего на темпы роста ВВП.

Технологические изменения достигаются посредством реализации соответствующих инвестиционных проектов, что обуславливает возможность оценки ожидаемого комплексного экономического эффекта. При проведении комплексной, детальной оценки ожидаемого экономического эффекта от развития сектора электроэнергетики целесообразно в оценочную процедуру включить расширенный набор составляющих, отражающих мультипликативное влияние данного сектора на социально-экономическую систему.

Проведенный анализ выявленных методологических ограничений формирования прогнозных ТЭБ и проблем распределения ответственности между уровнями власти позволяет обосновать необходимость усиления роли прогнозного ТЭБ как инструмента стратегического планирования и оперативного управления ТЭК. В этой связи предложенная авторская управленческая позиция ориентирована на переход к опережающим решениям, обеспечивающим более высокую согласованность между сценарным прогнозированием, программами развития

энергетики и механизмами государственного управления на федеральном и региональном уровнях.

Модель целевого государственного управления формированием прогнозных ТЭБ должна основываться на четком разграничении функций федеральных и региональных органов власти, регламентации процедур согласования прогнозов, а также формировании механизмов мониторинга, контроля и ответственности за достижение целевых показателей. Реализация такой модели позволит повысить управляемость процессов формирования прогнозного ТЭБ и обеспечить большую согласованность между целями энергетической безопасности, экономического развития и цифровой трансформации.

В целом полученные результаты подтверждают, что в условиях цифровой трансформации экономики прогнозный ТЭБ должен формироваться как многоуровневый инструмент стратегического управления, учитывающий не только традиционные параметры энергобаланса, но и растущий цифрообусловленный спрос на электроэнергию, территориальные особенности размещения цифровой инфраструктуры, экологические ограничения, технологические возможности различных типов генерации и институциональные механизмы координации на всех уровнях управления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время наблюдается все больший интерес как со стороны представителей академической науки, так и со стороны органов власти и ведомственных структур к использованию ТЭБ в качестве действенного инструмента управления энергетической безопасностью страны и регионов. Однако, в методологическом аспекте вопросы формирования прогнозных ТЭБ детально не проработаны, что предопределяет актуальность исследований, проводимых в этом направлении. Программно-целевой подход может быть адаптирован под цели формирования ТЭБ и управления его структурой, так как позволяет повысить эффективность принимаемых программных мер для достижения целевых ориентиров, обозначенных в области энергоемкости валового внутреннего и регионального продукта и энергетической безопасности.

Рассмотренные методологические аспекты формирования и управления ТЭБ на основе программно-целевого подхода являются перспективными и востребованными, но вместе с тем существует ряд проблем с реализацией рассмотренных методик на разных этапах формирования программно-целевых планов.

Практическая реализация всего комплекса рассмотренных методических основ достаточно ресурсоемкий процесс, как с точки зрения финансового обеспечения, так и с точки зрения кадрового обеспечения. Большая часть методов ориентирована на привлечение экспертов или требует существенного математического аппарата, а также активное внедрение автоматизации в аналитические процедуры и цифровизации как в организационные, так и в управленческие, согласующие процессы.

В силу глобальности вопросов, связанных с формированием и управлением ТЭБ, сложностью подсистем, оказывающих существенное влияние на его структуру и масштабностью целевых ориентиров, обозначенных на уровне государства или в региональном аспекте целесообразно рассмотреть применение системного подхода к решению поставленных задач в области управления ТЭБ. Также целесообразно использовать комбинаторный подход в контексте



методического обеспечения подготовки программно-целевых планов для более эффективного достижения поставленных целей и повышения эффективности решений, принимаемых на различных управленческих уровнях. Трансформационные вопросы в рамках структуры ТЭБ носят долгосрочный характер и должны ориентироваться на формирующиеся мировые мегатренды в области управления топливно-энергетическими ресурсами, достижениями научно-технического прогресса в приоритетных отраслях, так или иначе оказывающих влияние на ТЭБ. Особое внимание следует уделять анализу влияния мегатрендов в области энергетики и нефтегазодобывающей отрасли на отдельные составляющие ТЭБ и их изменение в долгосрочном периоде.

Таким образом, представленные в диссертационной работе рекомендации направлены на развитие методологии формирования прогнозного ТЭБ, посредством интеграции методов технологического прогнозирования, форсайт – технологии, сценарного конфигурирования, программно-целевого подхода, а также оценки структурных изменений прогнозного ТЭБ. Ядром сделанных предложений является методология комплексной оценки ожидаемого экономического эффекта от развития секторов экономики с критерием полного охвата эффектов в системе «ТЭК – народное хозяйство» в зависимости от структурной трансформации прогнозного ТЭБ, что позволит:

- более корректно идентифицировать сущность прогнозного ТЭБ и его использование в качестве инструментария развития системы «ТЭК – народное хозяйство»;
- обеспечить обязательное использование базовых принципов формирования прогнозного ТЭБ в методологии комплексной оценки эффективности энергообеспечения;
- сформировать прогнозный ТЭБ в полной увязке отраслей ТЭК с целевыми ориентирами макроэкономики, нацеленных на конечные результаты, основными из которых являются надежное, бесперебойное и эффективное энергообеспечение;
- осуществлять многовариантную проработку структурной трансформации прогнозного ТЭБ на этапе сценарного конфигурирования, обеспечивая более

высокую взаимосвязь с приоритетами энергоперехода и развития цифровой экономики;

- установить рациональную динамику развития нетрадиционных источников энергии в контексте энергетического перехода и структурных изменений ТЭБ;

- определить структурные изменения ТЭБ в условиях цифровой экономики и существенного роста электропотребления, учитывающие требования доступности и высокой надежности;

- проводить комплексную экономическую оценку формируемого прогнозного ТЭБ с учетом народнохозяйственных мультипликаторов;

- органам государственной власти принимать согласованные управленческие решения с учетом полного набора прямых и косвенных эффектов. Методы и меры государственного регулирования локальных энергетических инвестиционных проектов должны базироваться на результатах экономической оценки по предложенной в работе методологии.

Предложения и выводы диссертационного исследования рекомендованы министерствам и ведомствам, отвечающих за разработку и утверждение нормативно-правовой базы по вопросам стратегического развития отраслей ТЭК и смежных отраслей, разработку инструктивных документов по формированию текущего и прогнозного ТЭБ, а также отвечающих за подготовку комплекса мер государственной поддержки развития приоритетных отраслей экономики. Полученные результаты могут быть востребованы региональными органами власти и предприятиями реального сектора экономики при формировании программно-целевых планов, направленных на достижение целей в области обеспечения энергетической безопасности в условиях энергетического перехода и развития цифровой экономики.

Перспективы развития темы заключаются в детализированной проработке информационного насыщения взаимосвязанных модулей формирования прогнозного ТЭБ, необходимого для перевода процесса его разработки в цифровую среду. В практическом аспекте это позволит повысить точность, гибкость и оперативность разработки параметров прогнозного ТЭБ, эффективность принятия

стратегических и оперативных решений, направленных на обеспечение энергетической безопасности на разных уровнях управления, а также обеспечит большую вовлеченность отраслевых компаний в процесс разработки ТЭБ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A Critical Analysis of the Impact of the Pandemic on Sustainable Energy Scenarios. Paper presented at the 11th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid) / A. Rubio, W. Agila, L. González [et al.]. – Paris: France, 2023. – URL : <https://doi.org/10.1109/icSmartGrid58556.2023.10171066> (date of the application: 22.07.2022). – Text : electronic.
2. A novel day-ahead regional and probabilistic wind power forecasting framework using deep CNNs and conformalized regression forests / J. Jonkers, D. N. Avendano, G. Van Wallendaal, S. Van Hoecke. – Direct text // Applied Energy. – 2024. – Vol. 361. – P. 122900. – DOI 10.1016/j.apenergy.2024.122900.
3. A robust decision-making approach for the selection of an optimal renewable energy source in India / A. Mohammad Husain, M. Muzaffarul Hasan, Z. A. Khan, M. Asjad. – Direct text // Energy Conversion and Management. – 2024. – Vol. 301. – P. 117989. – DOI 10.1016/j.enconman.2023.117989.
4. Ahmed M. Elberry. Seasonal hydrogen storage for sustainable renewable energy integration in the electricity sector: A case study of Finland / M. Elberry Ahmed, Thakur Jagruti, Veysey Jason. – Direct text // Journal of Energy Storage. – 2021. – Vol. 44, Part B.
5. Ahmed Y.A. Evaluating the Performance of Foresight Studies: Evidence from the Egyptian Energy Sector (Оценка эффективности Форсайт-исследований: кейс энергетического сектора Египта) / Y.A. Ahmed, A.E. ElSabry. – Text : direct // Foresight and STI Governance. – 2024. – №18(1). – P. 69–79. – DOI: 10.17323/2500–2597.2024.1.69.79.
6. An analysis of the prospects for coal-fired thermal power station reconstruction on the basis of coal gasification and a combined-cycle unit / I.A. Sultanguzin, A.V. Fedyukhin, Y.V. Yavorovsky [et al.]. – Text : direct // Thermal Engineering. – 2020. – Vol. 67, № 7. – P. 451–460. DOI: 10.1134/S004060152007006X.
7. An integrated scenario-based robust planning approach for foresight and strategic management with application to energy industry / Reza Alizadeh, Peter D. Lund, Ali

Beynaghi [et al.]. – Text : direct // Technological Forecasting and Social Change, Elsevier. – 2016. – Vol. 104(C). – P. 162–171.

8. Andronova I. V. The role of innovative decisions in the development of oil and gas companies / I. V. Andronova, I. V. Osinovskaya. – Text : direct // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2017. – Vol. 7, No. 2. – P. 346–351.

9. Anthony M. The Landscape of Foresight Theory and Practice: Between Strategic and Transformational Orientation / M. Anthony. – Text : direct // Foresight and STI Governance. – 2024. – № 18(3). – P. 41–53. – DOI: 10.17323/2500–2597.2024.3.41.53.

10. Armenta–Déu C. Optimization of grid energy balance using vehicle–to–grid network system / C. Armenta–Déu, L. Demas. – Text : direct // Energies. – 2024. – Vol. 17, № 5. – DOI: 10.3390/en17051008.

11. Ayyildiz, E. Location selection methodology for data center with renewable energy integration / E. Ayyildiz, B. Yildirim, N. Aydin. – Direct text // Renewable Energy. – 2025. – Vol. 250. – P. 123270. – DOI 10.1016/j.renene.2025.123270.

12. Bereznoy A. The Climate Stigmatization of the Global Oil and Gas Industry / A. Bereznoy. – Direct text // Response Strategies. Foresight and STI Governance. -2022. – Vol. 16, No 4. – P. 32–44. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.4.32.44.

13. Building plausible scenarios for future living: Intervening in energy forecasting using household ethnography and foresight / F. Kaviani, Y. Strengers, K. Dahlgren [et al.]. – Text : direct // Energy Research and Social Science. – 2023. – Vol. 106. – P. 103315. – DOI 10.1016/j.erss.2023.103315.

14. Cantarero V. Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries / V. Cantarero, M. Mercedes. – Text : electronic // Energy Research & Social Science. – 2020. – Vol. 70. – P. 101716. – <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101716> (date of the application: 22.07.2022).

15. Chen Ch. Ho. A Hybrid Multi–Criteria Decision–Making Approach Based on ANP–Entropy TOPSIS for Building Materials Supplier Selection / Ch. Ho. Chen. – Text : direct // Entropy. – 2021. – Vol. 23, No. 12. – P. 1597. – DOI 10.3390/e23121597.

16. Chen Y., Zhao J., Lai Z., Wang Z., Xia H. Exploring the effects of economic growth, and renewable and non-renewable energy consumption on China's CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from a regional panel analysis. – Text : direct // Renewable Energy. – 2019. – Vol. 140. – P. 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.058>.
17. China Energy Outlook 2022 / Berkeley National Laboratory. — 2022.
18. China's digital economy hits 7.1 trln USD: white paper. XINHUANET. 30.07.2022. — URL: <https://english.news.cn/20220730/7ca9d8ab61ae4657aae0ec8c38381f57/c.html> (accessed 20 Nov 2024) (date of the application: 22.07.2022). – Text : electronic.
19. Coal Market Update / International Energy Agency (IEA). — 2023.
20. Co–evolution analysis of novel power system based on Brusselator model / Yu. Wang, Yu. Su, F. Liu [et al.]. – Text : direct // Frontiers in Energy Research. – 2023. – Vol. 11. – DOI 10.3389/fenrg.2023.1232094.
21. Debnath Kumar Biswajit Forecasting methods in energy planning models / Kumar Biswajit Debnath, Monjur Mourshed. – Direct text // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier. – 2018. – Vol. 88(C). – P. 297–325. – DOI: 10.1016/j.rser.2018.02.002.
22. Development of a program for creation of the fuel and energy balance of the city / Y.V. Yavorovsky, I.A. Sultanguzin, A.I. Bartenev [et al.]. – Text : direct // Proceedings of the 2022 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE. – 2022. – № 4. DOI: 10.1109/REEPE53907.2022.9731495.
23. Digital in the time of COVID. Trust in the digital economy and its evolution. Across 90 economies as the planet paused for a pandemic / B. Chakravorti, R. Sh. Chaturvedi, C. Filipovic, G. Brewer. – Medford: The Fletcher School at Tufts University, 2020. – URL: <https://www.ffms.pt/sites/default/files/2022-07/digital-intelligence-index.pdf> (accessed 20 Nov 2024). – Text : electronic.
24. Digital transformation in the resource and energy sectors: A systematic review / P. Maroufkhani, K. C. Desouza, R. K. Perrons, M. Iranmanesh. – Direct text //

Resources Policy. – 2022. – Vol. 76. – P. 102622. – DOI 10.1016/j.resour-pol.2022.102622.

25. Electricity Demand Forecasting Using a Novel Time Series Ensemble Technique / H. Iftikhar, S. Mancha Gonzales, Ju. Zywiólek, Ja. L. López–Gonzales. – Direct text // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 88963–88975. – DOI 10.1109/access.2024.3419551.

26. Enhancing energy transition with open–source regional energy system optimization models: TEMOA–Piedmont / F. Amir Kavei, M. Nicoli, F. Quatraro, L. Savoldi. – Direct text // Energy Conversion and Management. – 2025. – Vol. 327. – P. 119536. – DOI 10.1016/j.enconman.2025.119536.

27. Enkhjargal K., Tsetsgee T., Batmend L., Sultanguzin I.A., Kalyakin I. D. Contributing to Strategic Energy Planning Through the Optimization Fuel and Energy Balance of Mongolia. – Direct text // Proceedings of the international conference on energy transition: technology and ecology (ICETTE-2025).

28. Ensuring sustainable development of oil companies based on foresight technology / I.V. Osinovskaya, M.V. Plenkina, I.E. Zaborskaya [et al.]. – Text : direct // International Journal of Management. – 2020. – Vol. 11, № 5. – С. 929–940.

29. European Commission EU reference scenario 2016 – Energy, transport and GHG emissions trends to 2050. – Brussels: European Commission, 2016. –223 p. – Text : direct.

30. Gazeev M. H., Volynskaya N. A., Rybak A. B. Complex Efficiency Assessment of Development of Arctic Oil and Gas Resources in Russia . – Текст : электронный // Arctic Yearbook 2018. – URL: [https://arcticyearbook.com/images/yearbook/2018/Scholarly\\_Papers/23\\_AY2018\\_Gazeev.pdf](https://arcticyearbook.com/images/yearbook/2018/Scholarly_Papers/23_AY2018_Gazeev.pdf) (дата обращения: 17.09.25).

31. Global foresight outlook 2007 / R. Popper, M. Keenan, I. Miles [et al.]. – EFMN, 2007. – 66 p. – URL: [http://www.foresight-network.eu/files/reports/efmn\\_mapping\\_2007.pdf](http://www.foresight-network.eu/files/reports/efmn_mapping_2007.pdf) (date of the application: 18.05.2015). – Text : electronic.

32. Hispa Y. Factors to Consider for Data Center Site Selection. – URL: <https://www.landgate.com/news/factors-to-consider-for-data-center-site-selection> (дата обращения: 20.02.26).

33. Hybrid hydrogen home storage for decentralized energy autonomy / K. Knosala, L. Kotzur, F.T. Röben [et al.]. – Text : electronic // International Journal of Hydrogen Energy. 2021. – № 46(42). – P. 21748–21763. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.04.036> (date of the application: 22.07.2022).
34. Identifying key barriers to joining an energy community using AHP / A. Dioba, A. Giannakopoulou, D. Struthers [et al.]. – Direct text // Energy. – 2024. – Vol. 299. – P. 131478. – DOI 10.1016/j.energy.2024.131478.
35. Kapitonov I.A. Ensuring energy security in Russia in a transitional economy / I.A. Kapitonov, V.V. Dorzhieva, N.T. Batyrova. – Text : direct // The Electricity Journal. – 2022. – Vol. 35, № 3. – P. 98–107. – DOI: 10.1016/j.tej.2022.107098.
36. Kononov Y.D. Long-term Modeled Projections of the Energy Sector: An Incremental Approach to Narrowing Down the Uncertainty Range / Y.D. Kononov. – Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2020. – 98 p. – Text : direct.
37. Long-term energy planning of Croatian power system using multi-objective optimization with focus on renewable energy and integration of electric vehicles / P. Prebeg, G. Gasparovic, G. Krajacic, N. Duic. – Text : electronic // Appl. Energy. – 2016. – Vol. 184. – P. 1493–1507. – URL : <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.086> (date of the application: 22.07.2022).
38. Luo H. Empirical Study on the Low-Carbon Economic Efficiency in Zhejiang Province Based on an Improved DEA Model and Projection / H. Luo, X. Lin. – 2023. – URL: <https://doi.org/10.3390/en16010300> (date of the application: 22.07.2022). – Text : electronic.
39. Magasheva I. S. Competitiveness of the renewable energy sector in Russia and prospects for a new government support program until 2035 / I. S. Magasheva, O. B Lomakina. – Text : direct // Current Problems of the Global Environmental Economy Under the Conditions of Climate Change and the Perspectives of Sustainable Development. Cham. – 2023. – C. 281–288. DOI: 10.1007/978-3-031-19979-0\_31.
40. Makarov A.A. Achievements and Challenges of Systems Studies on Energy Development in Russia, Their Possibilities in the «Digital» Society / A.A. Makarov. – Direct text // Energy Systems Research. – 2021. – Vol. 4, №3. – P. 126–134.



41. Martin B. Research Foresight and the exploitation of science base / B. Martin. – London : HSMO, 1993. – 85 p. – Direct text.
42. Mavromatidis G. MANGO: A novel optimization model for the long-term, multi-stage planning of decentralized multi-energy systems / G. Mavromatidis, I. Petkov. – Direct text // *Applied Energy*. – 2021. – Vol. 288. – P. 116585. – DOI 10.1016/j.apenergy.2021.116585.
43. Mukhametzyanov I. Z. Specific character of objective methods for determining weights of criteria in MCDM problems: Entropy, CRITIC, SD / I. Z. Mukhametzyanov. – Direct text // *Decision Making: Applications in Management and Engineering*. – 2021. – Vol. 4, № 2. – P. 76–105. – DOI 10.31181/DMAME210402076I.
44. Mustafa A. T. Forecasting energy demand and generation using time series models: A comparative analysis of classical, grey, fuzzy, and intelligent approaches / A. T. Mustafa, O. Sh. Al. D. Al-Yozbaky. – Direct text // *Franklin Open*. – 2025. – Vol. 12. – P. 100350. – DOI 10.1016/j.fraope.2025.100350.
45. Nosova Ju. A. Directions and conditions for the strycture of fuel and energy complex / Ju. A. Nosova, I. V. Osinovskaya. – Direct text // *Topical Issues of Rational Use of Natural Resources : Cientific conference abstracts XVI International Forum-Contest of Students and Young Researchers, Saint-Petersburg, 17–19 июня 2020 года*. Vol. Part 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2020. – P. 365-366.
46. Novikova O. Expansion of the Fuel and Energy Balance Structure in Russia through the Development of a Closed-Loop Recycling / O. Novikova, I. Vladimirov, T. Bugaeva. – Text : electronic // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13, Issue 9. – P. 4965. – URL: <https://doi.org/10.3390/su13094965>(date of the application: 22.07.2022).
47. Optimization model for the Russian electric power generation structure to reduce energy intensity of the economy / A. N. Semin, V. V. Ponkratov, K. G. Levchenko [et al.]. – Text : direct // *International Journal of Energy Economics and Policy*. – 2019. – Vol. 9, № 3. – P. 379–387. – DOI 10.32479/ijeep.7552.

48. Osinovskaya I. V. Multiobjective approach in developing oil production enterprise's production strategy / I. V. Osinovskaya, O. G. Yakunina, O. V. Lenkova. – Direct text // *Mediterranean Journal of Social Sciences*. – 2015. – Vol. 6, № 3 S3. – P. 193–202.
49. Osinovskaya I. V. System aspects of fuel and energy balance formation / I. V. Osinovskaya. – Direct text // *International Journal of Energy Economics and Policy*. – 2017. – Vol. 7, № 5. – P. 271–278.
50. Osinovskaya I.V. The technological development of managerial decisions on the productive capacity of oil producing industrial building structures / I.V. Osinovskaya, O.V. Lenkova. – Text : direct // *International Business Management*. – 2015. – № 9. – P.164–168.
51. Prediction of electricity consumption using an innovative deep energy predictor model for enhanced accuracy and efficiency / C. Ragupathi, S. Dhanasekaran, N. Vijayalakshmi, A. O. Salau. – Direct text // *Energy Reports*. – 2024. – Vol. 12. – P. 5320–5337. – DOI 10.1016/j.egyr.2024.11.018.
52. Prospects for Azerbaijan's participation in the diversification of energy sources and reducing the risks of energy supply failure to Europe / Gasumov E., Gasumov R., Suleymanov G., Kurbanov Kh. – Text : direct // *Reliability: Theory & Applications*. – 2023. – Vol. 18, № S5 (75). – P. 195–205.
53. Rapid foresight – методология. Версия 0.3: рабочие материалы. – Текст : электронный // Форсайт школа НТИ. – 2015. – URL: [https://srosovet.ru/content/editor/Metodichka\\_foresight.pdf](https://srosovet.ru/content/editor/Metodichka_foresight.pdf) (дата обращения: 22.06.2017).
54. Salnikov V. Monitoring the consumption of energy resources in cyberphysical production systems / V. Salnikov, Y. Frantsuzova. – Text : direct // *Proceedings – 2021 International Russian Automation Conference, RusAutoCon*. – 2021. – P. 142–147. DOI: 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537521.
55. SCANNER. Модельно–информационный комплекс / Под ред. А.А. Макарова. – Москва: ИНЭИ РАН, 2011. – 72 с. – Текст : непосредственный.

56. Selivanov K.V. Analysis of development trends of power industry market for power consumption purposes / K.V. Selivanov, V.A. Shakhnov. – Text : direct // DEFIN 2021 : ACM International Conference Proceeding Series. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference "Digital Economy and Finances". – 2021. – DOI: 10.1145/3487757.3490878.

57. Sidorenko V. Review of world energy market: base models / V. Sidorenko, V. Savin. – Direct text // Вестник университета. – 2014. – № 20. – С. 60–69.

58. Specifics of strategic managerial decisions–making in Russian oil companies / V. Plenkina, E. Deberdieva, O. Lenkova [et al.]. – Direct text // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2018. – Vol. 5, № 4. – P. 858–874.

59. Sporleder M. Design optimization of district heating systems: A review / M. Sporleder, M. Rath, M. Ragwitz. – Direct text // Frontiers in Energy Research. – 2022. – Vol. 10. – DOI 10.3389/fenrg.2022.971912.

60. Tangi M. Advancements in Multi–Objective Optimization for Planning and Management of MultiEnergy Systems / M. Tangi, A. Amaranto. – Text : electronic // Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. – 2025. – Vol.13, Issue 2. – 1130584. DOI: <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d13.0584>\_(date of the application: 23.06.2018).

61. The National Energy Modeling System: An Overview // US Energy Information Administration. – URL: <http://www.eia.gov/oiaf/aeo/overview/>\_(date of the application: 12.07.2022). – Text : electronic.

62. The Rationale for the Implementation of Investment Projects of the Fuel and Energy Complex Enterprise / M. G. Salko, E. M. Deberdieva, O. V. Lenkova [et al.]. – Text : direct // Strategies and Trends in Organizational and Project Management, Rostov–on–Don, 19–20 мая 2021 года; Editors: Pavel V. Trifonov, Marina V. Charaeva. – Rostov–on–Don: Springer Nature, 2022. – P. 481–487. – DOI 10.1007/978–3–030–94245–8\_65.

63. Veselitskaya N. Stakeholders and Their Participation in Foresight Projects (Стейкхолдеры и их участие в форсайт–проектах) / N. Veselitskaya, S. Shashnov. –

Text : direct // Foresight and STI Governance. – 2024. – №18(1). – P. 80–91. DOI: 10.17323/2500–2597.2024.1.80.91.

64. Wang Zh. Multi-Criteria Decision Making in Chemical and Process Engineering: Methods, Progress, and Potential / Zh. Wang, S. R. Nabavi, G. P. Rangaiah. – Direct text // Processes. – 2024. – Vol. 12, № 11. – P. 2532. – DOI 10.3390/pr12112532.

65. World Energy Outlook 2011. – Paris: International Energy Agency, 2011. – 666 p. – Direct text.

66. Żywiołek, Ju. From traditional to digital: The paradigm shift in the energy sector through green innovation / Ju. Żywiołek, R. Wolniak, W. W. Grebski. – Direct text // Energy Reports. – 2025. – Vol. 14. – P. 1-16. – DOI 10.1016/j.egy.2025.05.080.

67. Акимов А. В. Топливо–энергетический баланс стран Восточной Азии на фоне мировых тенденций / А. В. Акимов. – Текст : непосредственный // Проблемы Дальнего Востока. – 2021. – № 3. – С. 61–71. – DOI 10.31857/S013128120015426–9.

68. Алгоритм формирования региональных программ энергосбережения. – URL : <http://ines-ur.ru/wp-content/uploads/2021/09/algorithm-formirovaniya-regionalnyh-programm-energoberezeniya-konsultativnaya-programma-ifc-v-evrope-i-czentralnoj-azii.pdf> (дата обращения: 25.03.21). – Текст : электронный.

69. Алымов С. В. Методические вопросы учета нетрадиционных источников углеводородов в перспективном топливно–энергетическом балансе / С. В. Алымов, А. А. Ильинский. – Текст : непосредственный // Газовая промышленность. Спец. выпуск Нетрадиционные ресурсы нефти и газа. – 2012. – № 5. – С. 14.

70. Анализ влияния цен и инвестиций в электроэнергетике на развитие экономики России и регионов. – Текст : непосредственный: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. / Е. В. Яркин (науч. ред.) ; И. А. Долматов, С. В. Сасим, М. А. Панова и др. ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. — 41 с.

71. Анализ и моделирование экономики на основе межотраслевого баланса: монография / В.А. Ильин, Т.В. Ускова, Е.В. Лукин, С.А. Кожевников ; под

науч. рук. чл.-корр. РАН В.А. Ильина. – Текст : непосредственный – Вологда : ФГБУН ВолНЦ РАН, 2017 – 158 с.

72. Андреев М., Нелюбина А. Сценарии энергоперехода в России: эффекты в макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями / Центральный банк Российской Федерации, 2024. – URL : [https://www.cbr.ru/ec\\_research/ser/wp\\_122/](https://www.cbr.ru/ec_research/ser/wp_122/) (дата обращения: 20.05.2023). – Текст : электронный.

73. Андропова, И. В. Метод сценариев как основной инструмент формирования долгосрочных отраслевых прогнозов / И. В. Андропова, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Теория и практика общественного развития. – 2018. – № 8(126). – С. 64-69.

74. Атаев З. А. Структура единой энергосистемы России в постсоветский период / З. А. Атаев. – Текст : непосредственный // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2023. – Т. 87, № 3. – С. 348–357. – DOI 10.31857/S2587556623030044.

75. Афанасьев Г. А. Что такое форсайт? Попытки определения / Г. А. Афанасьев. – URL: <http://stra.teg.ru/library/global/Prognoz/foresight/4> (дата обращения: 10.08.2016). – Текст : электронный.

76. Афанасьева М. В. Методологические основы и перспективы развития прогнозирования и форсайта как основы структурных исследований в энергетике. Драйверы энергетики: инновации и передовые технологии / М. В. Афанасьева. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2014. – № 6. – С. 22–31.

77. Базылева Е. Топливо–энергетические балансы России: проблемы единства и многообразия / Е. Базылева. – Текст : электронный // ЦДУ ТЭК. – 2018. – URL: <https://dzen.ru/a/WtcCANsM2VuxF4KC> (дата обращения: 02.08.2020).

78. Баранов, А. О. Динамические мультипликаторы в экономике: результаты и интерпретация расчетов на примере России / А. О. Баранов, А. В. Гореев. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2024. – № 4(205). – С. 46-59. – DOI 10.47711/0868-6351-205-46-59.

79. Башмаков И. А. Динамический единый топливно–энергетический баланс России – реальная оценка энергоэффективности страны / И. А. Башмаков. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2024. – № 4. – С. 10–19.

80. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности и экономический рост / И. А. Башмаков. – Текст : непосредственный // Вопросы экономики. – №10. – 2019. – С.32 – 63. – DOI: 10.32609/0042–8736–2019–10–32–63.

81. Башмаков И. А. Углеродное регулирование в ЕС и российский сырьевой экспорт / И. А. Башмаков. – Текст : непосредственный // Вопросы экономики. – №1. – 2022. – С. 90–109. – DOI: 10.32609/0042–8736–2022–1–90–109.

82. Башмаков И. А. Энергетические балансы РФ и субъектов РФ как основа разработки и мониторинга программ повышения энергоэффективности / И. А. Башмаков. – Текст: электронный // Энергосовет. – 2012. – № 4 (23). – URL: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=310](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=310) (дата обращения: 11.12.2018).

83. Башмаков И. А. Энергоемкость ВВП России в 2015–2020 годах. Ч1. Анализ динамики / И. А. Башмаков. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – №2. – 2022. – С. 36–43.

84. Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности и экономический рост / И. А. Башмаков. – Текст : непосредственный // Вопросы экономики. – №10. – 2019. – С. 32 – 63. – DOI: 10.32609/0042–8736–2019–10–32–63.

85. Башмаков И.А. Ранжирование субъектов РФ по энергоемкости ВРП, суммарным и удельным выбросам парниковых газов от сжигания топлива / И. А. Башмаков, А. Д. Мышак. – URL: [https://esg-library.mgimo.ru/publications/ranzhirovanie-subektov-rf-po-energoemkosti-vrp-summarnym-i-udelnyum-vybrosam-parnikovyykh-gazov-ot-szh/?ysclid=mh8s7k35s9694155725&utm\\_source=ya.ru&utm\\_medium=referral&utm\\_campaign=ya.ru&utm\\_referrer=ya.ru](https://esg-library.mgimo.ru/publications/ranzhirovanie-subektov-rf-po-energoemkosti-vrp-summarnym-i-udelnyum-vybrosam-parnikovyykh-gazov-ot-szh/?ysclid=mh8s7k35s9694155725&utm_source=ya.ru&utm_medium=referral&utm_campaign=ya.ru&utm_referrer=ya.ru) (дата обращения: 25.09.2024). – Текст: электронный.

86. Белова О. В. Разработка модели топливно–энергетического баланса объекта / О. В. Белова, В. В. Литвак. – Текст : непосредственный // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность : материалы XX Всероссийской научно–

технической конференции, 2–4 декабря 2014 г., Томск : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2014. — Т. 1. — С. 315–317.

87. Биккулов А. С. Форсайт в Канаде: два уровня / А. С. Биккулов, М. С. Салазкин. — Текст : непосредственный // Форсайт. — 2007. — № 2. — С. 68–77.

88. Болкунов Г., Трифонова В., Волкова А. Электроэнергетика в России. Актуальные вызовы и потенциал развития. — Текст : непосредственный // Вестник Атомпрома. - № 4. — май. — 2025. — с.6-11.

89. Бушуев В. В. Интеллектуальное прогнозирование / В. В. Бушуев, В. Н. Сокотущенко. — Москва: ИД «Энергия», 2016. — 164 с. — Текст : непосредственный.

90. Бушуев В. В. Место структурного прогнозирования в исследованиях энергетики будущего / В. В. Бушуев, Н. К. Куричев, М. А. Николаев. — Текст : непосредственный // VII Мелентьевские чтения «Прогнозирование развития мировой и российской энергетики: подходы, проблемы, решения». — Москва, 2013. — С. 1–36.

91. Бушуев В. В. Энергетика России : избранные статьи, доклады, презентации 2014–2018 гг. В 4 т. Т. 4 / В. В. Бушуев. — Москва : ООО "Издательско-аналитический центр Энергия", 2018. — 740 с. — ISBN 978–5–98908–479–1. — EDN YANQLR. — Текст : непосредственный.

92. Бушуев В. В. Энергетический фактор в структуре национальной безопасности России / В. В. Бушуев, Н. И. Воропай. — Текст : непосредственный // Энергетическая политика. — 2017. — № 1. — С. 9–19.

93. В 2025 году инвестиции в дата-центры впервые превзойдут вложения в нефть. — Текст : электронный. — 12.11.25. — URL: <https://www.rbc.ru/business/12/11/2025/69147d169a7947f90979953a> (дата обращения: 15.12.25).

94. В России назвали варианты платы за выбросы углерода. — 26 июня 2025 // РБК. — Текст : электронный. — URL: <https://www.rbc.ru/business/26/06/2025/685bcc1b9a7947e020d0a96b> (дата обращения: 07.12.25).

95. В ХМАО зафиксирован рост глубины переработки углеводородов на фоне снижения добычи. — Текст : электронный. — 20.05.2025. — URL:

<https://faktologia.com/hmao/v-hmao-zafiksirovan-rost-glubiny-pererabotki-uglevodorodov-na-fone-snizheniya-dobychi> (дата обращения: 10.08.25).

96. Ведута Е. Н. Межотраслевой–межсекторный баланс. Механизм стратегического планирования экономики / Е. Н. Ведута. – Москва: Концептуал, 2025. – 304 с. – Текст : непосредственный.

97. Ведута Н. И. Социально–эффективная экономика / Н. И. Ведута; под ред. Ведута Е.Н. – Москва: Издательство РЭА; 1999. – 254 с. – Текст : непосредственный.

98. Веревкин А.П., Селезнев С.Б. Утилизация попутного нефтяного газа на основе электрогенерации: проблемы и решения. – Текст : непосредственный // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. №1. С. 56–62.

99. Веселитская, Н. Стейкхолдеры и их участие в Форсайт-проектах / Н. Веселитская, С. Шашнов. – Текст : непосредственный // Форсайт. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 80-91. – DOI 10.17323/2500-2597.2024.1.80.91.

100. Веселов Ф.В. Энергетический переход: как правильно войти и успешно пройти / Ф. В. Веселов. – Москва: 2020. – 184 с. – Текст : непосредственный.

101. Ветрова И. Ф. Динамическая модель межотраслевого баланса как инструмент контроля и оценки эффективности стратегического планирования интегрированных структур / И. Ф. Ветрова. – Текст : непосредственный // Учет. Анализ. Аудит. – 2025. – Т. 12, № 4. – С. 18–25. – DOI 10.26794/2408–9303–2025–12–4–18–25.

102. Видищева Е.В. Топливо–энергетический комплекс: особенности развития и управления в современных условиях: монография / Е.В.Видищева, О.А. Бугаенко, М.А. Селиверстова. – Москва : ИНФРА–М, 2024. – 111 с. – (Научная мысль). – DOI 10.12737/monography\_5b34ba8e3cf302.58745094. – Текст : непосредственный.

103. ВИЭ оставили 400 млрд рублей. – Текст : электронный // Энергетика в России и мире. – 09.09.19. - URL: <https://peretok.ru/articles/innovations/21079/> (дата обращения: 10.03.2026).



104. Волынская, Н. А. Прогнозирование спроса на топливно-энергетические ресурсы: методический аспект / Н. А. Волынская, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Казанская наука. – 2017. – № 12. – С. 16-21.

105. Восканян Е. Итоги недели 5–9 июля 2021 года: Россия находится на начальных этапах развития водородных технологий, но это направление – одно из самых перспективных / Е. Восканян. – Текст : электронный // Энергетика и промышленность России. – URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2021/5838688.htm> (дата обращения: 20.04.24)

106. Второй год подряд в мире растет количество сжигаемого попутного газа. – Aftershock (Каким будет завтра). – 20.06.25. – URL: <https://aftershock.news/?q=node%2F1526648&full> (дата обращения: 10.09.25). – Текст : электронный.

107. Высокие технологии на угле: как обеспечить энергией ЦОДы. – Текст : электронный // Ведомости. Аналитика. – 30.10.25. – URL: <https://www.vedomosti.ru/analytics/ideas/articles/2025/10/29/1150983-visokie-tehnologii-na-ugle-kak-obespechit-energiei-tsodi> (дата обращения: 03.11.25).

108. Выступление В.Путина на пленарном заседании Международного форума «Российская энергетическая неделя», тема «Создавая энергетику будущего вместе» прошедшего 16 октября 2025 г. в Москве. – URL: [http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/community\\_meetings/78233](http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/community_meetings/78233) (дата обращения: 29.10.25). – Текст : электронный.

109. Газеев М. Х. Обоснование управленческих решений по изменению структуры топливно-энергетического баланса: методический аспект / М. Х. Газеев, И. В. Осинская, Ю. А. Носова. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 11(100). – С. 276–281.

110. Газеев М.Х. Методические аспекты оценки нефтегазовых ресурсов континентального шельфа и Дальнего Востока / М.Х. Газеев, А.Б. Рыбак, Н.А. Волынская. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика, Тюмень, ТюмГНГУ, 1 (44). – 2015. – с.45-48.

111. Газеев, М. Х. Методические рекомендации по экономической оценке участков недр континентального шельфа Российской Федерации / М. Х. Газеев, Н. А. Волынская. – Текст : электронный // Интернет-журнал Науковедение. – 2013. – № 6(19). – С. 19.

112. Газпром увеличил полезное использование попутного газа в 2024 году // Интерфакс. Экономика. – URL: <https://www.interfax.ru/business/1029796> (дата обращения: 10.10.25). – Текст : электронный.

113. Галкина А. А. Межтопливная конкуренция / А.А. Галкина, Т.А. Митрова. – Текст : непосредственный // Экономический журнал ВШЭ. – 2022. – № 3.

114. Гальперова Е. В. Исследование зависимости роста неопределенности прогнозов производства и потребления энергоресурсов от рассматриваемой перспективы / Е. В. Гальперова, О. В. Мазурова. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2013. – № 3. – С. 33–38.

115. Гальперова Е. В. Методический инструментарий для долгосрочного прогнозирования спроса на энергоносители для разных временных стадий исследований / Е. В. Гальперова. – Текст : непосредственный // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2017. – № 3(7). – С. 22–34.

116. Гальперова Е. В. Прогнозирование спроса на энергоносители в регионе с учетом их стоимости / Е. В. Гальперова, Ю. Д. Кононов, О. В. Мазурова. – Текст : непосредственный // Регион: экономика и социология. – 2008. – № 3. – С. 207–219.

117. Гапо Е. Г. Оценка динамики и изменения пропорций топливно–энергетического баланса РФ / Е. Г. Гапо. – Текст : электронный // Промышленная энергетика. – 2023. – №4. – URL: <https://energiavita.ru/2023/07/05/ocenka-dinamiki-i-izmeneniya-proporcij-toplivno-ehnergeticheskogo-balansa-rf/> (дата обращения: 30.09.23).

118. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2042 г. - URL: <http://government.ru/docs/all/157376/> (дата обращения: 10.11.25). – Текст : электронный.

119. Герасимов Е. Энергоэффективность в цифрах. – Текст : электронный // Энергетика и промышленность России. - №07 (483) апрель 2024 г.- URL: <https://www.eprussia.ru/epr/483/1972865.htm> (дата обращения: 15.08.25).

120. Гидроэнергетика России и зарубежных стран. – Текст : непосредственный // Фонд «Центр стратегических разработок» (ЦСР). - декабрь 2022.

121. Гительман Л. Д. Инструменты устойчивого развития региональной энергетики / Л. Д. Гительман, В. В. Добродей, М. В. Кожевников. – Текст : непосредственный // Экономика региона. – 2020. – Т. 16, №4. – С. 1208–1223. – DOI: 10.17059/ekon.reg.2020–4–14.

122. Гительман Л. Д. Энергетический переход. Руководство для реалистов : монография / Л.Д. Гительман, М.В. Кожевников, Б.Е. Ратников. – Москва : СОЛОН–Пресс, 2023. – 396 с. – Текст : непосредственный.

123. Глобальный прогноз развития (Global Foresight Outlook, GFO) на 2007 год. – URL: [https://www.academia.edu/79745479/Global\\_Foresight\\_Outlook\\_GFO\\_2007](https://www.academia.edu/79745479/Global_Foresight_Outlook_GFO_2007) (дата обращения: 21.03.21). – Текст : электронный.

124. Глоссарий. – АО «Системный оператор Единой энергетической системы». - URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/glossary/> (дата обращения: 20.11.25). – Текст : электронный.

125. Горбунова, А. В. Возможность отраслевого прогнозирования на основе форсайт-технологий / А. В. Горбунова, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 11 декабря 2017 года / Ответственный редактор В. В. Пленкина. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 47-51.

126. Горбунова, А. В. Проблема формирования прогнозного топливно-энергетического баланса / А. В. Горбунова, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Нефть и газ Западной Сибири : материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 02–03 ноября 2017 года. Том 3. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. – С. 74-77.

127. Горяинов М. В. Методология обеспечения сбалансированности развития топливно–энергетического комплекса России: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством: теория управления экономическими системами; макроэкономика; экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами; управление инновациями; региональная экономика; логистика; экономика труда»: диссертация на соискание степени кандидата экономических наук / М. В. Горяинов. – Москва, 2016. – URL : <http://www.ipr-ras.ru/theses/goryainov/thesis-goryainov.pdf> (дата обращения: 15.07.2020). – Текст : электронный.

128. Горяинов М. В. Топливо–энергетический баланс России: характеристика, структура / М. В. Горяинов. – Текст : непосредственный // Вестник Академии. – 2015. – № 2. – С. 37–39.

129. Горячкина Н. А. Вопросы управления энергетической безопасностью / Н. А. Горячкина, И. В. Осинская. . – Текст : непосредственный // Бизнес и окружающая среда: баланс интересов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной Году Охраны окружающей среды, Тюмень, 17 мая 2013 года / Ответственный редактор Л.Н. Руднева. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2013. – С. 184-188.

130. ГОСТ Р 51387–99 Энергосбережение. Нормативно–методическое обеспечение. Основные положения. – URL: <https://internet-law.ru/stroyka/doc/37973/> (дата обращения: 25.09.2024). – Текст: электронный.

131. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2021 год // Министерство экономического развития РФ. – Москва, 2021. – 127 с. – Текст : непосредственный.

132. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2023 год // Министерство экономического развития РФ. – Москва, 2023. – 155 с. – Текст : непосредственный.

133. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2024 год// Министерство экономического развития РФ. – Москва, 2024. – 116 с. – Текст : непосредственный.

134. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2023 году. – URL: [https://sro150.ru/images/docs/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_energoberezheniya\\_v\\_rf\\_za\\_2023\\_god.pdf](https://sro150.ru/images/docs/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_v_rf_za_2023_god.pdf) (дата обращения: 10.08.25). – Текст : электронный.

135. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2024 году. – URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya\\_deyatelnost/povysheniye\\_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy\\_doklad/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_energoberezheniya\\_i\\_povyshenii\\_energeticheskoy\\_effektivnosti\\_v\\_rossiyskoy\\_federacii\\_za\\_2024\\_god.html](https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya_deyatelnost/povysheniye_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy_doklad/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_energoberezheniya_i_povyshenii_energeticheskoy_effektivnosti_v_rossiyskoy_federacii_za_2024_god.html) (дата обращения: 10.08.25). – Текст : электронный.

136. Григоренко Д. Правительство прорабатывает создание цифровой платформы для строительства и обслуживания ЦОД. – Текст : электронный. – 12.12.25. – URL: <http://government.ru/news/57272/> (дата обращения: 27.12.25).

137. Губернатор ХМАО Кухарук анонсировал планы по созданию в регионе центров обработки данных. – Текст : электронный // faktologia.com. - URL: <https://faktologia.com/hmao/gubernator-hmao-kuharuk-anonsiroval-plany-po-sozdaniyu-v-regione-czentrov-obrabotki-dannyh> (дата обращения: 10.02.26).

138. Гулиев И.А. ТЭК России: итоги года 2023 и ожидания 2024 / И. А. Гулиев. – Портал МГИМО. – 10 января 2024 г. – URL: [https://mgimo.ru/about/news/experts/tek-rossii-2023/?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://mgimo.ru/about/news/experts/tek-rossii-2023/?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru) (дата обращения: 20.03.24). – Текст : электронный.

139. Данным ищут киловатты. Новые энергомощности для ЦОДов оценили в 6 трлн рублей до 2030 года. – Текст : электронный. – 03.12.25. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8249913> (дата обращения: 10.12.25).

140. Декарбонизация в нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России // Skolkovo Moscow School of Management. Март 2021. – URL: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_Decarbonization\\_of\\_oil\\_and\\_gas\\_RU\\_22032021.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Decarbonization_of_oil_and_gas_RU_22032021.pdf) (датаобращения:05.02.25). – Текст : электронный.

141. Дзюба А. П. Тенденции и ключевые направления развития мирового топливно–энергетического комплекса в условиях долгосрочного энергетического перехода / А. П. Дзюба, Д. В. Конопелько. – Текст : непосредственный // Вестник экономики, управления и права. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 16–29.

142. Динамический единый топливно–энергетический баланс России за 2015–2022 годы / И.А. Башмаков, А.Д. Мышак, В.А. Башмаков [и др.]; Центр энергоэффективности – XXI век. – 21 с. – Текст : непосредственный.

143. Добродей В. В. Механизм согласования параметров прогноза социально–экономического развития и топливно–энергетического баланса региона / В. В. Добродей. – Текст : непосредственный // Экономика региона. – 2015. – № 2(42). – С. 220–235. – DOI 10.17059/2015–2–18.

144. Добродей В. В. Надежность регионального топливно–энергетического баланса / В. В. Добродей, Г. Б. Коровин. – Текст : непосредственный // Журнал экономической теории. – 2009. – № 4. – С. 10.

145. Доклад о цифровой экономике. Формирование экологически устойчивого и инклюзивного цифрового будущего. – Текст : электронный. – ООН. – Женева. - 2024. – URL: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/> (дата обращения: 10.12.24).

146. Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации: утв. указом Президента РФ от 13 мая 2019 года №216. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554531904> (дата обращения: 06.09.20). – Текст : электронный.

147. Долгосрочная программа развития производства сжиженного природного газа в Российской Федерации, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 16 марта 2021 г., № 640-р. – URL:

<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400381407/> (дата обращения: 12.04.23).  
 . – Текст : электронный.

148. Дороненко М. В. Конструирование дефиниции категории «Цифровая экономика» методом двухуровневой триадической дешифровки / М. В. Дороненко. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2021. – № 4. – С. 42–47. – DOI 10.17513/fr.42998.

149. Доронин, М. С. О порядке составления топливно–энергетических балансов субъектов Российской Федерации / М. С. Доронин. – Текст : непосредственный // Наука, техника и образование. – 2021. – № 7(82). – С. 27–29.

150. Дребенцов В. В. Перспективы мирового нефтяного рынка в сценариях РЭА Минэнерго России / В. В. Дребенцов, Н. А. Иванов, В. В. Семикашев. – Текст : непосредственный // Вопросы экономики. – 2025. – № 2. – С. 5–18. – DOI 10.32609/0042–8736–2025–2–5–18.

151. Дребенцов В. В. Сценарии развития мировой нефтегазовой отрасли: взгляд из России / В. В. Дребенцов, Н. А. Иванов, В. В. Семикашев. – Текст : непосредственный // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2024. – № 6(234). – С. 45–58.

152. Дребенцов В. Сценарий энергоперехода для России и мира / В. Дребенцов, Н. Иванов, В. Семикашев. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2024. – № 6(197). – С. 74–83. – DOI 10.46920/2409–5516\_2024\_6197\_74.

153. Егина Н. А. Энергетическая безопасность как стратегический приоритет национальной безопасности / Н. А. Егина. – Текст : непосредственный // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18, № 10(415). – С. 1828–1856. – DOI 10.24891/ni.18.10.1828.

154. Екатериновская М. А. Управление развитием: программно–целевой подход : монография / М. А. Екатериновская. – Москва : Прометей, 2020. – 284 с. – Текст : непосредственный.

155. Еременко О. В. Методологические основы формирования топливно–энергетического баланса Восточной Сибири и Дальнего Востока / О. В. Еременко ;

О. В. Еременко. – Препринт. – Москва : Горная книга, 2011. – 73 с. – EDN QURCYF.  
– Текст : непосредственный.

156. Задера С., Тихонов С. В прошлом самая дорогая генерация стала экономически выгодна. Глава АРВЭ Жихарев - о перспективах возобновляемой энергетики. – Текст : электронный // Российская газета. – 29.06.25. -URL: <https://rg.ru/2025/06/29/glava-arve-zhiharev-stroit-solnechnye-elektrostantsii-deshevlechem-novye-gazovye.html> (дата обращения: 05.09.25).

157. Закон Тюменской области от 27 декабря 2013 г. N 110 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности в Тюменской области" (с изменениями и дополнениями) . – Текст : электронный. – URL: <https://base.garant.ru/21709915/> (дата обращения: 20.03.24).

158. Зиновьева О. М. Экономика в сфере безопасности: экономические методы определения эффективности использования природных ресурсов : практикум / О. М. Зиновьева. – Москва : Изд-во МГИМО – Ун-т, 2017. – 73 с. – Текст : непосредственный.

159. Зияние неизвестных. Как свести прогнозный топливно–энергетический баланс / Н.М. Сторонский, И.В. Тверской, В.Н. Толмачев, А.Р. Сибгатуллин –Текст : непосредственный // Нефтегазовая вертикаль. – 2022. – №9. – С. 14–21.

160. Зубарев А. А. Приоритетные направления в прогнозировании топливно–энергетического баланса, учитывающего развитие альтернативных источников энергии / А. А. Зубарев, Я. В. Соколов. – Текст : непосредственный // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2021. – Т. 1, № 3(111). – С. 54–57. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2021.03.01.005.

161. Зырянов В. В. Топливо–энергетический баланс в системе управления региональным топливно–энергетическим комплексом / В. В. Зырянов. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. Академика М.Ф. Решетнева. – 2006. – № 5(12). – С. 111–114.

162. Иванов Н. А. Проблемы межтопливной конкуренции в условиях энергоперехода / Н. А. Иванов, А. Е. Сарычев, И. А. Стоянова. – Текст : непосредственный // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2023. – №



8(224). – С. 55–64. – DOI 10.33285/1999–6942–2023–8(224)–55–64.

163. Ивантер В. В. Роль межотраслевого баланса в макроэкономическом анализе и прогнозировании / В. В. Ивантер. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 6. – С. 3–6.

164. Иерархическое моделирование систем энергетики / отв. ред. Н.И. Воропай, В.А. Стенников; Рос. акад. наук, Сибирское отделение, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2020. – 315 с. – Текст : непосредственный.

165. Инновационные АЭС и ветроэнергетика: что ждет российский ТЭК. – РИА Новости. – 17.11.2025. – URL: <https://ria.ru/20251117/tek-2051200041.html> (дата обращения: 17.11.25)/ –Текст : электронный.

166. Инновационные АЭС и ветроэнергетика: что ждет российский ТЭК. – РИА Новости. – 17.11.2025. – URL: <https://ria.ru/20251117/tek-2051200041.html> (дата обращения: 17.11.25). – Текст : электронный.

167. Институт энергетических исследований Российской академии наук. – URL: <https://www.eriras.ru/> (дата обращения: 15.01.24). –Текст : электронный.

168. Институту энергетических исследований РАН – 25 лет / под ред. А. А. Макарова. – Москва: ИНЭИ РАН, 2010. – 160 с. – Текст : непосредственный.

169. Инфографика: топ 25 стран по уровню потребления нефти. – 26.08.25. – URL: <https://www.vokrugsveta.ru/history/infografika-top-25-stran-po-urovnyu-potrebleniya-nefti-id6520746/> (дата обращения: 22.02.26). – Текст : электронный.

170. Исследование перспективы развития гидроэнергетики в Сибири, на Дальнем Востоке и Камчатке / И. Бердышев, В. Битней, Д. Габдушев [и др.]. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2023. – № 6(184). – С. 38–53.

171. История переговоров ОПЕК+ о стабилизации нефтяного рынка. – ТАСС.- 01.06.24. - URL: <https://tass.ru/info/8665041> (дата обращения: 08.08.24). – Текст : электронный.

172. Итоги круглого стола Комитета Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации по энергетике // Минэнерго России. – 21.11.2022г. – URL: <https://rosenergo.gov.ru/press-center/news/temu-formirovaniya>–

toplivno–energeticheskikh–balansov–rassmotreli–na–zasedanii–komiteta–gosudarstven/  
(дата обращения: 12.02.2024). – Текст : электронный.

173. Как сбалансировать процесс цифровизации с возможностями энергосистемы. – Текст : электронный // РБК Отрасти. – 19.08.2025. – URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/689efdd99a794703e9d35e47> (дата обращения: 15.03.26).

174. Кейко А. В. Перспективные энергетические технологии / А. В. Кейко. – Москва : ИНЭИ РАН, 2024. – 222 с. – ISBN 978–5–91438–040–0. – Текст : непосредственный.

175. Киршина И. А. Формирование аналитической модели и концептуального подхода к стратегическому управлению энергопотреблением природного газа на промышленном предприятии / И. А. Киршина, В. А. Кокшаров. – Текст : непосредственный // Микроэкономика. – 2022. – № 4. – С. 65–73. – DOI 10.33917/mic–4.105.2022.65–73.

176. Киушкина В.Р. Оптимизация локальной энергетики децентрализованных территорий северных регионов через укрепление позиций энергетической безопасности (на примере Республики Саха (Якутия)). – Текст : электронный // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/113TVN617.pdf> (доступ свободный). – (дата обращения: 20.01.2024).

177. Кичигин О. Э. Рационализация структуры топливно–энергетического баланса России / О. Э. Кичигин. – Текст : непосредственный // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. – 2009. – № 5(32). – С. 342–344.

178. Климатическая доктрина Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2023 года № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации». – Текст : электронный // Гарант : [официальный сайт]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407782529/> (дата обращения: 25.09.2024).

179. Коданева С. И. Энергетический переход: перспективы и механизмы реализации / С. И. Коданева. – Текст : непосредственный // Россия и современный мир. – 2022. – № 4(117). – С. 162–183. – DOI 10.31249/rsm/2022.04.09.

180. Козеняшева М. М. Понятие "энергопереход" на современном этапе трансформации мировой экономики / М. М. Козеняшева, Р. Д. Мингалеева. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2022. – № 215. – С. 249–257. – DOI 10.14451/1.215.249.

181. Кокшаров В. А. Диспропорции формирования топливно–энергетического баланса как объект управления энергопотреблением в регионе / В. А. Кокшаров. – Текст : непосредственный // Вестник Челябинского государственного университета. – 2010. – № 26(207). – С. 87–92.

182. Колпаков А.Ю. Роль топливно–энергетического комплекса в формировании экономической динамики России / А.Ю. Колпаков. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 6. – С. 111–129.

183. Комплексный план мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики Российской Федерации от 19 апреля 2018 г. № 703–р. – Москва. – Текст : электронный // Гарант : [официальный сайт]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71830276/>(дата обращения: 26.10.2025).

184. Кононов Ю. Д. Способы анализа прогнозной области развития электроэнергетики / Ю. Д. Кононов, Д. Ю. Кононов. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 5(170). – С. 97–104.

185. Кононов Ю. Д. Способы повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК / Ю. Д. Кононов, Д. Ю. Кононов. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2013. – № 1. – С. 53–60.

186. Кононов Ю.Д. Оценка и учет в прогнозных исследованиях ТЭК экономической составляющей энергетической безопасности / Ю.Д. Кононов. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2021. – № 2. – С. 56–62.

187. Кононов Ю.Д. Поэтапный подход к повышению обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК и к оценке стратегических угроз / Ю.Д. Кононов. – Текст : непосредственный // Известия РАН. Энергетика. – 2014. – №2. – С. 61–69.

188. Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК / Отв. ред. А.А. Макаров. – Новосибирск: Наука, 2015. – 147 с. – Текст : непосредственный.

189. Конференция Сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: [сайт]. – URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/un-climate-conferences> (дата обращения: 10.03.24) . – Текст : электронный.

190. Концепция технологического развития на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 года № 1315–р. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [официальный сайт]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_447895/a47ab92d350dda2f44a827609f6d0cffbf4e9666/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_447895/a47ab92d350dda2f44a827609f6d0cffbf4e9666/) (дата обращения: 10.12.2016).

191. Коржубаев А. Г. Проблемы и перспективы эффективного использования попутного нефтяного газа в России / А. Г. Коржубаев, Д. А. Ламерт, Л. В. Эдер. – Текст : непосредственный // Бурение и нефть. – 2012. – № 4. – С. 4–7.

192. Королев П. Российским дата-центрам понадобится больше мощности. – Текст : электронный. – ComNews. – 23.05.2025. – URL: <https://www.comnews.ru/content/239350/2025-05-23/2025-w21/1008/rossiyskim-data-centram-ponadobitsya-bolshe-moschnosti> (дата обращения: 10.12.25).

193. Костылева Т. «Мегатренды» в IT – исследование «Ростелекома». – 21.01.2022. – URL: <https://d-russia.ru/megatrendy-v-it-issledovanie-rostelekoma.html> (дата обращения: 10.03.25). – Текст : электронный.

194. Кочергин Г. А. Прогнозирование суммарных объемов факельного сжигания попутного газа на нефтедобывающей территории / Г. А. Кочергин, М. А. Куприянов, Ю. М. Полищук. – Текст : непосредственный // Экспозиция Нефть Газ. – 2019. – № 2(69). – С. 99–102. – DOI 10.24411/2076–6785–2019–10021.

195. Крюков В. Нефтяные фонды и проблемы экономического развития / В. Крюков. – Текст : непосредственный // Международная экономика и международные отношения. – 1994. – №5. – С. 117–125.

196. Крюков С. В. Форсайт: от прогноза к формированию будущего / С. В. Крюков. – Текст : электронный // Современная экономическая теория. – 2010. – Т. 8, № 3, ч. 2. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/forsayt-ot-prognoza-k-formirovaniyu-buduschego> (дата обращения: 02.06.2016).

197. Кузнецов И. Смена регионального баланса сил — главный мегатренд для отечественной нефтехимии до 2030 г. – 14.04.2017 // Экономика и жизнь. – URL: <https://www.eg-online.ru/article/342004/> (дата обращения: 10.07.2019). – Текст : электронный.

198. Кузнецов С. Э. Использование попутного нефтяного газа в ХМАО – Югре на 2021 год. Проблемы и перспективы / С. Э. Кузнецов, Т. И. Дятлова. – Текст : непосредственный // Пути реализации нефтегазового потенциала Западной Сибири : Материалы Двадцать шестой научно–практической конференции, Ханты–Мансийск, 22–25 ноября 2022 года. – Ханты–Мансийск: Автономное учреждение Ханты–Мансийского автономного округа – Югры "Научно–аналитический центр рационального недропользования им.В.И.Шпильмана", 2023. – С. 381–385.

199. Кулагин В.А., Грушевенко Д.А., Галкина А.А. Прогноз развития энергетики мира и России до 2050 года. – Текст : непосредственный // Современная мировая экономика. Том 2. 2024. №1(5).

200. Кулапин А. Цифровой ТЭБ станет основой единой цифровой модели ТЭК / А. Кулапин. – URL: <https://энергия-единой-сети.рф/novosti/czifrovoj-teb-stanet-osnovo-j-edinoj-czifrovoj-modeli-tek-aleksej-kulapin/> (дата обращения: 18.09.2025). – Текст : электронный.

201. Лapidус Л. В. Форсайт как стратегический инструмент технологического прогнозирования при цифровой трансформации / Л. В. Лapidус, А. О. Драганюк, А. Р. Мзиков. – Текст : непосредственный // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29, № 6. – С. 630–644. – DOI 10.35854/1998–1627–2023–6–630–644.

202. Лебедев А. С. Планирование эффективного использования производственно–ресурсного потенциала в добыче нефти : научное издание / А. С. Лебедев, М. Н. Карнаухов, И. В. Осинская. – Санкт–Петербург : Недра, 2009. – 218 с. – Текст : непосредственный.

203. Левкович, С. В. Повышение эффективности управления разработкой нефтяных месторождений: диалог власти и недропользователя / С. В. Левкович, А. Г. Копытов, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Вопросы управления. – 2025. – Т. 19, № 3. – С. 38-58.

204. Левкович, С. Эффективность исполнения недропользователями требований проектных документов на разработку месторождений углеводородов / С. Левкович, А. Копытов, И. Осинская. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2026. – № 2(217). – С. 40-57. – DOI 10.46920/2409-5516\_2026\_02217\_40.

205. Лемм Е. А. Влияние повышения эффективности промышленности региона на топливно–энергетический баланс / Е. А. Лемм, А. В. Шаркова. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы нефти и газа : Сборник трудов VI Всероссийской молодежной научной конференции, Москва, 18–20 октября 2023 года. – Москва: Институт проблем нефти и газа РАН, 2023. – С. 319–322.

206. Лещинер Р. Топливо–энергетический комплекс СССР / Р. Лещинер. – Текст : непосредственный // Политическое самообразование. – 1986. – №8. – С.14–19.

207. Лифшиц М. Мегатренды: что движет энергетическим сектором в 2019 г. / М. Лифшиц. – Текст : электронный // Инвест – форсайт : деловой журнал. – URL: <https://www.if24.ru/megatrendy-energetika-2019/> (дата обращения: 20.05.2021).

208. Лицзюань Чжан, Пономаренко Т. В., Сидоров Д. В. Оценка чистых угольных технологий с применением технологии улавливания, утилизации и хранения углерода в угольной промышленности Китая. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024 – № 2 – С. 105–128. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2024\_2\_0\_105.

209. Логинов Е. Л. Системные проблемы экономической безопасности / Е. Л. Логинов. – Москва : Научтехлитиздат, 2007. – 867 с. – Текст : непосредственный.
210. Лукьянец А. А. Управление топливно–энергетическим балансом муниципального образования и энергобезопасность – анализ проблемной ситуации / А. А. Лукьянец, В. Г. Ротарь, А. А. Шумский. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311, № 6. – С. 82–87.
211. Любимова Е. В. Отражение множественности методик построения энергетического баланса при энергетических исследованиях (на примере Иркутской области) / Е. В. Любимова. – Текст : электронный // Вестник НГУ. Серия: Социально–экономические науки. – 2010. – Т. 10, вып. 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otrazhenie-mnozhestvennosti-metodik-postroeniya-energeticheskogo-balansa-pri-energeticheskikh-issledovaniyah-na-primere-irkutskoy/viewer> (дата обращения: 22.09.2020).
212. Ляхнова М. В. Межтопливная конкуренция: энергопотребление по секторам в странах / М. В. Ляхнова. – Текст : непосредственный // Modern Science. – 2020. – № 4–1. – С. 116–122.
213. Мазурова, О. В. Макроэкономическая оценка последствий угрозы долговременного дефицита электроэнергии / О. В. Мазурова. – Текст : непосредственный // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2017. – Т. 13, № 6(351). – С. 1093–1101. – DOI 10.24891/ni.13.6.1093.
214. Макаров А. А. Долгосрочный прогноз развития энергетики мира и России / А. А. Макаров, Т. А. Митрова, В. А. Кулагин. – Текст : электронный // Экономический журнал высшей школы экономики. – 2012. – № 2. – С. 172–204. – URL: <http://ineiran.ru/articles/2012may-makarov-a-a-mitrova-t-a-kulagin-v-a-dolgosrochnyj-prognoz-razvitiya-energetiki-mira-i-rossii-ekonomicheskij-zhurnal-vysshej-shkoly-ekonomiki-tom-16-2-2012-s-172-204.pdf> (дата обращения: 15.09.2014).
215. Макаров А. А. Методы и результаты прогнозирования развития энергетики России / А. А. Макаров. – Текст : непосредственный // Известия РАН. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 12.

216. Макаров А.А. Возможности технологического прогресса в энергетике России / А. А. Макаров. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 1. – С. 71–87.

217. Макаров А.А., Веселов Ф.В., Малахов В.А. Сценарии интенсификации развития экономики и энергетики России. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования, 2024, № 4 . - DOI: 10.47711/0868-6351-205-102-119.

218. Малахов В.А. Проблемы определения макроэкономических последствий НТР в секторах экономики. Оценка мультипликативных эффектов роста тарифов и инвестиций в электроэнергетике. – Текст : непосредственный // доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Структурно-технологическая и цифровая трансформация промышленности России», ИНП РАН – 02.10.2025. – ИНЭИ РАН.

219. Малые атомные станции: как они изменяют энергетическую отрасль и бизнес. – Текст : электронный // СБЕРпро. – URL: <https://sber.pro/publication/malie-atomnie-stantsii-kak-oni-izmenyat-energeticheskuyu-otrasl-i-biznes/> (дата обращения: 10.02.26).

220. Мамий, И. П. Прогнозные топливно-энергетические балансы: методологические проблемы и варианты формирования / И. П. Мамий, М. А. Иващенко. – Текст : непосредственный // Мы продолжаем традиции российской статистики : Материалы I Открытого российского статистического конгресса, Новосибирск, 20–22 октября 2015 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет экономики и управления "НИНХ", 2015. – С. 642-643.

221. Мастепанов А. Проблемы и перспективы энергетического сотрудничества России со странами Восточной Азии. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. — 2023 — 10 (189). — С. 54—65.

222. Мастепанов, А. М. The Energy Trilemma Index как оценка энергетической безопасности / А. М. Мастепанов, Б. Н. Чигарев. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2020. – № 8(150). – С. 66-83. – DOI 10.46920/2409-5516\_2020\_8150\_66.



223. Масштабные стройки требуют масштабного финансирования. – Текст : электронный // Энергетика и промышленность России. - № 13-14 (513-514) июль 2025 года . -URL: <https://www.eprussia.ru/epr/513-514/1080319.htm> (дата обращения: 10.03.26).

224. Международное агентство по атомной энергии. Создание потенциала устойчивого энергетического развития. – URL: [https://www.iaea.org/sites/default/files/capacity\\_rus.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/capacity_rus.pdf) (дата обращения: 12.04.2021). – Текст : электронный.

225. Международный опыт цифровой трансформации электроэнергетики. – Текст : непосредственный // Доклад на стратегической сессии Ассоциации организаций цифрового развития отрасли «Цифровая энергетика». – май 2020 г. – Москва.

226. Мелентьев Л.А. Методология системных исследований в энергетике / Л.А. Мелентьев. – Москва : Наука, 1995. – 289 с. – Текст : непосредственный.

227. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. Элементы теории, направления развития / Л.А. Мелентьев. – Москва : Наука, 1983. – 455 с. – Текст : непосредственный.

228. Мессояханефтегаз реализовал уникальную схему утилизации попутного нефтяного газа. – URL : <https://www.rosneft.ru/press/news/item/202051/> (дата обращения: 05.10.2025). – Текст : электронный.

229. Методические рекомендации по разработке и корректировке долгосрочного прогноза социально-экономического развития Российской Федерации. – Утверждены приказом Минэкономразвития России от 30.06.2016 г. № 417. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [официальный сайт]. – URL : [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_282735/8a3c6f9a3640ecc194606542518ac9dd2fc191b4/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_282735/8a3c6f9a3640ecc194606542518ac9dd2fc191b4/) (дата обращения: 12.04.2019).

230. Методический подход к исследованию энергоэффективности экономики России и Монголии на основе топливно-энергетических балансов / Б. Г. Санин, А. Д. Соколов, С. Ю. Музычук [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Байкальского государственного университета. – 2019. – Т. 29, № 1. – С. 88–94. – DOI 10.17150/2500–2759.2019.29(1).88–94.

231. Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики / Ю.Д. Кононов, Е.В. Гальперова, Д.Ю. Кононов [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2009 – 178 с. – Текст : непосредственный.

232. Минэнерго не видит необходимости формирования ТЭБ на уровне муниципалитетов. – Текст : электронный // Аналитический центр при правительстве РФ. – 2016. – URL: <http://ac.gov.ru/events/010601.html> (дата обращения: 10.12.2016).

233. Минэнерго предлагает установить предельный CAPEX для новых АЭС на уровне 184,1 тыс.руб. за 1 кВт. – Текст : электронный // Центр «КОДЕКС». – URL: <https://centrkodeks.cntd.ru/news/read/minnergo-predlagaet-ustanovit-predelnyy-sapex-dlya-novyh-as-na-urovne-1841-tysrub-za-1-kvt/novosti-energetiki> (дата обращения: 10.03.2026).

234. Минэнерго: в некоторых регионах России растущее потребление электроэнергии обеспечит ВИЭ. – URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2025/782040.htm> (дата обращения: 15.08.25) . – Текст : электронный.

235. Мировой рынок нефти: новые правила игры для России. – Текст : непосредственный // Энергетические тренды. – №109. - июнь. – 2022.

236. Митрова Т. Энергопереход и риски для России / Т. Митрова. – Текст : непосредственный // Нефтегазовая вертикаль. – 2021. – №6. – С. 28–34.

237. Наука в Сбере 2023: информационный сборник / А. Р. Ефимов, А. М. Бройтман, О. О. Василенко, Ю. И. Дюгованец, Д. В. Золотухина, А. Клицо, Л. Ю. Матич, С. Д. Морошкин, Е. И. Певная, М. А. Пукальчик, И. А. Столяров, В. Г. Тимошенко, И. Б. Хлебников, А. В. Якутов ; под общ. ред. А. Р. Ефимова. – Текст : непосредственный. — М.: Сбер, 2023 —92 с.

238. Национальный проект «Новые атомные и энергетические технологии». – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/929/about/> (дата обращения: 10.11.25). – Текст : электронный.

239. Некрасов А. С. Построение и анализ энергетического баланса / А. С. Некрасов, Ю. В. Синяк, В. А. Янпольский. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 180 с. – Текст : непосредственный.

240. Никитаева А. Ю. Цифровая трансформация и переход к альтернативным источникам энергии как приоритетные векторы развития энергетики / А. Ю. Никитаева, Д. В. Подгайнов. – Текст : непосредственный // Вестник Академии знаний. – 2021. – № 47(6). – С. 291–295. – DOI 10.24412/2304–6139–2021–6–291–295.

241. Ничего лишнего: в ИСЭМ СО РАН рассчитали оптимальный резерв мощности для Единой энергосистемы России. – Текст : электронный // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук. – 19 марта 2021 г. – URL: <https://isem.irk.ru/news/article-2021-03-19/> (дата обращения: 15.11.24).

242. Носова Ю. А. Применение программно-целевых технологий в прогнозировании и планировании ТЭБ / Ю. А. Носова, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием : Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Тюмень, 30 ноября 2018 года / Ответственный редактор В.В. Пленкина. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 174-178.

243. Носова Ю. А. Разработка направлений по совершенствованию структуры топливно - энергетического баланса / Ю. А. Носова, И. В. Осинская, М. В. Пленкина. – Текст : непосредственный // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием : Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции, Тюмень, 29 ноября 2019 года / Отв. редактор В.В. Пленкина. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 142-145.

244. Носова, Ю. А. Обеспечение экологической безопасности объектов нефтегазовой отрасли: проблемы и пути решения / Ю. А. Носова, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Арктика: современные подходы к производственной

и экологической безопасности в нефтегазовом секторе : материалы Международной научно-практической конференции: в 2 т., Тюмень, 27 ноября 2019 года. Том II. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 202-206.

245. О Форсайт – центре : [сайт]. – URL: <https://foresight.hse.ru/about> (дата обращения: 11.02.2016). – Текст : электронный.

246. Об утверждении официальной статистической методологии составления топливно-энергетического баланса Российской Федерации: приказ Росстата России от 4 апреля 2014 г. № 229. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70538084/> (дата обращения: 22.02.24). – Текст : электронный.

247. Облачный ландшафт. Предложения по развитию рынка хранения и обработки данных в России (ПАО «Ростелеком»). – Текст : электронный. - Москва. – 2020. – URL: [https://www.company.rt.ru/projects/data-centers/Cloud\\_landscape\\_Rostelecom\\_2020.pdf](https://www.company.rt.ru/projects/data-centers/Cloud_landscape_Rostelecom_2020.pdf) (дата обращения: 10.12.25).

248. Онищенко Г. Б. Развитие энергетики России. Направления инновационно–технологического развития: учебное пособие / Г. Б. Онищенко, Г. Б. Лазарев. – Москва: Изд–во Россельхозакадемия, 2008. – 198 с. – Текст : непосредственный.

249. Осиновская И. В. Долгосрочные перспективы угольной энергетики в структуре прогнозного топливно–энергетического баланса / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Теория и практика общественного развития. – 2026. – № 3(215). – С. 160–168. – DOI 10.24158/tipor.2026.3.17.

250. Осиновская И. В. Оптимизация структуры ТЭБ посредством учета альтернативных источников энергии / И. В. Осиновская, Ю. А. Носова. – Текст : непосредственный // Нефть и газ: технологии и инновации : Материалы Национальной научно-практической конференции. В 3-х томах, Тюмень, 19–20 ноября 2020 года / Отв. редактор Н.В. Гумерова. Том I. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 224-226.

251. Осиновская И. В. Программно–целевой подход как основа формирования и управления структурой топливно–энергетического баланса / И. В. Осинов-

ская, Н. А. Волынская, Ю. А. Носова. – Текст : непосредственный // Вестник Академии знаний. – 2019. – № 30(1). – С. 138–143.

252. Осиновская И. В. Системные контуры управления топливно–энергетическим балансом / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий : Материалы Международной научно–практической конференции. В 4–х томах, Тюмень, 23 декабря 2022 года. Том 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 264–267.

253. Осиновская И. В. Топливо–энергетический баланс – как инструмент управления энергетической безопасностью государства / И. В. Осиновская, Н. А. Волынская, О. А. Жигунова. – Текст : непосредственный // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 37(2). – С. 252–258. – DOI 10.24411/2304–6139–2020–10173.

254. Осиновская И. В. Топливо–энергетический баланс как инструмент управления энергетической безопасностью страны / И. В. Осиновская, Ю. А. Носова. – Текст : непосредственный // Нефть и газ Западной Сибири : материалы Международной научно–технической конференции, Тюмень, 02–03 ноября 2017 года. Том 3. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. – С. 146–148.

255. Осиновская И. В. Топливо–энергетический баланс как инструмент управления энергетической безопасностью страны / И. В. Осиновская, Ю. А. Носова. – Текст : непосредственный // Нефть и газ Западной Сибири : материалы Международной научно–технической конференции, Тюмень, 02–03 ноября 2017 года. Том 3. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. – С. 146–148.

256. Осиновская И. В. Формирование программы сбалансированного развития ТЭК: методические аспекты / И. В. Осиновская, В. В. Пленкина, И. В. Андропова. – Текст : непосредственный // Теория и практика общественного развития. – 2023. – № 9(185). – С. 106–112.

257. Осиновская И. В. Формирование топливно–энергетического баланса в условиях цифровой экономики / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Цифровая экономика и финансы : материалы IV Международной научно–практи-

ческой конференции, Санкт–Петербург, 18–19 марта 2021 года. – Санкт–Петербург: Центр научно–производственных технологий «Астерион», 2021. – С. 74–78.

258. Осиновская И. В. Формирование топливно–энергетического баланса на основе принципов программно–целевого подхода / И. В. Осиновская, В. В. Пленкина. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 9(146). – С. 678–683.

259. Осиновская И.В Интеллектуальное прогнозирование топливно–энергетического баланса: условия и функциональные возможности. – Текст : электронный .// Информационные технологии в экономике: сборник научных трудов II Всероссийской научно–практической Интернет конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 25–26 марта 2026 года [Электронное издание] / под. ред. А.В. Велигуры – Луганск: Изд–во ФГБОУ ВО "ЛГУ им. В. Даля", 2026.– С.147–149.

260. Осиновская И.В. Интенсификация опережающего развития электроэнергетики как фактор структурных изменений прогнозного топливно–энергетического баланса / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2026. – Т. 8, № 2(167). – С. 72–85. – DOI 10.36871/ek.ur.p.r.2026.02.08.009.

261. Осиновская И.В. Ключевые аспекты формирования национальной интеллектуальной системы разработки прогнозного топливно–энергетического баланса / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Цифровая трансформация: тенденции и перспективы : Сборник трудов IV Международной научно–практической конференции, Москва, 18 декабря 2025 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Мир науки", 2025. – С. 327–331.

262. Осиновская И.В. Методологические основы формирования топливно–энергетического баланса на основе программно–целевого подхода / И. В. Осиновская. – Тюмень: ТИУ, 2022. – 180 с. – Текст : непосредственный.

263. Осиновская И.В. Методология оценки эффективности управления структурообразующими элементами прогнозного топливно-энергетического баланса (на примере электроэнергетики). – Текст : непосредственный // Вестник Академии знаний. – 2026. – № 1(72). – С. 372-379.

264. Осиновская И.В. Основные принципы формирования прогнозного топливно-энергетического баланса. ). – Текст : непосредственный // Вестник Академии знаний. – 2025. – № 6(71). – С. 532-536.

265. Осиновская И.В. Проблемы и особенности использования топливно-энергетического баланса в цифровой экономике / И. В. Осиновская // Инженерное лидерство России : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Брянск, 25 ноября 2025 года. – Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 2025. – С. 393-398.

266. Осиновская И.В. Развитие методологических основ формирования динамического топливно-энергетического баланса / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Научная территория: технологии и инновации : материалы Международной научно-практической конференции, Тюмень, 17–18 ноября 2022 года. Том II. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 158-161.

267. Осиновская И.В. Формирование топливно-энергетического баланса в условиях цифровой экономики / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Цифровая экономика и финансы : материалы IV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–19 марта 2021 года. – Санкт-Петербург: Центр научно-производственных технологий "Астерион", 2021. – С. 74-78.

268. Осиновская, И. В. Интеграция технологического прогнозирования в систему управления структурой топливно-энергетического баланса / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Теория и практика общественного развития. – 2025. – № 11(211). – С. 186-194.

269. Осиновская, И. В. Методические основы оценки эффективности управленческих решений на уровне нефтегазодобывающих структур / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 12-2(65). – С. 745-748.

270. Осиновская, И. В. Принятие управленческих решений в условиях риска / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 8-1(61). – С. 767-770.

271. Осиновская, И. В. Программно-целевые технологии как инструмент формирования программы устойчивого развития компании / И. В. Осиновская, А. А. Колесникова. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 1-1(66). – С. 796-799.

272. Осиновская, И. В. Синтез исследовательского и нормативного прогнозирования в управлении топливно-энергетическим балансом / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Тюмень, 12–15 декабря 2025 года. Том 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2026. – С. 113-117.

273. Осиновская, И. В. Сравнительный анализ методов экономического прогнозирования добычи углеводородов / И. В. Осиновская. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 11-1(64). – С. 801-805.

274. Основные характеристики российской электроэнергетики. – Текст : электронный // Министерство энергетики РФ. – URL: <https://minenergo.gov.ru/industries/power-industry/main-characteristics-russian-electric-power-industry> (дата обращения: 05.12.25).

275. Отчет об устойчивом развитии группы «ЛУКОЙЛ» за 2020 г. – URL: <https://nangs.org/analytics/lukoil-otchet-ob-ustojchivom-razvitii-pdf> (дата обращения: 05.02.25). – Текст : электронный.

276. Отчет об устойчивом развитии ПАО «НК «Роснефть». – 2021. – URL: [https://www.rosneft.ru/upload/site1/document\\_file/Rosneft\\_CSR\\_2023\\_RUS.pdf](https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/Rosneft_CSR_2023_RUS.pdf) (дата обращения: 10.06.25). – Текст : электронный.

277. Отчет об устойчивом развитии ПАО «НК «Роснефть». – 2024. – URL: [https://www.rosneft.ru/upload/site1/attach/0/17/02/Rosneft\\_SR2024\\_RUS.pdf](https://www.rosneft.ru/upload/site1/attach/0/17/02/Rosneft_SR2024_RUS.pdf) (дата обращения: 10.06.25). – Текст : электронный.



278. Отчеты об устойчивом развитии группы «ЛУКОЙЛ» за 2021-2024 года. – URL: <https://lukoil.ru/Sustainability/SustainabilityReport> (дата обращения: 05.02.25). – Текст : электронный.

279. Отчеты об устойчивом развитии за 2019–2024 года. – URL: <https://www.rosneft.ru/Development/reports/> (дата обращения: 12.12.2025). – Текст : электронный.

280. Панорама: шесть мегатрендов ВР // Нефтегазовая вертикаль, 2017. – URL: <https://ngv.ru/upload/iblock/7e9/7e9d433138ad6791a4fd14b301730519.pdf?ysclid=mh ek05gwun508825344> (дата обращения: 22.03.20). – Текст : электронный.

281. Перспективы развития альтернативной энергетики в России и крупнейшие генерирующие компании // аналитические материалы Группы «Деловой профиль». – 30.10.24. – URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/perspektivy-razvitiya-vozobnovlyaemykh-istochnikov-energii-v-rossii-i-krupneyshie-generiruyushchie-k/> (дата обращения: 10.08.25). – Текст : электронный.

282. Плаkitкин Ю. Глобальный энергетический переход и современные мировые трансформации в прогнозах развития энергетики / Ю. Плаkitкин. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2023. – № 8(187). – С. 8–25. – DOI 10.46920/2409–5516\_2023\_8186\_8.

283. Плаkitкин Ю. Энергетика вчерашнего и завтрашнего дня: контуры долгосрочного развития / Ю. Плаkitкин, Л. Плаkitкина, К. Дьяченко. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2024. – № 9(200). – С. 10–31. – DOI 10.46920/2409–5516\_2024\_9200\_10.

284. Пленкина В. В. Научно–методические основы прогнозирования топливно–энергетического баланса / В. В. Пленкина, И. В. Осинская. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. – 157 с. – Текст : непосредственный.

285. Пленкина, В. В. Технология формирования прогнозного топливно–энергетического баланса / В. В. Пленкина, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 7(84). – С. 1153–1157.

286. Повышенные нагрузки. Как развитие ЦОД влияет на энергопотребление в России. – Текст : электронный. – 21.08.24. – URL: <https://sber.pro/publication/povishennye-nagruzki-kak-razvitie-tsod-vliyaet-na-energopotreblenie-v-rossii/> (дата обращения: 20.12.25).

287. Погребинская, Ю. А. Роль структуры топливно-энергетического баланса в обеспечении экономической безопасности страны / Ю. А. Погребинская, И. В. Осинская. – Текст : непосредственный // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции, Тюмень, 27 ноября 2020 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 141-143.

288. Поддержка проектов малых ГЭС продлена до 2033 года. – Текст : электронный // Информационная компания «Кодекс» . – URL: <https://kodeks.ru/news/read/podderzka-proektov-malyx-ges-prodlena-do-2033-goda> (дата обращения: 10.03.26).

289. Понкратов В.В., Чернышев Д.А. Проблемы административного регулирования использования ПНГ: анализ и перспективы развития. – Текст : непосредственный // Нефть, Газ и Право. 2009. № 3. С. 11–19.

290. Порядок составления топливно–энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/726765358> (дата обращения: 05.04.2022). – Текст : электронный.

291. Постановление Губернатора Тюменской области от 29 ноября 2024 года N 131 О внесении изменения в постановление Губернатора Тюменской области от 15.02.2022 N 16 "Об утверждении Программы газификации Тюменской области на 2019 – 2028 годы и признании утратившими силу некоторых нормативных правовых актов". – URL: <https://docs.cntd.ru/document/407526316> (дата обращения: 15.02.25). – Текст : электронный.

292. Постановление от 13.02.2020г. №2428 Об информации Правительства Тюменской области о реализации Закона Тюменской области «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности в Тюменской области». – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/561749572> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст : электронный.

293. Постановление Правительства РФ от 22 апреля 2009 г. №340 (с дополнениями от 28 сентября 2018 г.) Правила формирования, корректировки и реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации. – URL: <https://base.garant.ru/195408/> (дата обращения: 20.09.25). – Текст : электронный.

294. Постановление Правительства РФ от 22 мая 2025 г. № 710 «Об утверждении правил исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при выбросах в атмосферный воздух загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа». – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=500446&ysclid=meuce1sqr8212842392> (дата обращения: 15.09.25). – Текст : электронный.

295. Постановление Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. N 1473 "Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности". – URL: <https://base.garant.ru/407632842/> (дата обращения: 10.02.2024). – Текст : электронный.

296. Постановление Правительства Тюменской области №75–п от 19 февраля 2021 г. об утверждении региональной программы Тюменской области «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/7200202102240010?index=6&rangeSize=1> (дата обращения: 17.04.2021). – Текст : электронный.

297. Потребления электрической энергии и мощности по Единой энергетической системе России, синхронным зонам и технологически изолированным территориальным электроэнергетическим системам на 2031 - 2036 годы. – Текст : электронный // Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2042 года (распоряжение правительства РФ от 30 декабря 2024 г. № 4153-р). – URL:

<http://static.government.ru/media/files/Rwf9Akjf5FwAnustDEL2m7PEvZ26i7k3.pdf>  
(дата обращения: 10.03.26).

298. Почему в бюджете ЦОДа лидирует статья «электричество». – Текст : электронный. – URL: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/920100/> (дата обращения: 10.10.25).

299. Почему в будущем нет нефтегаза: отвечает доктор экономических наук Плакиткин Ю.А. Взгляд из Института энергетических исследований РАН на перспективы нефтегаза. – Текст : электронный. – URL: <https://neft.media/vse-regiony/materials/pochemu-v-budushchem-net-neftegaza-otvechaet-doktor-ekonomicheskikh-nauk-longneft> (дата обращения (10.02.2026)).

300. Правительство направит дивиденды РусГидро на инвестиции в энергетику Дальнего Востока в 2026 году. – Текст : электронный. – 24 января 2026 г. // Neftegaz.ru. – URL: <https://neftegaz.ru/news/gosreg/913371-pravitelstvo-napravit-dividendy-rusgidro-na-investitsii-v-energetiku-dalnego-vostoka-v-2026-godu/> (дата обращения: 27.01.26).

301. Правительство утвердило единый подход к дивидендной политике госкомпаний. Распоряжение Правительства РФ от 11 июня 2021 г. №1589-р. – Текст : электронный. – URL: <http://government.ru/docs/42503/> (дата обращения: 15.12.25).

302. Привалова Л. Ветер, солнце и вода. Как развиваются возобновляемые источники энергии в России / Л. Привалова. – 26.06.25. – URL: <https://www.angi.ru/news/2925976–етер%2С%20солнце%20и%20вода%3А%20Как%20развиваются%20возобновляемые%20источники%20энергии%20в%20России/> (дата обращения: 10.09.2025) – Текст : электронный.

303. Приказ от 26 марта 2024 года №260 о внесении изменений в порядок составления топливно–энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, утвержденный приказом Минэнерго России от 29 октября 2021 г. №1169. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1305390580?marker> (дата обращения: 10.06.2025). – Текст : электронный.

304. Приказом Минэнерго России от 21.12.2021 № 1436 об утверждении Прогноза научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России до 2035 года. – URL: <https://minenergo.gov.ru/ministry/forecast-ntf> (дата обращения: 05.07.22). – Текст : электронный.

305. Приложение N 3 к Порядку составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований. - Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/726765358/titles/8P40LT> (дата обращения: 10.03.2025). – Текст : электронный.

306. Проблемы утилизации попутного нефтяного газа в России. – Деловой журнал «Neftegaz.RU». – 2025. – №10. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/ekonomika/903169-problemy-utilizatsii-poputnogo-neftyanogo-gaza-v-rossii/> (дата обращения: 20.10.2025). – Текст : электронный.

307. Прогноз научно-технического развития РФ на период до 2030 г. – URL: <https://prognoz2030.hse.ru/> (дата обращения: 10.11.25). – Текст : электронный.

308. Прогноз развития энергетики мира и России 2019. – Текст : электронный. – ИНЭИ РАН, Сколково. – Москва. – 18.06.2019. – URL: [https://mks-group.ru/storage/presentations/2019\\_SKOLKOVO\\_Forecast\\_of\\_energy\\_development\\_RUS.pdf](https://mks-group.ru/storage/presentations/2019_SKOLKOVO_Forecast_of_energy_development_RUS.pdf) (дата обращения: 15.03.2024).

309. Прогноз развития энергетики мира и России 2024 / под ред. А.А. Макарова, В.А. Кулагина, Д.А. Грушевенко, А.А. Галкиной; ИНЭИ РАН – Москва, 2024. – 208 с. – ISBN 978–5–91438–038–7. – Текст : непосредственный.

310. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 г. - Текст : электронный. – Институт энергетических исследований РАН. Аналитический центр при правительстве РФ. – URL: [eriras.ru>files/prognoz-2040.pdf](https://eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf) (дата обращения: 10.10.25).

311. Прогноз социально-экономического развития РФ на период до 2036 года. – URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy\\_socialno\\_ekonomi](https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomi)

cheskogo\_razvitiya/prognoz\_socialno\_ekonomicheskogo\_razvitiya\_rossiyskoy\_federacii\_na\_period\_do\_2036\_goda.html (дата обращения: 05.03.2022). – Текст : электронный.

312. Путин поручил создать современную систему цифрового управления энергообеспечением регионов. – 16.10.25. - URL: <https://tass.ru/politika/25366431> (дата обращения: 20.10.25) . – Текст : электронный.

313. Райзберг Б. А. Программно–целевое планирование и управление: учебник / Б. А. Райзберг, А. Г. Лобко. – Москва: ИНФРА–М, 2002. – 428 с. – Текст : непосредственный.

314. Распоряжение Губернатора Тюменской области от 30.04.2021 № 37-р «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области на 2022-2026 годы». – Текст : электронный. – URL: <https://rec.admtyumen.ru/OIGV/REC/actions/irections/more.htm?id=11914656%40cmsArticle> (дата обращения: 20.03.25).

315. Распоряжение Губернатора Ханты-Мансийского АО - Югры от 27 сентября 2023 г. N 270-рг "О топливно-энергетическом балансе Ханты-Мансийского автономного округа - Югры за 2022 год и на период 2023 - 2025 годы с оценкой до 2030 года". – Текст : электронный. – URL: <https://base.garant.ru/407771306/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 10.08.25).

316. Распоряжение Губернатора ХМАО–Югра от 25 сентября 2024 г. №248 – рг «О топливно–энергетическом балансе Ханты – Мансийского автономного округа – Югры за 2023 год». – URL: [https://admhmao.ru/upload/iblock/f6f/nvyw42l5ztavhsfdcb081xvpvoniog15/248\\_rg.pdf#viewer.action=download](https://admhmao.ru/upload/iblock/f6f/nvyw42l5ztavhsfdcb081xvpvoniog15/248_rg.pdf#viewer.action=download) (дата обращения: 02.11.2025). – Текст : электронный.

317. Распоряжение Губернатора ХМАО–Югра от 28 сентября 2022 года №307–рг «О топливно–энергетическом балансе Ханты – Мансийского автономного округа – Югры за 2021 год и на период 2022–2025 годов с оценкой до 2030 года и плана мероприятий («дорожной карты») по достижению показателей топливно–энергетического баланса Ханты–Мансийского автономного округа – Югры

на период 2022–2025 годов с оценкой до 2030 года. – URL: <https://admhmao.ru/documents/pravovye-akty/rasporyazheniya-gubernatora/> (дата обращения: 24.03.2025). – Текст : электронный.

318. Распоряжение от 29 апреля 2019 года N 26-р «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области на 2020–2024 годы». – Текст : электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/553271944> (дата обращения: 20.03.25).

319. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 марта 2024 г. № 581–р Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно–энергетического комплекса до 2030 года . – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408610169/> (дата обращения: 15.09.2025). – Текст : электронный.

320. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года». – URL: <https://bazanpra.ru> (дата обращения: 01.06.20). – Текст : электронный.

321. Распределенная энергетика в России: потенциал развития / А. Хохлов, Ю. Мельников, Ф. Веселов. – URL: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_DER-3.0\\_2018.02.01.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf) . (дата обращения: 10.11.2021). – Текст : электронный.

322. Ратманова И. Д. Информационная модель топливно–энергетического комплекса как основа анализа энергетической безопасности региона / И. Д. Ратманова, С. Д. Коровкин, Н. В. Железняк. – Текст : непосредственный // Информационные технологии. – 2009. – № 9. – С. 9–15.

323. Ратманова И.Д. Информационная модель топливно–энергетического комплекса как основа анализа энергетической безопасности региона / И.Д. Ратманова, С.Д. Коровкин, Н.В Железняк. – Текст : непосредственный // Информационные технологии. – №9. – 2009. – с. 9 –15.

324. Ратманова, И. Д. Формирование сводного топливно–энергетического баланса в рамках региональной информационно-аналитической системы / И. Д.

Ратманова, М. А. Кулешов. – Текст : непосредственный // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2014. – № 4. – С. 58-63.

325. Рекомендации парламентских слушаний Комитета Государственной Думы по энергетике на тему «Формирование топливно–энергетических балансов России и регионов: проблемы и пути решения». Утверждены Решением Комитета Государственной Думы по энергетике №3.25–5/97 от 17 января 2024г. – URL: <http://komitet-energo.duma.gov.ru/> (дата обращения: 20.11.2024). – Текст : электронный.

326. Роль научно-технического прогресса в развитии энергетики России / под редакцией А.А. Макарова и Ф.В. Веселова. – Текст : непосредственный. — М.: ИНЭИ РАН, 2019 — 252 с.

327. Роль топливно–энергетического комплекса в достижении национальных целей развития Российской Федерации // Материалы к «Правительственному часу» в Совете Федерации 16 июля 2025 г. – Управление библиотечных фондов (Парламентская библиотека). – URL: [https://parlib.duma.gov.ru/common/upload/document\\_pravchas/I\\_Mater\\_k\\_prav\\_chasu\\_v\\_SF\\_16072025\[1\].pdf](https://parlib.duma.gov.ru/common/upload/document_pravchas/I_Mater_k_prav_chasu_v_SF_16072025[1].pdf) (дата обращения: 15.11.2025). – Текст : электронный.

328. Романов С. М. Методологические основы прогнозирования топливно–энергетического баланса / С. М. Романов ; С. М. Романов. – Препринт. – Москва : Изд–во Моск. Гос. Горного ун–та, 2004. – 15 с. – (Отдельные статьи Горного информационно–аналитического бюллетеня / Моск. Гос. Горный ун–т (МГГУ)). – Текст : непосредственный.

329. Романов С. М. Методология формирования и управления топливно–энергетическим балансом региона / С. М. Романов, Г. Ф. Алексеев. – Текст : непосредственный // Горный информационно–аналитический бюллетень (научно–технический журнал). – 2010. – № S1. – С. 143–150.

330. Рынок возобновляемой энергетики России. Текущий статус и перспективы развития: Информационный бюллетень, июль 2024 г. – 36 с. – Текст : непосредственный.



331. Рынок возобновляемой энергетики России. Текущий статус и перспективы развития. – Текст : электронный // информационный бюллетень, июль 2025. – URL: <https://rreda.ru/products/yearly-reviews/> (дата обращения: 10.12.25).

332. С 1 января 2026 года вступает в силу распоряжение Правительства РФ от 01.09.2025 № 2409-р, которым утверждены ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду на период с 2026 по 2030 год. – Текст : электронный. – URL: <https://www.zakonrf.info/articles/plata-za-nvos/> (дата обращения: 20.01.26).

333. Салина Т.К. Концептуальный подход к управлению устойчивым развитием ТЭК Северо-Западного Федерального округа / Т.К. Салина. – Текст : непосредственный // Журнал экономической теории. – 2016. -№4. – С. 80-91.

334. Саркисян В. А. Оптимизация топливно–энергетического баланса – обеспечение энергетической безопасности и надежности энергоснабжения / В. А. Саркисян. – Текст : непосредственный // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – 2011. – № 3(8). – С. 93–98.

335. Серегина А. А. Стратегическое целевое управление в энергетике / А. А. Серегина. – Текст : непосредственный // Управление. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 5–12. – DOI 10.26425/2309–3633–2024–12–4–5–12.

336. Серегина С. Ф. Закономерно ли появление форсайта? / С. Ф. Серегина, И. А. Барышев. – Текст : непосредственный // Форсайт. – 2008. –№ 2(6). – С. 4–12.

337. Системные исследования в энергетике: ретроспектива научных направлений СЭИ–ИСЭМ : Вехи полувекового пути (к 50–летию института, 1960–2010) / Н. В. Абасов, А. С. Апарцин, Л. С. Беляев [и др.] ; Российская академия наук, Сибирское отделение, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева. – Новосибирск : Академический научно–издательский, производственно–полиграфический и книгораспространительский центр Российской академии наук "Издательство "Наука", 2010. – 685 с. – ISBN 978–5–02–018968–3. – Текст : непосредственный.

338. Смил В. Энергия и цивилизация. От первобытности до наших дней / В. Смил. –Москва : Бомбора, 2020 – 480 с. –Текст : непосредственный.

339. Совершенствование топливно–энергетического баланса нефтеперерабатывающих предприятий. – Текст : электронный // Neftegaz.ru. – 29.01.2020. –

URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/521576-sovershenstvovanie-toplivno-energeticheskogo-balansa-neftepererabatyvayushchikh-predpriyatiy/> (дата обращения: 10.01.2026).

340. Совещание о развитии топливно-энергетического комплекса. – 20 мая 2024 г. – Москва. Кремль. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/deliberations/74077> (дата обращения: 25.11.24). – Текст : электронный.

341. Сорокин П. Формировать ТЭБ следует исходя из технологического деления страны в рамках действующих единых систем энергоснабжения / П. Сорокин. – Текст : электронный // Министерство Энергетики РФ. – 25.04.2025. – URL: <https://minenergo.gov.ru/press-center/news-and-events?news-item=pavel-sorokin-formirovat-teb-sleduet-iskhodya-iz-tekhnologicheskogo-deleniya-strany-v-ramkakh-deystv> (дата обращения: 10.09.2025).

342. Состояние топливно – энергетического комплекса. Перспективы использования ВИЭ в контексте энергетического перехода / Е. И. Рукина, Е. Е. Крыленко, Г. Н. Курдюкова [и др.]. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 1(138). – С. 261–268. – DOI 10.34925/EIP.2022.138.1.049.

343. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». – Текст : электронный // Гарант : [официальный сайт]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/> (дата обращения: 20.05.2023).

344. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 года № 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации». – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [официальный сайт]. – URL : [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389271/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/) (дата обращения: 20.05.2023).

345. Стратегия развития минерально–сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 июля 2024 г. № 1838–р. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [официальный сайт]. – URL : <https://www.consultant.ru/law/hotdocs/85781.html> (дата обращения: 20.05.2023).

346. Стратегия социально–экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 года № 3052 – р. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [официальный сайт]. – URL : [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_399657/ba12a67ff89e1b6581fc0e37a3a6ff38f592f68e/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657/ba12a67ff89e1b6581fc0e37a3a6ff38f592f68e/) (дата обращения: 20.05.2023).

347. Структура топливных энергетических балансов, динамика и опыт построения краткосрочных прогнозов ТЭБ / Е. В. Быкова, И. В. Васильева, Ю. С. Валеева [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Т. 15. – No 2 (58). – С. 186–203.

348. Тихоненко Ю. Ф. Энергосбережение. Общая концепция. Топливо – энергетические балансы. Ч. 2 / Ю. Ф. Тихоненко. – Текст : электронный // Интер-Энерго. – 2016. – март. – URL: <http://ieport.ru/stat/128695–energoberezhenie–obshhaya–konceptsiya–toplivno–energeticheskie–balansy–chast–2.html> (дата обращения: 19.03.2017).

349. Тихонов С. Минэнерго: В ряде регионов рост потребления электроэнергии обеспечат ВИЭ / С. Тихонов. – 24.06.25. – URL: <https://rg.ru/2025/06/24/minenergo–v–riade–regionov–rost–potrebleniia–elektroenergii–obespechat–vie.html> (дата обращения: 10.09.2025) – Текст : электронный.

350. Ткаченко Г.Е. Прогнозирование условий долгосрочного развития ТЭК с учетом неопределенности его внешних связей / Г. Е. Ткаченко. – Текст : непосредственный // Методы анализа и модели структуры территориально–производственных комплексов. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 47–59.

351. Топливоно–энергетические балансы России: проблемы единства и многообразия. – URL: [https://www.cdu.ru/tek\\_russia/issue/2018/1/459/](https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2018/1/459/) (дата обращения: 17.01.2022). – Текст : электронный.

352. Топливоно–энергетический баланс – основа перспективного прогнозирования. Энергобаланс Москвы / Н. В. Антонов, Ю.В. Агафонова, Е.А. Чичеров, В.А. Шилин. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2020. – № 5. – С. 40–45.

353. Топливоно–энергетический баланс // Институт экономических исследований. – URL: <https://www.eriras.ru/data/34> (дата обращения: 11.12.2015). – Текст : электронный.

354. Трофимов С. Е. Российский нефтегазовый комплекс в условиях новых геополитических и технологических вызовов / С. Е. Трофимов. – Текст : непосредственный // Проблемы социально–экономического развития Сибири. – 2023. – № 1(51). – С. 54–64. – DOI 10.18324/2224–1833–2023–1–54–64.

355. ТЭБ – основа энергобезопасности страны //Вести в электроэнергетике. – информационно-аналитический журнал. – URL: <https://vesti.energy-journals.ru/tyeb-osnova-yenergobezopasnosti-stra/> (дата обращения: 20.03.23). – Текст : электронный.

356. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». – URL : <https://mvd.consultant.ru/documents/1058493> (дата обращения: 25.09.2025). – Текст: электронный.

357. Указ президента РФ Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации №812 от 26 октября 2023 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1303495708> (дата обращения: 15.09.25) (дата обращения: 25.09.2024). – Текст: электронный.

358. Уланов В.Л. Энергетические ресурсы в российской и мировой экономике: от традиционных углеводородов к возобновляемым источникам энергии: монография / В.Л. Уланов. – Москва: ИНФРА–М, 2026. – 192 с. – DOI 10.12737/2189090. – Текст : непосредственный.

359. Управление развитием отраслевых предприятий: теоретико-методический инструментарий / И. В. Осинковская, О. В. Ленкова, И. В. Андропова [и др.]. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. – 162 с. – Текст : непосредственный.

360. Условия и факторы цифрового развития: сравнительный анализ в России и Китае / С. В. Пономарев, Е. Е. Кукина, Ю. В. Иода, С. А. Труфанова. – Текст : непосредственный // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2025. – Т. 10. – No 1. – С. 156–169.

361. Фадеев В. Регионам нужен прогнозный топливно-энергетический баланс. – Текст : электронный. – 22.06.2020. – URL: <https://energiavita.ru/2020/06/22/vasilij-fadeev-regionam-nuzhen-prognoznyj-toplivno-ehnergeticheskij-balans/> (дата обращения: 10.01.21).

362. ФАС утвердила методические указания по расчету цен на мощность по ДПМ новых АЭС с датой ввода в эксплуатацию после 1 января 2025 г. – Текст : электронный // BIGPOWER electric. – URL: <https://www.bigpowernews.ru/markets/document123064.phtml> (дата обращения: 10.03.2026).

363. Федеральный закон "санег планировании в Российской Федерации" от 28.06.2014 N 172–ФЗ (последняя редакция). – Текст : электронный // Консультант-Плюс : справочно-правовая система : [сайт]. – [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164841/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/) (дата обращения: 10.04.22).

364. Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ Об электроэнергетике (с изменениями на 25 октября 2024 года) (редакция, действующая с 1 января 2025 года). – URL: [https://hseblog.ru/kb/document/431/files/16772/Об%20электроэнергетике%20%28с%20изменениями%20на%2025%20октября%202024%20года%29%20\\_Текст.pdf](https://hseblog.ru/kb/document/431/files/16772/Об%20электроэнергетике%20%28с%20изменениями%20на%2025%20октября%202024%20года%29%20_Текст.pdf) (дата обращения 15.01.25). – Текст : электронный.

365. Федеральный закон РФ от 20.07.95 №115–ФЗ «О государственном прогнозировании и программах социально–экономического развития Российской Федерации». – Текст : непосредственный // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1995. – № 30. – Ст. 2871.

366. Федотова Г.А. Резервирование как составная часть проблемы надежности в электроэнергетики. – Текст : непосредственный // Структурная надежность. Теория и практика. – с. 60-69.

367. Фельд С.Д. Единый энергетический баланс (проблемы оптимизации) / С. Д. Фельд. – Москва: Из-во «Экономика», 1964. – 312 с. – Текст : непосредственный.

368. Филиппов С. П. Прогнозирование энергопотребления с использованием комплекса адаптивных имитационных моделей / С. П. Филиппов. – Текст : непосредственный // Известия РАН. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 41–55.

369. Флакман А. С. Перспективы и проблемы развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии в России / А. С. Флакман. – Текст : непосредственный. // Вестник университета. – 2022. – № 7. – С. 66–70. – DOI 10.26425/1816–4277–2022–7–66–70.

370. Форум «Технологии энергоэффективности – 2012». –URL: <https://www.exponet.ru/exhibitions/by-id/efficiencyek/efficiencyek2012/pressrelease.ru.html> (дата обращения: 15.07.2020). – Текст : электронный.

371. Ходаковский Е. А. Четвертый энергетический переход: текущее состояние, перспективы, стратегия России в геополитической борьбе / Е. А. Ходаковский, А. А. Сизов. – Текст : непосредственный // Социально–политические науки. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 186–194. – DOI 10.33693/2223–0092–2024–14–3–186–194.

372. Целевые программы развития регионов: рекомендации по совершенствованию разработки, финансирования и реализации / В. Я. Любовный, И. Ф. Зайцев, А. Б. Воякина. – Москва : Московский общественный научный фонд института макроэкономических исследований. – 114 с. – Текст : непосредственный.

373. Цзоу Цайнэн. Новая энергия / Под ред. Цайнэн Цзоу, Фудун Чжан, Цюнь Чжао [и др.]. – Москва: ООО «Издательский дом Недра», 2024. – 520 с. – Текст : непосредственный.

374. Цифровая Россия: новая реальность. – Текст : электронный // Digital McKinsey (глобальная экспертная группа, объединяющая специалистов McKinsey по цифровым технологиям). – июль 2017 г. – URL: [https://roscongress.ru/materials/tsifrovaya-rossiya-novaya-realnost/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://roscongress.ru/materials/tsifrovaya-rossiya-novaya-realnost/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F) (дата обращения: 05.16.20).

375. Цифровая экономика: 2023: краткий статистический сборник / ред. О. М. Климова. – Москва: НИУ ВШЭ, 2023. – 120 с. – Текст : непосредственный.

376. Цифровая экономика: 2024 : краткий статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. – Текст : непосредственный. – Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2024 – 124 с.

377. Цифровой переход в электроэнергетике России. – Текст : электронный. – Экспертно-аналитический доклад Центра стратегических разработок. – 13.09.2017. – URL: <https://www.csr.ru/ru/news/tsifrovoj-perehod-v-elektroenergetike-rossii/> (дата обращения: 15.12.23).

378. Цыбатов В. А. Прогнозирование энергоэффективного развития экономического региона / В. А. Цыбатов. – Текст : непосредственный // Экономика, моделирование, прогнозирование. – 2018. – № 12. – С. 220–233.

379. Цыбатов В. А. Стратегическое планирование энергоэффективного развития субъекта Российской Федерации / В. А. Цыбатов. – Текст : непосредственный // Экономика региона. – 2018. – Т. 14, вып. 3. – С. 941–954. doi 10.17059/2018–3–18.

380. Чепель, А. А. Методологические и информационные проблемы оценки региональных мультипликаторов "затраты-выпуск" / А. А. Чепель, А. В. Чернявский. – Текст : непосредственный // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2022. – Т. 26, № 1. – С. 37-68. – DOI 10.17323/1813-8691-2022-26-1-37-68.

381. Черноусов Д.А., Пан Чанвэй Развитие угольной промышленности Китая на раннем этапе и перспективы сотрудничества с Россией. – Текст : непосредственный // Мировая экономика. – с.371 – 383. - DOI: 10.14451/1.229.371.

382. Что такое топливно–энергетический баланс? // Техническая библиотека. – URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/720488-toplivo-energeticheskiy-balans/> (дата обращения: 06.10.2022). – Текст : электронный.

383. Чупрова А. Какой будет Югра к 2050 г. – Текст : электронный. – URL: [https://ugra-news.ru/article/kakoy\\_budet\\_yugra\\_k\\_2050\\_godu/](https://ugra-news.ru/article/kakoy_budet_yugra_k_2050_godu/) (дата обращения: 03.02.23).

384. Шаркова А.В. Моделирование структуры топливно–энергетического баланса региона в условиях применения концепции устойчивого развития для достижения стратегических показателей регионального развития / А.В.Шаркова, Е.А. Лемм. – Текст : непосредственный // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 513– 531. DOI: 10.18184/2079–4665.2022.13.3.513–531.

385. Шафраник Ю. К. Сценарий достижения мировой энергетической безопасности / Ю. К. Шафраник. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2010. – № 1. – С. 10–14.

386. Щербаков Д. Н. «Энергетический сектор Китая: структура и проблематика» / Д. Н. Щербаков. – Текст : непосредственный // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. – 2014. – С. 123–135.

387. Щукин П. Россия пригласила китайцев осваивать месторождения Сибири. Вице-премьер Новак пригласил Китай совместно разрабатывать месторождения в России. – 18 ноября 2021 г. – URL: <https://lenta.ru/news/2021/11/18/priglos/> (дата обращения: 10.11.25). – Текст : электронный.

388. Эволюция мировых энергетических рынков и ее последствия для России / Под ред. А.А.Макарова, Л.М. Григорьева, Т.А. Митровой. – Москва: ИНЭИ РАН –АЦ при Правительстве РФ, 2015. – 401 с. – Текст : непосредственный.

389. Эдер Л. В. Добыча и утилизация попутного нефтяного газа как направление комплексного освоения недр: роль государства и бизнеса, технологий и экологических ограничений / Л. В. Эдер, И. В. Проворная, И. В. Филимонова. – Текст



: непосредственный // Бурение и нефть. – 2016. – № 10. – С. 8–15.

390. Экономика данных и цифровая трансформация государства. – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/923/about/> (дата обращения: 10.11.25). ). – Текст : электронный.

391. Экспорт угля через порты Северо-Запада и юга стал нерентабельным из-за падения цен. – Текст : электронный // Ведомости. — 2023 — URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/06/23/981881-eksport - uglya - cherez - porti - severo -zapada-i-yuga-stal-nerentabelnim> (дата обращения 13.12.2025).

392. Элякова И.Д. Концептуальный подход формирования цифрового топливно–энергетического баланса России и ее регионов / И.Д. Элякова. – Текст : электронный // Human Progress. – 2024. – Том 10, Вып. 9. – С. 8. – URL: [http://progress-human.com/images/2024/Tom10\\_9/Elyakova.pdf](http://progress-human.com/images/2024/Tom10_9/Elyakova.pdf) DOI 10.46320/2073–4506–2024–9a–2. (дата обращения: 15.03.25).

393. Энергетика готовится к росту. – Текст : электронный // Новый атомный эксперт. – №1, 2026. – URL: [https://atomicexpertnew.ru/energy\\_industry\\_is\\_preparing\\_for\\_growth](https://atomicexpertnew.ru/energy_industry_is_preparing_for_growth) (дата обращения: 10.03.2026).

394. Энергетика и геополитика / под ред. В. В. Костюка, А. А. Макарова. – Москва : Наука, 2011. – 396 с. – Текст : непосредственный.

395. Энергетика России: постстратегический взгляд на 50 лет вперед / В. В. Бушуев, А. И. Громов, А. М. Белогорьев, А. М. Мастепанов. – Москва : Энергия, 2016. – 96 с. – Текст : непосредственный.

396. Энергетическая безопасность как важная составляющая национальной безопасности. – Текст : электронный // Энергетика и промышленность России (информационный портал энергетика). - № 06 (170) март 2011 года . – URL: <https://www.eprussia.ru/epr/170/12776.htm> (дата обращения: 01.08.25).

397. Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. (проект). – Текст : электронный // Официальный сайт Института энергетической стратегии. – URL: <http://www.energystrategy.ru> (дата обращения: 10.05.2024).

398. Энергетическая стратегия России на период до 2050 года. – Текст : электронный // Официальный сайт Института энергетической стратегии. – URL: <http://www.energystrategy.ru> (дата обращения: 09.09.2025).

399. Энергетический сектор: обзор мультипликаторов компаний в России и за рубежом. – Текст : электронный. – АО «Кэпт». - декабрь 2024. – URL: [https://www.bigpowernews.ru/photos/0/0\\_TiioqGmElE0q6hFMGPICi17DY7u12gB0.pdf](https://www.bigpowernews.ru/photos/0/0_TiioqGmElE0q6hFMGPICi17DY7u12gB0.pdf) (дата обращения: 09.09.25).

400. Энергоснабжение дата-центров. – 11.05.2025. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Энергоснабжение\\_дата-центров](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Энергоснабжение_дата-центров) (дата обращения: 05.09.25). – Текст : электронный.

401. Юдин К. С. Экологически ориентированная деятельность нефтегазодобывающих предприятий на территории Ханты–Мансийского автономного округа – Югры / К. С. Юдин, О. А. Притужалова. – Текст : непосредственный // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2022. – Т. 30, № 2. – С. 164–176. – DOI 10.22363/2313–2310–2022–30–2–164–176.

402. Ярлова Т. В. Особенности цифровой трансформации топливно–энергетического комплекса / Т. В. Ярлова, Н. Д. Елисеев. – Текст : непосредственный // Московский экономический журнал. – 2022. – Т. 7, № 5. – DOI 10.55186/2413046X\_2022\_7\_5\_298.

## Приложение А

(обязательное)

## Основные проблемы, существующие в области формирования ТЭБ

Таблица А.1 – Основные проблемы, существующие в области формирования ТЭБ

| Проблема<br>1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Комментарий<br>2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Формирование на основе предложений крупных отраслевых компаний, а не на основе спроса                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Принятие неэффективных инвестиционных решений на уровне крупных отраслевых компаний и включение их в соответствующие инвестиционные программы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Неполнота статистической информации, сложность ее сбора                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Для формирования отчетного ТЭБ требуется сбор большого количества статистической информации, размещенной в разных источниках, что усложняет процесс подготовки ТЭБ, возможности его верификации. Если говорить о прогнозном ТЭБ, то в силу того, что нет комплексных баз данных, взаимоувязанных между собой относительно перспективного развития всех отраслей, влияющих на структуру ТЭБ, то процесс формирования ТЭБ также становится длительным и сложным. |
| Отсутствие возможности влияния на предпочтения потребителей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | В условиях рыночной экономики возможность влияния на предпочтения потребителей в разрезе выбора ими различных видов топлива является одним из ключевых факторов, влияющих на структуру ТЭБ и как следствие на стабильность экономического развития и обеспечения энергетической безопасности.                                                                                                                                                                  |
| Неразвитость нормативно-правового обеспечения в области формирования и практического использования ТЭБ                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | В силу стратегической значимости формирования прогнозного ТЭБ и приведения методики его составления к одному знаменателю целесообразно отразить данные моменты и закрепить в нормативно-правовой документации с последующим систематическим и оперативным обновлением.                                                                                                                                                                                         |
| Не проработанность методологических основ оценки и прогнозирования развития электроэнергетических рынков                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Данная проблема приводит к наблюдению ситуации несбалансированного строительства энерго мощностей в региональном аспекте, проявляющегося в избыточном строительстве мощностей в одном регионе и нехватке их в другом.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Не полный учет в прогнозном периоде роста ВИЭ и распределенной энергетики.<br><u>Справочно:</u><br><i>Распределенная энергетика</i> — концепция развития энергетики, «подразумевающая строительство потребителями электрической энергии источников энергии компактных размеров или мобильной конструкции и распределительных сетей, производящих тепловую и электрическую энергию для собственных нужд, а | Встраивание учета роста ВИЭ и распределенной энергетики в методологию формирования прогнозных ТЭБ позволит в большей степени развить адаптивность ТЭБ и повысить управляемость его структурой                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## Окончание таблицы А.1

| 1                                                                                                                                                                 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| также направляющих излишки в общую сеть (электрическую или тепловую)» <sup>18</sup> .                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Отсутствие практики формирования мирового ТЭБ                                                                                                                     | Россия является экспортером добываемых энергоресурсов, что обуславливает зависимость страны от ситуации на внешних рынках и потребность самостоятельного формирования мирового ТЭБ                                                                                                                   |
| Отсутствие электронной площадки, накапливающей всю статистическую и актуальную информацию, необходимую для анализа ретроспективных ТЭБ и формирования прогнозных. | В условиях глобальной цифровизации создание данной площадки с размещением на ней унифицированных форм и обеспечение доступа заинтересованным лицам позволит принимать более эффективные управленческие решения по реализации энергетической политики как на уровне регионов, так и на уровне страны. |

<sup>18</sup> Более подробно с понятием и состоянием распределенной энергетики можно познакомиться в работе [318]

## Приложение Б

(обязательное)

## Подходы к определению топливно-энергетического комплекса

Таблица Б.1 – Подходы к определению топливно-энергетического комплекса

| Год  | Автор                                                 | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 2                                                     | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1956 | Лященко П.И.                                          | ТЭК включает «энергетику, добычу и переработку топлива, трубопроводный транспорт, производство оборудования для топливных отраслей, специализированные предприятия по ремонту оборудования»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2001 | Самсонов В.С.,<br>Вяткин М.А.                         | «ТЭК представляет собой сложную и развитую систему добычи природных энергетических ресурсов, их обогащения, преобразования и мобильные виды энергии и энергоносителей, передачи и распределения, потребления и использования во всех отраслях национального хозяйства»                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2006 | Лахно П.Г.                                            | ТЭК представляет «систему связанных энергетических отраслей предприятий и организаций, имеющих в своей основе единство выполняемых ими функций по поиску, разведке, добыче (производству), переработке, преобразованию, хранению, транспортированию, распределению и потреблению энергоносителей и энергетических ресурсов, включая сооружение и эксплуатацию объектов энергетики, с целью обеспечения потребностей населения и экономики страны энергетическими ресурсами и охраны окружающей природной среды» |
| 2011 | Жаворонкова<br>Н.Г., Клюкин<br>Б.Д., Агафонов<br>В.Б. | ТЭК – «широкая система общественных отношений, возникающих в связи с производством электрической тепловой энергии, добычей и транспортировкой газа, нефти, нефтепродуктов, оказанием услуг по передаче электрической и тепловой энергии, обеспечением экономической и энергетической безопасности, рациональным использованием природных ресурсов»                                                                                                                                                              |
| 2011 | Лахно П.Г.                                            | ТЭК «является экономическим интегратором страны. В нем функционируют интегрирующие федеральные энергетические системы: электроэнергетическая система; система газоснабжения; система нефтеобеспечения и нефтепродуктообеспечения. В топливно-энергетическом комплексе страны входит система углеснабжения»                                                                                                                                                                                                      |
| 2012 | Зайцева О.,<br>Ищенко Е.                              | ТЭК представляет «группу взаимосвязанных отраслей, организаций, производств, связанных с производством энергии, топлива, сырья для производства топлива и энергии и доведением энергии, топлива продуктов и т.п. до потребителей»                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2014 | Нестеренко<br>С.А.                                    | «Топливо-энергетический комплекс является одним из основных межотраслевых комплексов экономики России. Представляя собой систему тесно взаимосвязанных и взаимозависимых отраслей топливной промышленности и энергетики, ТЭК воздействует на структуру народного хозяйства, а также обеспечивает развитие социальной сферы, создавая необходимые предпосылки для экономического роста государства».                                                                                                             |

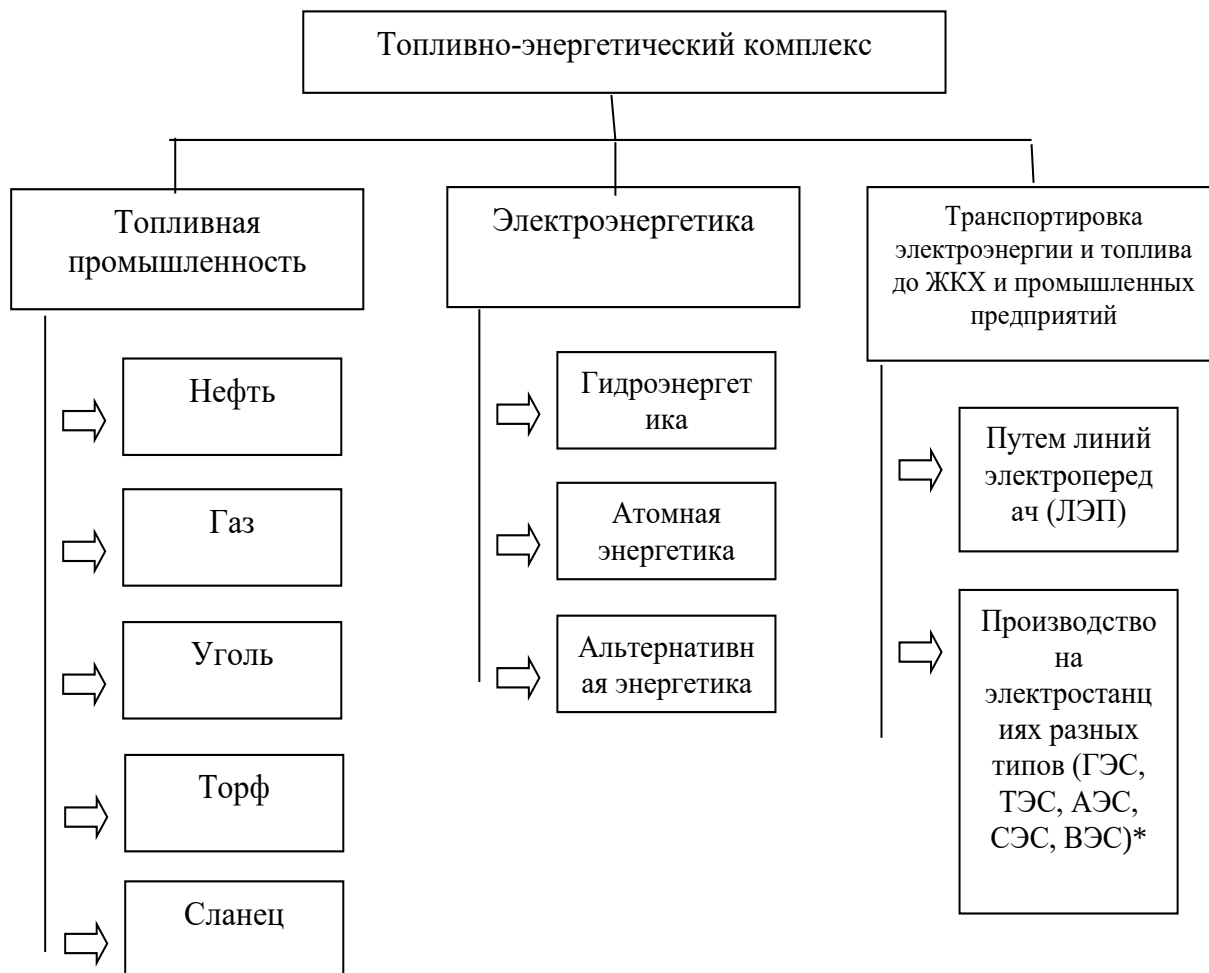
Окончание таблицы Б.1

| 1    | 2                                                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2024 | Видищева Е.В.,<br>Бугаенко О.А.,<br>Селиверстова<br>М.А.  | «ТЭК – это совокупность общественно-экономических отношений в рамках функционирования отраслей топливной и энергетической промышленности, направленных на обеспечение национальной безопасности и суверенитета страны, а также поддержание необходимого для нормальной жизнедеятельности населения уровня энергоснабжения». |
| 2025 | Энергетическая<br>стратегия РФ на<br>период до 2050<br>г. | ТЭК – включает нефтяную, газовую, нефтегазохимическую, угольную отрасли, электроэнергетику и теплоснабжение                                                                                                                                                                                                                 |
| 2026 | Уланов В.Л.                                               | ТЭК – «система взаимосвязанных между собой отраслей, включает в себя разведку, добычу топливно-энергетических ресурсов, их переработку, а также доставку топливно-энергетических ресурсов: традиционных углеводородов (нефти и газа, угля), возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также электроэнергетики»             |

## Приложение В

### (обязательное)

#### Составляющие мирового топливно-энергетического комплекса



\*Условные обозначения:

ГЭС - гидроэлектростанция

ТЭС – тепловая электростанция

АЭС – атомная электростанция

СЭС – солнечная электрическая станция

ВЭС – ветровая электростанция

Рисунок П.В – Составляющие мирового топливно-энергетического комплекса  
[358]

## Приложение Г

(обязательное)

Масштабы, динамика и структура потребления ТЭР различными странами мира в 2020 году (динамика изменения энергопотребления представлена за период 2000–2020 гг.) [141]



Рисунок Г.1 – Общее первичное потребление энергоресурсов



Рисунок Г.2 – Прирост потребления энергоресурсов за 2000 – 2020 гг.



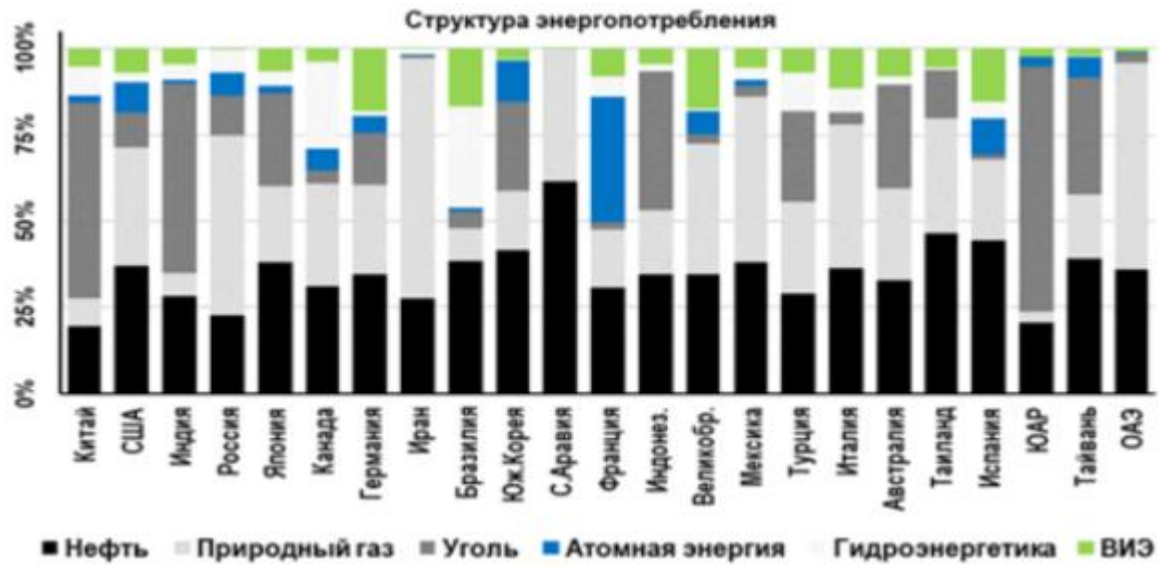


Рисунок Г.3 – Структура энергопотребления

## Приложение Д (Обязательное)

### Распределение ВИЭ-генерации и динамика выработки электроэнергии

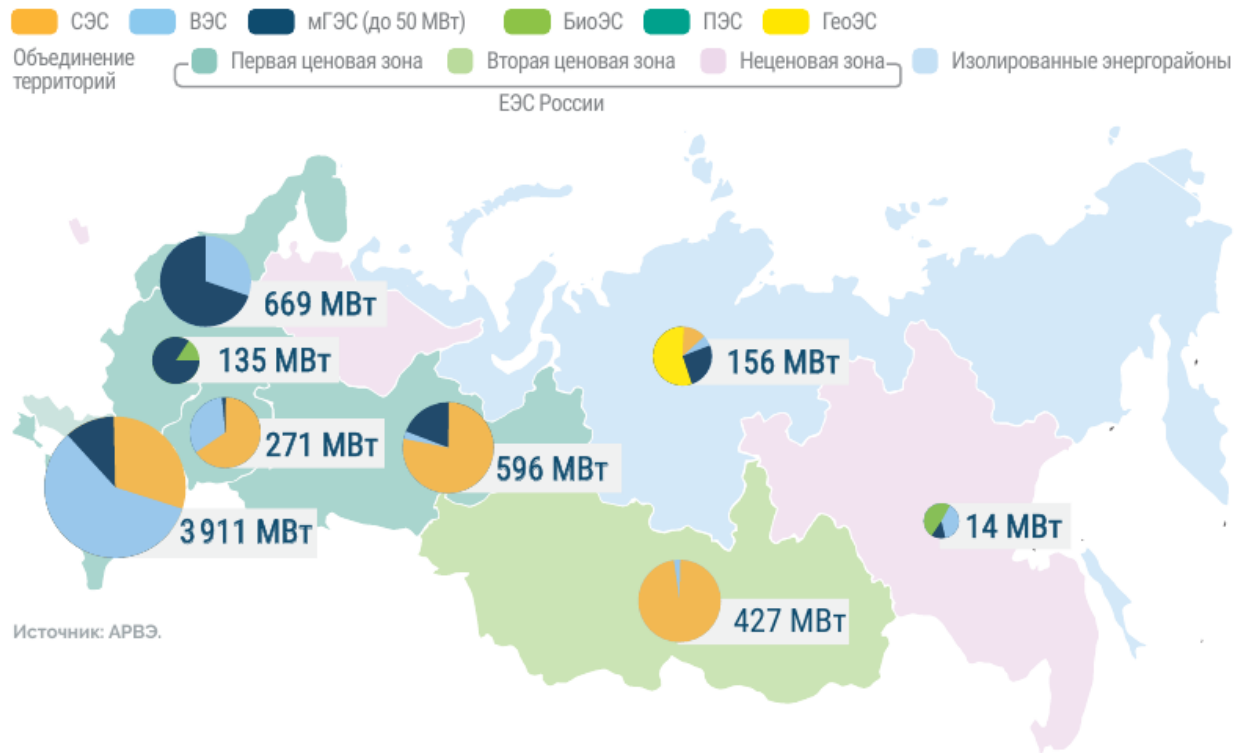


Рисунок Д.1 – Карта распределения ВИЭ-генерации по ценовым и неценовым зонам России и ТИТЭС, МВт [330]

#### *Справочно:*

**Первая ценовая зона [124]** (зона Европы и Урала) — территории субъектов Российской Федерации, объединенные в первую ценовую зону в соответствии с Правилами оптового рынка электрической энергии (мощности) переходного периода.

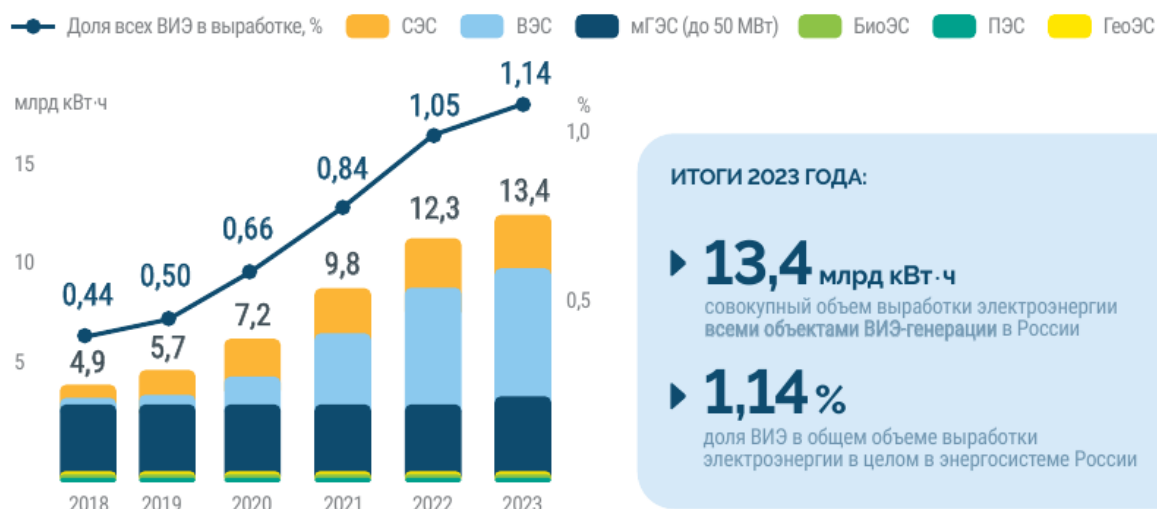
**Вторая ценовая зона** (зона Сибири) — территории субъектов Российской Федерации, объединенные во вторую ценовую зону в соответствии с Правилами оптового рынка электрической энергии (мощности) переходного периода.

**Неценовая зона оптового рынка** — Территории субъектов РФ, которые объединены в неценовые зоны оптового рынка электроэнергии в соответствии с Правилами оптового рынка электрической энергии (мощности) переходного периода.

**Первая неценовая зона** — территории Республики Коми и Архангельской области.

**Вторая неценовая зона** — территории Амурской области, Приморского края, Хабаровского края, Южно-Якутского района Республики Саха.

«Зона изолированных энергосистем России почти совпадает с районами Крайнего Севера, в том числе в европейской части страны (Бердин и др., 2017; Иванов и др., 2021; Корчак, 2017; Орлов, 2022; Чайка, 2013). По территориально-технологическим и экономическим причинам четыре субъекта полностью изолированы от ЕЭС России: Камчатский край, Сахалинская и Магаданская области, Чукотский автономный округ. Частично к этой зоне относятся и отдельные районы Республики Саха (Якутия). Это огромные территории с экстремальными природно-климатическими условиями» [74]



Источник: АРВЭ, АО «СО ЕЭС», АО «АТС».

Рисунок Д.2 – Динамика выработки электроэнергии на всех объектах ВИЭ, млрд кВт·ч [330]

**Условные обозначения:**

СЭС – солнечная электростанция  
 ВЭС – ветроэлектростанция  
 мГЭС – малая гидроэлектростанция  
 БиоЭС – биоэлектростанция  
 ПЭС – приливная электростанция  
 ГеоЭС – геотермальная электростанция

## Приложение Е

(обязательное)

## Информационная база структурного анализа

Таблица Е.1 – Единый ТЭБ России за 2015–2022 гг. (фрагмент) [79]

| Год                                   | Уголь           | Сырая нефть       | Жидкое топливо | Природный газ | Гидро-и НВЭИ |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|---------------|--------------|
| 1                                     | 2               | 3                 | 4              | 5             | 6            |
| <b>Производство первичной энергии</b> |                 |                   |                |               |              |
| 2015                                  | 251197          | 763208            |                | 731117        | 21520        |
| 2016                                  | 257702          | 780179            |                | 739413        | 23592        |
| 2017                                  | 271137          | 781104            |                | 797308        | 23638        |
| 2018                                  | 287873          | 794386            |                | 837812        | 24394        |
| 2019                                  | 289531          | 802240            |                | 853296        | 24904        |
| 2020                                  | 265362          | 733697            |                | 801444        | 27290        |
| 2021                                  | 294419          | 748864            |                | 880916        | 27791        |
| 2022                                  | 287877          | 763646            |                | 780386        | 25842        |
| Год                                   | Атомная энергия | Прочие тв.топлива | Электроэнергия | Тепло         | Всего        |
| 1                                     | 7               | 8                 | 9              | 10            | 11           |
| 2015                                  | 74325           | 8616              |                |               | 1 849 983    |
| 2016                                  | 74798           | 9553              |                |               | 1 885 237    |
| 2017                                  | 77227           | 10671             |                |               | 1 961 085    |
| 2018                                  | 77699           | 11471             |                |               | 2 033 635    |
| 2019                                  | 79369           | 12736             |                |               | 2 062 076    |
| 2020                                  | 81947           | 12350             |                |               | 1 922 090    |
| 2021                                  | 84568           | 13381             |                |               | 2 049 939    |
| 2022                                  | 84990           | 12474             |                |               | 1 955 215    |
| <b>Импорт</b>                         |                 |                   |                |               |              |
| 1                                     | 2               | 3                 | 4              | 5             | 6            |
| 2015                                  | 18092           | 4092              | 1926           | 10155         |              |
| 2016                                  | 16115           | 1076              | 968            | 10310         |              |
| 2017                                  | 18406           | 893               | 1000           | 10134         |              |
| 2018                                  | 18251           | 713               | 800            | 10848         |              |
| 2019                                  | 17614           | 0                 | 908            | 10516         |              |
| 2020                                  | 17718           | 4                 | 1707           | 10369         |              |
| 2021                                  | 17272           | 1                 | 1669           | 9442          |              |
| 2022                                  | 15785           | 143               | 2413           | 9347          |              |
| 1                                     | 7               | 8                 | 9              | 10            | 11           |
| 2015                                  |                 | 1083              |                |               | 35 348       |
| 2016                                  |                 | 429               |                |               | 28 898       |
| 2017                                  |                 | 788               |                |               | 31 221       |
| 2018                                  |                 | 631               |                |               | 31 243       |

|      |                                         |        |         |        |         |
|------|-----------------------------------------|--------|---------|--------|---------|
| 2019 |                                         | 181    |         |        | 29 219  |
| 2020 |                                         | 404    |         |        | 30 202  |
| 2021 |                                         | 326    |         |        | 28 710  |
| 2022 |                                         | 192    |         |        | 27 880  |
|      | <b>Экспорт</b>                          |        |         |        |         |
| 1    | 2                                       | 3      | 4       | 5      | 6       |
| 2015 | 120655                                  | 349665 | 241533  | 228467 |         |
| 2016 | 129237                                  | 364464 | 220775  | 245661 |         |
| 2017 | 142415                                  | 361495 | 209755  | 262016 |         |
| 2018 | 156694                                  | 372598 | 212685  | 279328 |         |
| 2019 | 162100                                  | 384783 | 202359  | 298821 |         |
| 2020 | 158190                                  | 342014 | 200870  | 279753 |         |
| 2021 | 168185                                  | 329015 | 204094  | 279486 |         |
| 2022 | 161095                                  | 346060 | 210169  | 212798 |         |
| 1    | 7                                       | 8      | 9       | 10     | 11      |
| 2015 |                                         | 1982   |         |        | 942302  |
| 2016 |                                         | 1974   |         |        | 962111  |
| 2017 |                                         | 1426   |         |        | 977107  |
| 2018 |                                         | 1487   |         |        | 1022792 |
| 2019 |                                         | 1589   |         |        | 1049652 |
| 2020 |                                         | 972    |         |        | 981799  |
| 2021 |                                         | 3286   |         |        | 984066  |
| 2022 |                                         | 2183   |         |        | 932305  |
|      | <b>Изменение запасов у потребителей</b> |        |         |        |         |
| 1    | 2                                       | 3      | 4       | 5      | 6       |
| 2015 | -1009                                   | 84     | -195    | 1466   |         |
| 2016 | -2667                                   | 167    | 254     | -299   |         |
| 2017 | 945                                     | -65    | 374     | 11621  |         |
| 2018 | 813                                     | -14    | 133     | 1310   |         |
| 2019 | 1647                                    | 153    | 459     | -1130  |         |
| 2020 | -372                                    | -61    | -472    | -431   |         |
| 2021 | -3139                                   | 81     | 9771    | 138    |         |
| 2022 | 288                                     | 34     | 10741   | -150   |         |
| 1    | 7                                       | 8      | 9       | 10     | 11      |
| 2015 |                                         | -18    |         |        | 328     |
| 2016 |                                         | 31     |         |        | -2514   |
| 2017 |                                         | -65    |         |        | 12810   |
| 2018 |                                         | 85     |         |        | 2327    |
| 2019 |                                         | 61     |         |        | 1190    |
| 2020 |                                         | -73    |         |        | -1409   |
| 2021 |                                         | -15    |         |        | 6836    |
| 2022 |                                         | 6      |         |        | 10919   |
|      | <b>Изменение запасов у поставщиков</b>  |        |         |        |         |
| 1    | 2                                       | 3      | 4       | 5      | 6       |
| 2015 | 150105                                  | 418552 | -238280 | 511342 | 21520   |
| 2016 | 143337                                  | 414948 | -221889 | 501981 | 23592   |

|      |                                      |        |         |        |         |
|------|--------------------------------------|--------|---------|--------|---------|
| 2017 | 144511                               | 419754 | -209574 | 533585 | 23638   |
| 2018 | 144554                               | 420986 | -220623 | 566933 | 24394   |
| 2019 | 139378                               | 418573 | -201303 | 565698 | 24904   |
| 2020 | 131847                               | 390829 | -198852 | 532467 | 27290   |
| 2021 | 143818                               | 415394 | -219844 | 610795 | 27791   |
| 2022 | 134835                               | 413916 | -219722 | 577406 | 25842   |
| 1    | 7                                    | 8      | 9       | 10     | 11      |
| 2015 | 74325                                | 8682   | -899    |        | 945347  |
| 2016 | 74798                                | 9530   | -1545   |        | 944752  |
| 2017 | 77227                                | 10777  | -638    |        | 999280  |
| 2018 | 77699                                | 11369  | -855    |        | 1024457 |
| 2019 | 79369                                | 12680  | -1407   |        | 1037892 |
| 2020 | 81947                                | 12418  | -569    |        | 977377  |
| 2021 | 84568                                | 13369  | -2960   |        | 1072931 |
| 2022 | 84990                                | 12604  | -1990   |        | 1027881 |
|      | <b>Потребление первичной энергии</b> |        |         |        |         |
| 1    | 2                                    | 3      | 4       | 5      | 6       |
| 2015 | 150105                               | 418552 | -238280 | 511342 | 21520   |
| 2016 | 143337                               | 414948 | -221889 | 501981 | 23592   |
| 2017 | 144511                               | 419754 | -209574 | 533585 | 23638   |
| 2018 | 144554                               | 420986 | -220623 | 566933 | 24394   |
| 2019 | 139378                               | 418573 | -201303 | 565698 | 24904   |
| 2020 | 131847                               | 390829 | -198852 | 532467 | 27290   |
| 2021 | 143818                               | 418394 | -219844 | 610795 | 27791   |
| 2022 | 134835                               | 413916 | -219722 | 577406 | 25842   |
| 1    | 7                                    | 8      | 9       | 10     | 11      |
| 2015 | 74325                                | 8682   | -899    |        | 945347  |
| 2016 | 74798                                | 9530   | -1545   |        | 944752  |
| 2017 | 77227                                | 10777  | -638    |        | 999280  |
| 2018 | 77699                                | 11369  | -855    |        | 1024457 |
| 2019 | 79369                                | 12680  | -1407   |        | 1037892 |
| 2020 | 81947                                | 12418  | -569    |        | 977377  |
| 2021 | 84568                                | 13369  | -2960   |        | 1075931 |
| 2022 | 84990                                | 12604  | -1990   |        | 1027881 |
|      | <b>Невязка баланса</b>               |        |         |        |         |
| 1    | 2                                    | 3      | 4       | 5      | 6       |
| 2015 | 2953                                 | -9861  | 4862    |        |         |
| 2016 | 16394                                | 4451   | -1427   |        |         |
| 2017 | 11992                                | -3695  | -26017  |        |         |
| 2018 | 11512                                | -25884 | 10893   |        |         |
| 2019 | 11893                                | -8384  | -14804  |        |         |
| 2020 | 13997                                | 4403   | -9736   |        |         |
| 2021 | 6875                                 | -3519  | 6172    |        |         |
| 2022 | 14075                                | -13253 | 23079   |        |         |
| 1    | 7                                    | 8      | 9       | 10     | 11      |
| 2015 |                                      |        |         |        | -2046   |

|      |                              |       |        |         |         |
|------|------------------------------|-------|--------|---------|---------|
| 2016 |                              |       |        |         | 19418   |
| 2017 |                              |       |        |         | -17720  |
| 2018 |                              |       |        |         | -3479   |
| 2019 |                              |       |        |         | -11295  |
| 2020 |                              |       |        |         | 8664    |
| 2021 |                              |       |        |         | 9528    |
| 2022 |                              |       |        |         | 23901   |
|      | <b>Электростанции: всего</b> |       |        |         |         |
| 1    | 2                            | 3     | 4      | 5       | 6       |
| 2015 | -75072                       | -43   | -3893  | -200941 | -21520  |
| 2016 | -76772                       | -86   | -6481  | -208357 | -23592  |
| 2017 | -74698                       | -70   | -4124  | -213059 | -23638  |
| 2018 | -73328                       | -66   | -4371  | -217163 | -24394  |
| 2019 | -71364                       | -56   | -4233  | -213405 | -24904  |
| 2020 | -66794                       | -45   | -4228  | -189874 | -27290  |
| 2021 | -67983                       | -62   | -3594  | -209704 | -27791  |
| 2022 | -71929                       | -64   | -4011  | -211116 | -25842  |
| 1    | 7                            | 8     | 9      | 10      | 11      |
| 2015 | -74325                       | -3032 | 131308 | 82142   | -165376 |
| 2016 | -74798                       | -3266 | 134190 | 85907   | -173255 |
| 2017 | -77227                       | -3248 | 134597 | 85544   | -175923 |
| 2018 | -77699                       | -3460 | 137156 | 88626   | -174699 |
| 2019 | -79369                       | -3548 | 137944 | 85677   | -173258 |
| 2020 | -81947                       | -3609 | 134029 | 82611   | -157147 |
| 2021 | -84568                       | -3435 | 142608 | 89599   | -164930 |
| 2022 | -84990                       | -3414 | 143883 | 87190   | -170293 |
|      | <b>Электроэнергия</b>        |       |        |         |         |
| 1    | 2                            | 3     | 4      | 5       | 6       |
| 2015 | -54910                       | -43   | -2415  | -138618 | -21520  |
| 2016 | -56046                       | -86   | -3895  | -142683 | -23578  |
| 2017 | -55206                       | -70   | -2697  | -145724 | -23638  |
| 2018 | -53072                       | -66   | -2843  | -148707 | -24394  |
| 2019 | -51626                       | -56   | -2534  | -147307 | -24904  |
| 2020 | -47123                       | -45   | -2506  | -126802 | -27290  |
| 2021 | -47708                       | -62   | -2292  | -139397 | -27791  |
| 2022 | -52303                       | -64   | -2594  | -143257 | -25842  |
| 1    | 7                            | 8     | 9      | 10      | 11      |
| 2015 | -72857                       | -700  | 131308 |         | -159755 |
| 2016 | -73284                       | -797  | 134190 |         | -166179 |
| 2017 | -75717                       | -796  | 134597 |         | -169251 |
| 2018 | -76248                       | -855  | 137156 |         | -169029 |
| 2019 | -77894                       | -900  | 137944 |         | -167277 |
| 2020 | -80492                       | -943  | 134029 |         | -151172 |
| 2021 | -82943                       | -884  | 142608 |         | -158469 |
| 2022 | -83373                       | -850  | 143883 |         | -164400 |
|      | <b>Тепловая энергия</b>      |       |        |         |         |

| 1    | 2                            | 3     | 4     | 5       | 6        |
|------|------------------------------|-------|-------|---------|----------|
| 2015 | -33466                       | -801  | -6688 | -132754 | 0        |
| 2016 | -34591                       | -741  | -8050 | -139223 | -14      |
| 2017 | -32678                       | -700  | -6036 | -137299 |          |
| 2018 | -33607                       | -656  | -5952 | -141342 |          |
| 2019 | -32807                       | -716  | -5857 | -135232 |          |
| 2020 | -32396                       | -630  | -6033 | -131393 |          |
| 2021 | -33818                       | -663  | -5859 | -145872 |          |
| 2022 | -32924                       | -608  | -6193 | -141404 |          |
| 1    | 7                            | 8     | 9     | 10      | 11       |
| 2015 | -1468                        | -5267 | -4008 | 178004  | -6448    |
| 2016 | -1515                        | -5598 | -3742 | 184322  | -9152    |
| 2017 | -1510                        | -5014 | -4663 | 183142  | -4758    |
| 2018 | -1450                        | -5110 | -5136 | 189018  | -4235    |
| 2019 | -1474                        | -5962 | -5037 | 184791  | -2294    |
| 2020 | -1455                        | -6006 | -2781 | 181723  | 1029     |
| 2021 | -1625                        | -5833 | -3132 | 194774  | -2028    |
| 2022 | -1617                        | -5843 | -2922 | 182144  | -9367    |
|      | <b>Электростанции: тепло</b> |       |       |         |          |
| 1    | 2                            | 3     | 4     | 5       | 6        |
| 2015 | -20162                       |       | -1478 | -62324  | 0        |
| 2016 | -20726                       | 0     | -2585 | -65674  | -14      |
| 2017 | -19492                       |       | -1427 | -67335  |          |
| 2018 | -20256                       |       | -1528 | -68456  |          |
| 2019 | -19738                       |       | -1700 | -66098  |          |
| 2020 | -19672                       |       | -1722 | -63072  |          |
| 2021 | -20276                       |       | -1302 | -70307  |          |
| 2022 | -19626                       |       | -1417 | -67859  |          |
| 1    | 7                            | 8     | 9     | 10      | 11       |
| 2015 | -1467,58                     | -2332 |       | 82142   | -5621,58 |
| 2016 | -1514,96                     | -2469 |       | 85907   | -7075,96 |
| 2017 | -1510,35                     | -2452 |       | 85544   | -6672,35 |
| 2018 | -1450,12                     | -2605 |       | 88626   | -5669,12 |
| 2019 | -1474,43                     | -2648 |       | 85677   | -5981,43 |
| 2020 | -1454,61                     | -2666 |       | 82611   | -5975,61 |
| 2021 | -1625,04                     | -2551 |       | 89599   | -6462,04 |
| 2022 | -1617,04                     | -2564 |       | 87190   | -5893,04 |
|      | <b>Котельные: всего</b>      |       |       |         |          |
| 1    | 2                            | 3     | 4     | 5       | 6        |
| 2015 | -13304                       | -801  | -5210 | -70430  |          |
| 2016 | -13865                       | -740  | -5465 | -73549  |          |
| 2017 | -13186                       | -700  | -4609 | -69964  |          |
| 2018 | -13350                       | -656  | -4424 | -72886  |          |
| 2019 | -13069                       | -716  | -4157 | -69134  |          |
| 2020 | -12725                       | -630  | -4311 | -68321  |          |
| 2021 | -13542                       | -663  | -4557 | -75565  |          |



|      |        |       |       |        |        |
|------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 2022 | -13298 | -608  | -4776 | -73546 |        |
| 1    | 7      | 8     | 9     | 10     | 11     |
| 2015 |        | -2935 | -3666 | 83887  | -12459 |
| 2016 |        | -3129 | -3364 | 85573  | -14539 |
| 2017 |        | -2562 | -4318 | 84400  | -10939 |
| 2018 |        | -2505 | -4790 | 86622  | -11989 |
| 2019 |        | -3314 | -4692 | 85660  | -9422  |
| 2020 |        | -3340 | -2473 | 85752  | -6048  |
| 2021 |        | -3282 | -2807 | 91677  | -8739  |
| 2022 |        | -3279 | -2595 | 81461  | -16641 |

## Приложение Ж

(обязательное)

Основные формы статистической отчетности, необходимые для формирования  
отчетного топливо–энергетического баланса

Таблица Ж.1– Основные формы статистической отчетности, необходимые для  
формирования отчетного топливо–энергетического баланса

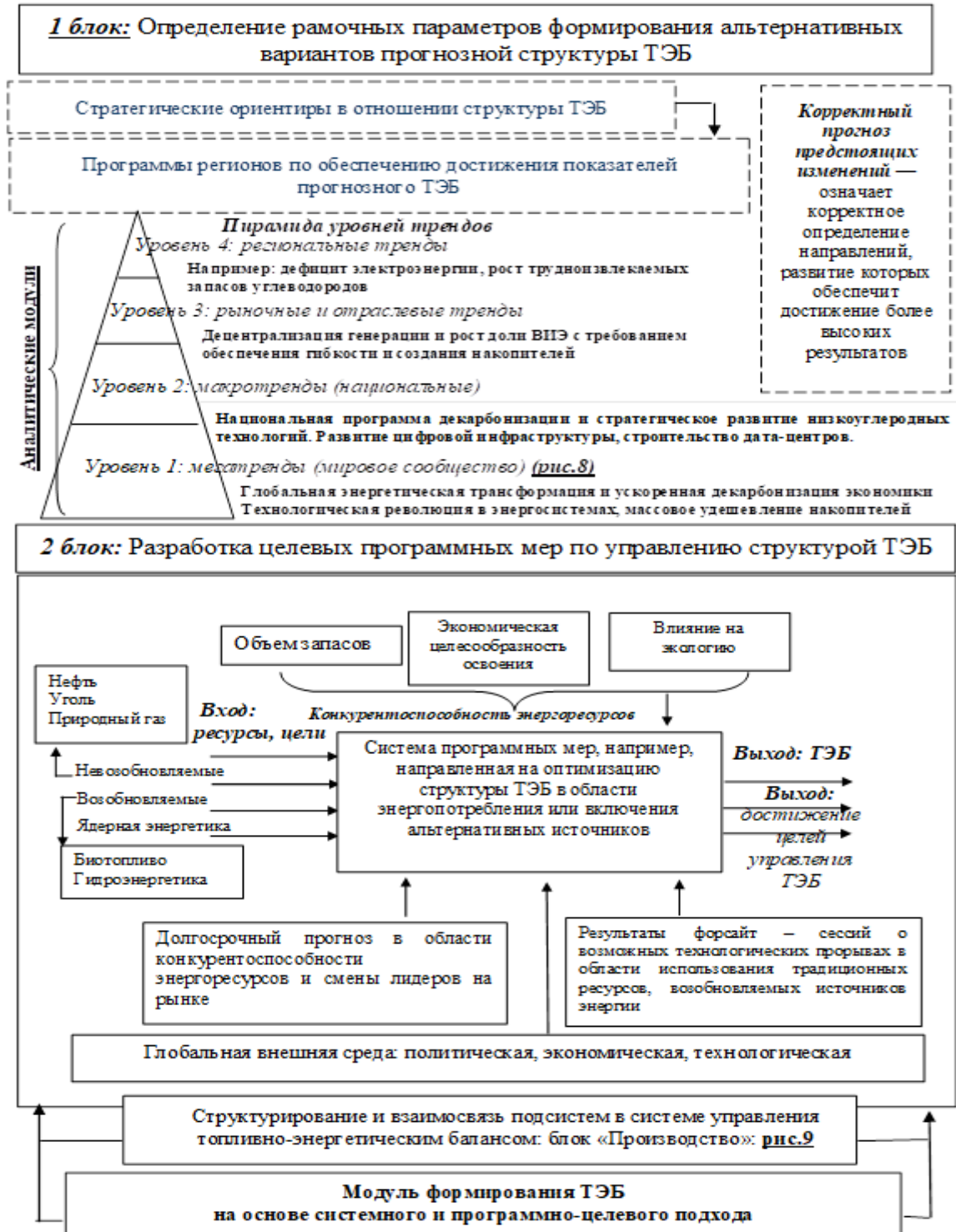
| Источник информации<br>(статистическая форма) | Название статистической формы                                                                          | Комментарии                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                             | 2                                                                                                      | 3                                                                                                                                                                                                          |
| «1-ТЭК (нефть)»                               | сведения об эксплуатации нефтяных скважин                                                              | Данные о добыче нефти и движении нефти (собственные нужды, переработка, изменение запасов и др.)                                                                                                           |
| «1-натура»                                    | сведения о производстве и отгрузке промышленной продукции                                              | Производство, собственное потребление и изменение запасов топлива                                                                                                                                          |
| 1-газ                                         | Сведения об использовании сетевого                                                                     | Данные о потреблении сетевого и сжиженного газа населением, мелкими                                                                                                                                        |
|                                               | (сжиженного) газа                                                                                      | потребителями и бюджетными организациями, а также о потерях газа                                                                                                                                           |
| 1-автобензин                                  | сведения о производстве нефтепродуктов                                                                 | Данные об объемах переработки нефти и производства нефтепродуктов                                                                                                                                          |
| 1-ТЕП                                         | сведения о снабжении теплоэнергией                                                                     | Информация о производстве тепловой энергии по группам котельных, по видам используемого на котельных топлива, о потерях тепловой энергии и о ее потреблении населением, бюджетными и прочими организациями |
| 1-нефтепродукт                                | сведения об отгрузке нефтепродуктов потребителям                                                       | Данные об отгрузке нефтепродуктов и географии их экспорта                                                                                                                                                  |
| 1-вывоз                                       | сведения о вывозе продукции (товаров)                                                                  | Информация о вывозе топлива за пределы субъекта РФ                                                                                                                                                         |
| 4-запасы (срочная)                            | сведения о запасах топлива                                                                             | Данные о запасах и потреблении топлива                                                                                                                                                                     |
| 4-ТЭР                                         | сведения об остатках, поступлении и расходе топлива и теплоэнергии, сборе и использовании отработанных | Область применения заключается в определении суммарных масштабов потребления различных видов топлива, изменения в его запасах, отпуска топлива населению. С 2007 г. включает также                         |
|                                               | нефтепродуктов                                                                                         | частичные данные о потреблении тепловой энергии                                                                                                                                                            |

|                       |                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6-ТП                  | производство электрической и тепловой энергии и использование топлива в электроэнергетике                     | Является основным источником для расчета как объемов выработки электроэнергии по различным группам станций, так и для оценки и потребления топлива на производство электроэнергии и тепла и для определения расхода электроэнергии на собственные нужды электростанций и при формировании ЕТЭБ. Используется для формирования топливного баланса электростанций и районных котельных, определения отпуска электрической и тепловой энергии  |
| 11-ТЭР                | сведения об использовании топлива, теплоэнергии и электроэнергии                                              | Используется для определения потребления топлива при формировании топливного баланса производства электроэнергии и тепла; станций и районных котельных; для формирования баланса потребления энергии в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, коммунально-бытовой сфере и у населения. В 2007 г. форма претерпела ряд изменений. Часть ее показателей попала в форму 4-топливо, а часть просто исчезла из статистического учета |
| 22-ЖКХ                | сведения о работе предприятий ЖКХ в условиях реформы                                                          | Содержит информацию о потреблении тепловой энергии, сетевого и сжиженного газа, а также электроэнергии населением и общественными зданиями                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Форма 23-н            | сведения о производстве и распределении электрической энергии                                                 | Основной источник данных по объемам производства и структуре потребления электроэнергии                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Форма 24 – энергетика | Электробаланс и отчет о работе электростанций (электрогенераторных установок)                                 | Основной источник данных по объемам производства и структуре потребления электроэнергии по секторам экономики и видам экономической деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                       | Данные ЦДУ о суммарном потреблении электроэнергии в системах централизованного электроснабжения               | Надежность данные электробаланса за 2005–2007 гг. по многим регионам снизилась. Поэтому данные о суммарном потреблении электроэнергии важно перепроверять на основе данных ЦДУ.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| «ПЭ»                  | Сведения о работе электростанций (электрогенераторных установок), стоящих на балансе промышленных организаций | Данные о работе электростанций промышленных организаций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## Приложение И

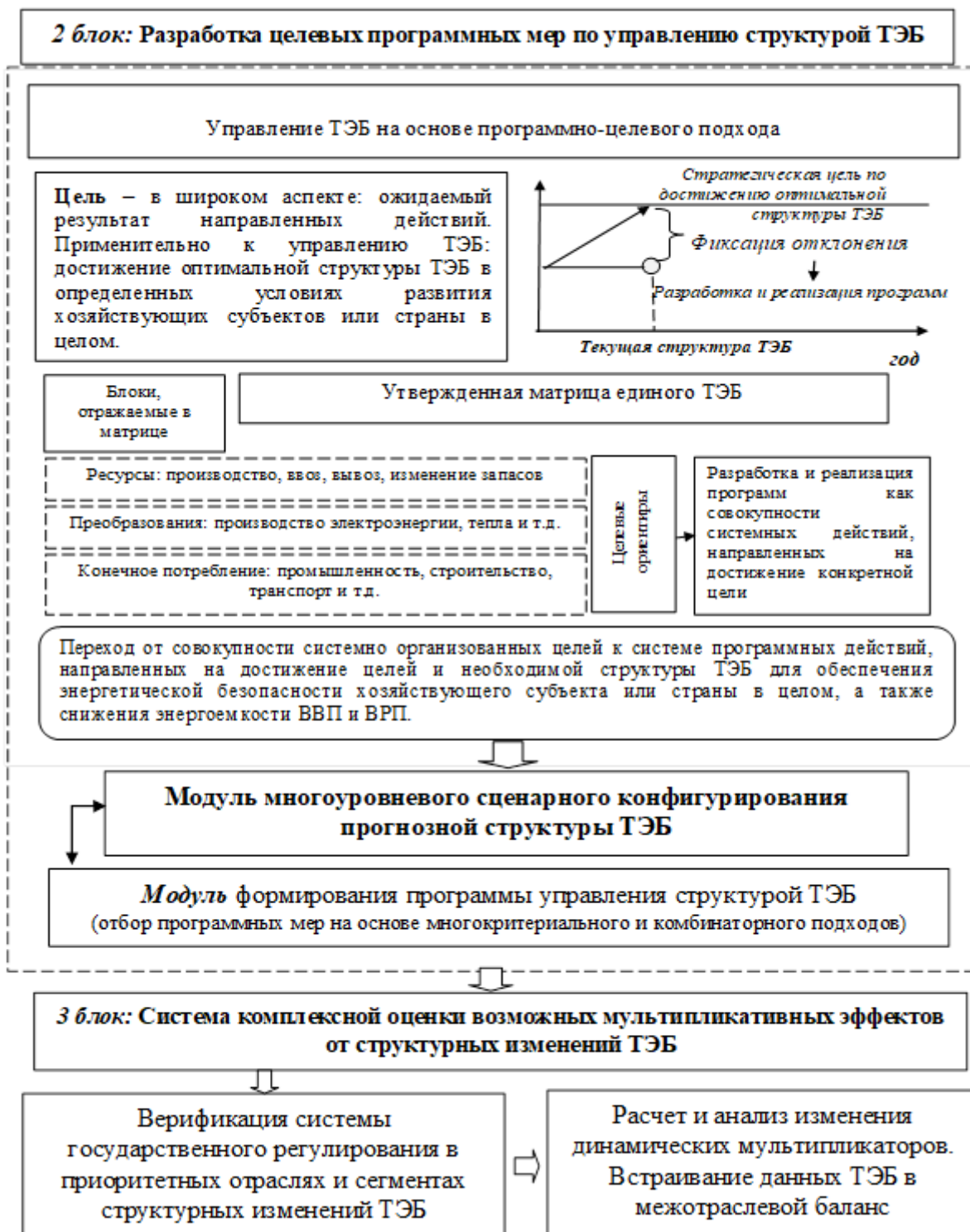
(обязательное)

Концептуальная, теоретико-методологическая модель  
формирования прогнозного ТЭБ



Источник: составлено автором.

Рисунок И.1 - Концептуальная, теоретико-методологическая модель формирования прогнозного ТЭБ: (начало)



Источник: составлено автором.

Рисунок И.1 - Концептуальная, теоретико-методологическая модель формирования прогнозного ТЭБ: (окончание)

## Приложение К

(обязательное)

Актуальные проблемы в области формирования ТЭБ и направления их решения

Таблица К.1 – Актуальные проблемы в области формирования ТЭБ и направления их решения

| Проблема                                                  | Доказательная база, отраженная в документе                                                                                                                                                                                                                          | Возможные решения                                                                                                                                                                             | Ключевые акторы                                                             |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3                                                                                                                                                                                             | 4                                                                           |
| Утрата плановой роли ТЭБ; ТЭБ как статистический документ | ТЭБ потерял функцию инструментального планирования, превратившись преимущественно в статистику; <b><u>прогнозные ТЭБ разрабатываются на базе</u></b> «позитивного» сценария, что создаёт <b><u>диспропорции</u></b> в размещении мощностей и ресурсном обеспечении. | Восстановление функционала ТЭБ как рабочего инструмента планирования; включение ТЭБ в систему стратегического планирования; <b><u>законодательное закрепление статуса прогнозных ТЭБ.</u></b> | Правительство РФ;<br>Комитет по энергетике; проект изменений в 172-ФЗ [363] |
| Фрагментарность методик и разночтения терминологии        | Отдельные исследования/практики носят эпизодический характер; отсутствует методологическое единство при формировании сценарных условий и расчётов.                                                                                                                  | Разработка единой методологии и унифицированной дефиниции ТЭБ; создание методического картаса и регламентов.                                                                                  | Минэнерго; ФГБУ «РЭА»; межведомственная рабочая группа.                     |
| Отсутствие единого ИТ-инструментария и цифровой платформы | Регионы используют разнородные подходы; нет «сквозной» системы для формирования, согласования и обмена данными.                                                                                                                                                     | Создание единой комплексной ИТ-системы формирования ТЭБ (единая цифровая платформа «сквозного» типа), интеграция математических моделей с системой.                                           | Правительство РФ; Минэнерго; разработчики платформ; инициатива «ГосТех».    |
| Несогласованные горизонты прогнозирования                 | В регионах применяются разные горизонты и временные разрезы (различия в детализации среднесрочных/долгосрочных ТЭБ).                                                                                                                                                | Установление единых горизонтов (среднесрочные = 3 года; долгосрочные — в соответствии со стратегией, напр. До                                                                                 | Минэнерго; Правительство РФ.                                                |

Продолжение таблицы К.1

| 1                                                                                                     | 2                                                                                                                                                                       | 3                                                                                                                                                          | 4                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                                                                                       |                                                                                                                                                                         | 2035) и единых требований к представлению данных.                                                                                                          |                                                               |
| Низкое качество первичных данных и несвязанность БД                                                   | Низкий уровень методики сбора первичных данных; недоступность сводных форм; разная синхронизация статистических периодов; невозможность верификации.                    | Разработка требований к исходным данным; унификация форм; синхронизация сроков сбора данных со сроками формирования ТЭБ; регламент верификации.            | Минэнерго; Росстат; Минэкономразвития.                        |
| Ограниченный доступ к конфиденциальным реестрам и отсутствие обязанности поставлять прогнозные данные | Конфиденциальность реестров ФНС препятствует составлению актуальных списков субъектов для опроса; нет обязательства для организаций предоставлять прогнозы потребления. | Нормативное закрепление обязанности предоставлять исходные данные; регламентация порядка верификации; механизм легитимного доступа к агрегированным данным | Минэнерго; Правительство РФ; законодательные инициативы (ГД). |
| Дублирование запросов и несогласованность информационных потоков                                      | Регионы подвергаются многократным запросам от разных ведомств и проектов; данные о развитии инфраструктуры (схемы тепл/электро/газ) не всегда используются.             | Централизация источников данных; признание схем тепло/электро/газ как легитимных исходных данных; внедрение единого формата обмена                         | Минэнерго; региональные операторы; Росстат.                   |
| Недостаточная методика расчёта межтопливной конкуренции и инфраструктурной компоненты                 | Отсутствуют методики учёта инфраструктурных затрат, индексации затрат, расчёта удельных эксплуатационных затрат и «альтернативной котельной».                           | Разработка методик межтопливной конкуренции, включая инфраструктурную составляющую и механизм индексирования затрат; уточнение базовых ценовых условий.    | Минэнерго; ФГБУ «РЭА»; Минэкономразвития.                     |
| Отсутствие регламентированных методов математического моделирования и прогнозных инструментов         | Не определены рекомендуемые методы моделирования временных рядов и алгоритмы для объективного построения трендов.                                                       | Разработка и внедрение методических требований к моделям (алгоритмы, инструменты, валидация); консолидация и развитие модельных комплексов.                | Минэнерго; ФГБУ «РЭА»; научно-технические институты.          |
| Неполное использование ТЭБ в управлении                                                               | Прогнозные ТЭБ остаются информационными                                                                                                                                 | Включение ТЭБ в систему стратегического планирования;                                                                                                      | Правительство РФ;                                             |

Окончание таблицы К.1

| 1                                                                                       | 2                                                                                                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                                              | 4                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| (ТЭБы — информационные, не управленческие)                                              | документами; нет механизма их применения в текущем управлении.                                                                                                     | регламентация использования целевых ТЭБ в управлении и бюджете.                                                                                                                                                | Минэкономразвития; Комитет ГД по энергетике.                      |
| Неразработанность оценки инфраструктурной обоснованности газификации и топливозамещения | Нет общих принципов оценки инфраструктурной составляющей и экономически оправданной цены на газ; ограничена методика топливозамещения (только трубопроводный газ). | Разработка методик оценки инфраструктурных затрат и экономической целесообразности топливозамещения; расширение расчётов на СПГ/СУГ и автономные решения.                                                      | Минэнерго; операторы газификации; ФГБУ «РЭА».                     |
| Несовершенство региональных «дорожных карт» и отсутствие единого подхода                | Дорожные карты регионов различаются по структуре и содержанию; в отдельных регионах планы отсутствуют или содержат некорректные сроки.                             | Методологическое сопровождение, унификация структуры и содержания «дорожных карт», пилотирование и мониторинг исполнения.                                                                                      | Минэнерго; субъекты РФ; Счётная палата (мониторинг).              |
| Отсутствие нормативно-правовой ясности статуса ТЭБ и ответственности                    | Нет чётко определённого статуса прогнозных балансов, механизмов контроля и ответственности органов власти.                                                         | Внесение изменений в законодательство (в т.ч. 172-ФЗ) для фиксирования статуса ТЭБ, обязанностей и механизмов контроля; подготовка федерального закона о включении ТЭБ в систему стратегического планирования. | Правительство РФ; Федеральное собрание; Комитет ГД по энергетике. |
| Неоформленность единой системы тестирования/пилотирования и валидации                   | Нужны пилотные испытания; прототип системы прогнозирования пока на стадии разработки                                                                               | Создание прототипа единой системы прогнозирования, выбор 3–5 пилотных регионов для тестирования, масштабирование успешных решений.                                                                             | Минэнерго; ФГБУ «РЭА»; пилотные субъекты РФ.                      |
| Несогласованность статистики и сроков её обновления                                     | Сроки корректировки форм статистического наблюдения не синхронизированы со сроками формирования ТЭБ; отсутствует регламент публикации показателей в ЕМИСС.         | Синхронизация сроков Росстат с формированием базового ТЭБ; регламентирование перечня показателей и сроков размещения данных.                                                                                   | Минэкономразвития; Росстат; Минэнерго                             |

Источник: составлено на основании решения Комитета по энергетике от 7.01.2024.

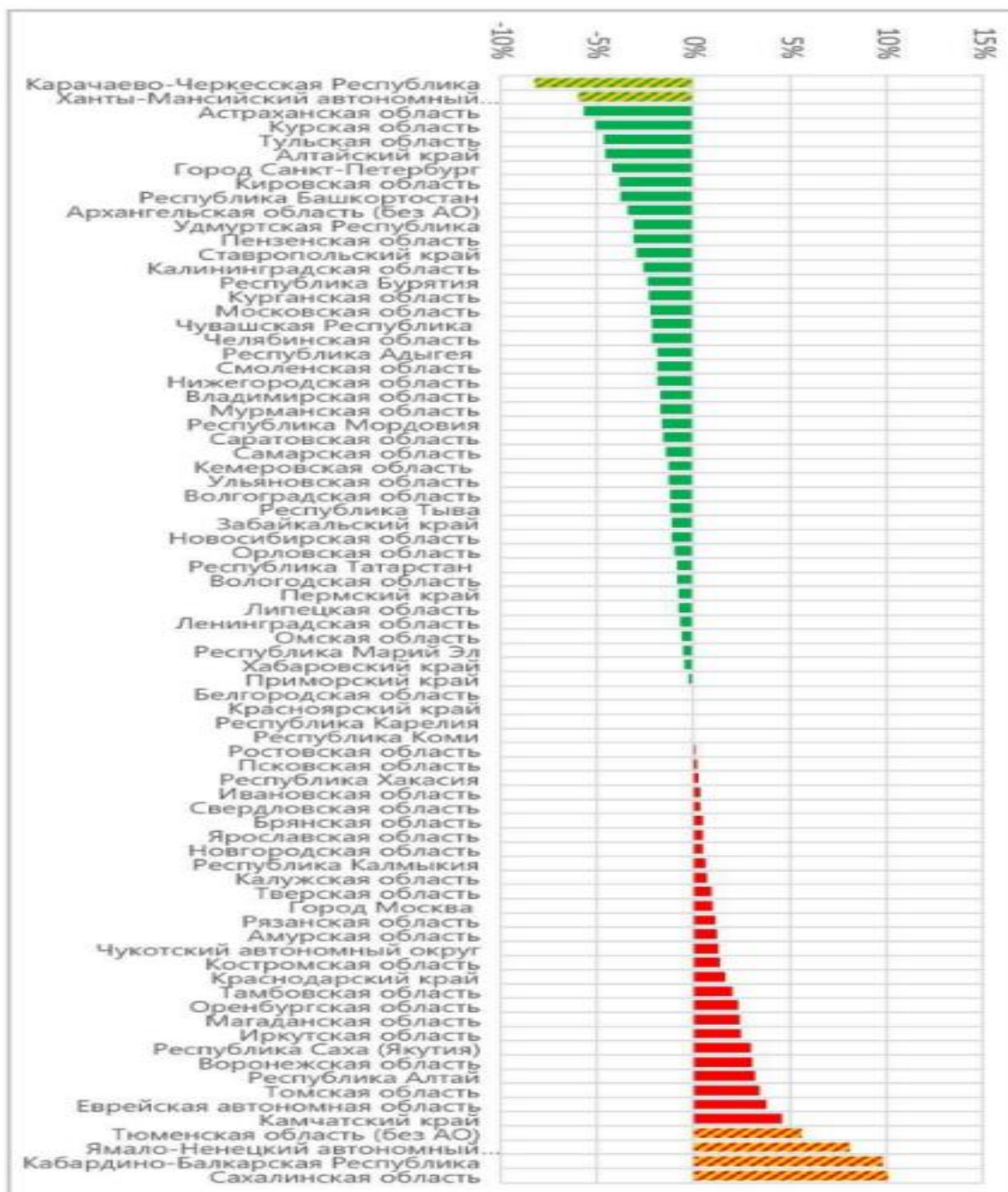


## Приложение Л

(обязательное)

Ранжирование субъектов РФ по среднегодовым темпам прироста энергоемкости

ВРП в 2016–2022 г.



Примечание: штриховкой показаны субъекты РФ, где в статистике ППЭ наблюдается скачок в 2016–2017 или 2021–2022 гг.

Источник: ЦЭНЭФ-XXI [85].

Рисунок Л.1 - Ранжирование субъектов РФ по среднегодовым темпам прироста энергоемкости ВРП в 2016–2022 г.

## Приложение М

(обязательное)

## Основные блоки и связи модельно-информационного комплекса SCANER

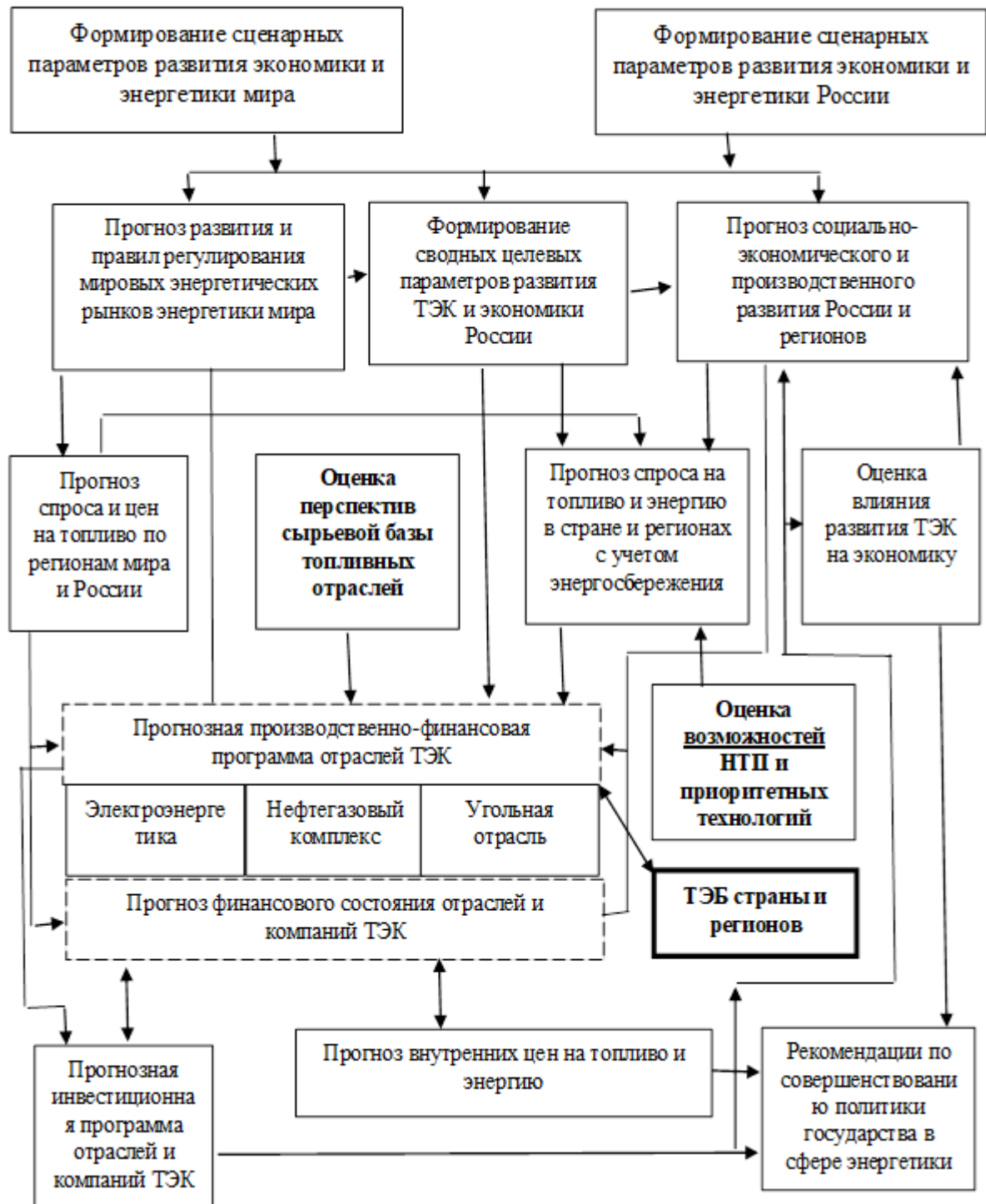


Рисунок М.1 - Основные блоки и связи модельно-информационного комплекса SCANER [50]

## Приложение Н

(обязательное)

Федеральные и национальные проекты, которые могут оказать влияние на формирование национальной системы управления прогнозным ТЭБ

Таблица Н.1 – Федеральные и национальные проекты, которые могут оказать влияние на формирование национальной системы управления прогнозным ТЭБ

| Проект                                                       | Год утверждения | Цель                                                                                                                                                                                                                                                          | Основные показатели проекта                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Координаторы/ответственные                             |
|--------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1                                                            | 2               | 3                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5                                                      |
| <b>Федеральные проекты</b>                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| Новое оборудование и технологии в нефтегазовой отрасли       |                 | Создание российского оборудования для геологоразведки, бурения на суше, шельфе, нефтепереработки, нефтегазохимии. Будут созданы новые автоматизированные системы управления технологическим процессом, контрольно-измерительные приборы и автоматика [166]    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| Новое оборудование и технологии для сжижения природного газа |                 | К 2030 году планируется обеспечить долгосрочную технологическую независимость средних и крупных проектов по производству СПГ                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| Чистая энергетика                                            | 2022            | Реализации программы поддержки создания высококачественной отрасли возобновляемых источников энергии в Российской Федерации для достижения целей декарбонизации в ТЭК и поддержки инновационных логических решений в сфере производства электрической энергии | Целевые показатели на горизонте 2030 года:<br>установленная мощность генерирующих объектов ВИЭ в объеме более 12 ГВт;<br>доля ВИЭ – 2,1% в общем объеме выработки электроэнергии;<br>прирост промышленного выпуска оборудования ВИЭ в объеме 500 млрд рублей; экспортные поставки оборудования ВИЭ – 20 млрд руб. и др. |                                                        |
| <b>Национальные проекты</b>                                  |                 |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| Новые атомные и энергетические технологии [238]              | 2025            | Обеспечение мирового лидерства в атомных технологиях, технологический суверенитет в новых энергетических технологиях                                                                                                                                          | К 2030 году <ul style="list-style-type: none"> <li>Количество стран глобального присутствия России на международном рынке атомных и смежных технологий – 75 ед.</li> </ul>                                                                                                                                              | Минэнерго России<br>А. Новак (курирующий вице-премьер) |

Окончание таблицы Н.1

| 1                                                                                                                                                        | 2 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 5                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Уровень технологической независимости в области создания новых атомных технологий – 67%</li> <li>Уровень технологической независимости в ТЭК – 90%</li> <li>Доля отечественного оборудования в ТЭК – 90%</li> <li>Объём производства отечественного оборудования в ТЭК – 2 719 млрд рублей</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                    | С. Цивелев (руководитель проекта)                                                             |
| Новое оборудование и технологии в солнечной и ветрогенерации (входит в состав <b>национального проекта «Новые атомные и энергетические технологии»</b> ) |   | Разработка нового оборудования для солнечных (СЭС) и ветряных (ВЭС) электростанций.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Например, планируется создание прорывных гетероструктурных фотоэлектрических преобразователей (солнечных ячеек) с эффективностью свыше 25%. Также разрабатываются перовскитные солнечные элементы, которые могут обеспечить высокую эффективность при меньшей цене и потенциально достичь КПД выше 30%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | А. Новак, Минэнерго России                                                                    |
| Экономика данных и цифровая трансформация государства [390]                                                                                              |   | <i>Цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы за счёт обеспечения кибербезопасности, бесперебойного доступа к Интернету, подготовки квалифицированных кадров для ИТ-отрасли, цифрового госуправления, развития отечественных цифровых платформ, программного обеспечения, перспективных разработок и искусственного интеллекта.</i> | <p>Выборка показателей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Доля российских организаций ключевых отраслей экономики, перешедших на использование базового и прикладного российского ПО в системах, обеспечивающих основные производственные и управленческие процессы – 80%</li> <li>Доля российского ПО, используемого в деятельности государственных органов, государственных корпораций, государственных компаний и хозяйственных обществ, в уставном капитале которых доля участия Российской Федерации в совокупности превышает 50%, а также в их аффилированных юридических лицах – 95%</li> </ul> | Минцифры России<br>Д. Григоренко (курирующий вице-премьер)<br>М.Шадаев (руководитель проекта) |

Источник: составлено автором.

## Приложение П (обязательное)

Прогнозный ТЭБ по сценариям энергетической стратегии до 2050 г.

Таблица П.1

Прогнозный ТЭБ РФ по инерционному, целевому сценарию, сценарию ускоренного энергетического перехода (УЭП), стресс-сценарию (СС) и сценарию технологического потенциала (СТП) до 2050, млн. т.у.т. (нефть, нефтепродукты, газ)

| Мероприятия                          | Факт<br>2023 г | 2030 г. |        |        |        |         | 2036 г. |        |        |        |        | 2050 г. |         |         |        |         |
|--------------------------------------|----------------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|
|                                      |                | ИС      | ЦС     | УЭП    | СС     | СТП     | ИС      | ЦС     | УЭП    | СС     | СТП    | ИС      | ЦС      | УЭП     | СС     | СТП     |
|                                      |                | Нефть   |        |        |        |         |         |        |        |        |        |         |         |         |        |         |
| производство                         | 759,33         | 747,89  | 772,2  | 747,89 | 576,29 | 845,13  | 682,11  | 772,2  | 747,89 | 416,13 | 830,83 | 514,8   | 772,2   | 735,02  | 244,53 | 782,21  |
| поставки на<br>внутренний ры-<br>нок | 424,71         | 418,99  | 436,15 | 411,84 | 308,88 | 459,03  | 417,56  | 436,15 | 411,84 | 303,16 | 459,03 | 410,41  | 436,15  | 398,97  | 244,53 | 456,17  |
| поставки на<br>экспорт               | 334,62         | 328,9   | 336,05 | 336,05 | 265,98 | 386,1   | 260,26  | 336,05 | 336,05 | 112,97 | 371,8  | 104,39  | 336,05  | 336,05  | 0,00   | 326,04  |
| Нефтепродукты                        |                |         |        |        |        |         |         |        |        |        |        |         |         |         |        |         |
| объем перера-<br>ботки               | 401,50         | 397,12  | 413,18 | 413,18 | 292    | 433,62  | 397,12  | 413,18 | 413,18 | 292    | 433,62 | 397,12  | 413,18  | 400,04  | 239,44 | 433,62  |
| поставки на<br>внутренний ры-<br>нок | 210,24         | 229,22  | 227,76 | 227,76 | 223,38 | 226,3   | 235,06  | 232,14 | 230,68 | 223,38 | 224,84 | 236,52  | 230,68  | 227,76  | 219,00 | 213,16  |
| поставки на<br>экспорт               | 191,26         | 167,9   | 185,42 | 185,42 | 68,62  | 251,12  | 162,06  | 181,04 | 182,5  | 68,62  | 208,78 | 160,6   | 182,5   | 172,28  | 20,44  | 220,46  |
| Газ                                  |                |         |        |        |        |         |         |        |        |        |        |         |         |         |        |         |
| Производство                         | 735,10         | 814,15  | 984,36 | 898,97 | 763,95 | 1003,98 | 1020,14 | 1113,6 | 1001,7 | 769,72 | 1269,4 | 1063,99 | 1277,48 | 1061,68 | 783,57 | 1556,75 |
| Поставки на<br>внутренний ры-<br>нок | 572,38         | 544,15  | 646,24 | 587,39 | 592,00 | 665,86  | 650,86  | 679,71 | 632,39 | 597,77 | 688,94 | 694,708 | 772,03  | 660,09  | 611,62 | 807,80  |
| Поставки на<br>экспорт-всего         | 168,48         | 271,15  | 338,12 | 311,58 | 171,95 | 338,12  | 369,28  | 433,9  | 369,28 | 171,95 | 580,46 | 369,28  | 505,45  | 401,59  | 171,95 | 748,95  |
| трубопроводные                       | 116,55         | 129,15  | 174,25 | 147,71 | 118,86 | 174,25  | 193,87  | 227,34 | 193,87 | 118,86 | 354,28 | 193,872 | 227,34  | 193,87  | 118,86 | 354,28  |
| сжиженный при-<br>родный газ         | 70,65          | 143,57  | 222,94 | 222,94 | 70,65  | 222,94  | 238,64  | 281,03 | 238,64 | 70,65  | 307,72 | 238,64  | 378,37  | 282,60  | 70,65  | 536,94  |
| Транзит                              | 9,23           | 9,15    | 9,23   | -      | 9,23   | 9,23    | 9,23    | 9,232  | -      | 9,232  | 9,232  | 9,232   | 9,23    | -       | 9,23   | 9,23    |

Таблица П.2  
Прогнозный ТЭБ РФ по инерционному, целевому сценариям, сценарию ускоренного энергетического перехода (УЭП), стресс-сценарию (СС) и сценарию технологического потенциала (СТП) до 2050, млн. т.у.т. (уголь, электроэнергия)

| Мероприятия                          | Факт<br>2023 г | 2030 г. |        |        |        |        | 2036 г. |        |        |        |        | 2050 г. |        |        |        |        |
|--------------------------------------|----------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
|                                      |                | ИС      | ЦС     | УЭП    | СС     | СТП    | ИС      | ЦС     | УЭП    | СС     | СТП    | ИС      | ЦС     | УЭП    | СС     | СТП    |
| Уголь                                |                |         |        |        |        |        |         |        |        |        |        |         |        |        |        |        |
| Производство                         | 307,09         | 344,12  | 371,07 | 336,00 | 306,60 | 451,29 | 381,7   | 416,64 | 371,70 | 266,91 | 463,68 | 410,48  | 463,40 | 334,60 | 223,23 | 555,94 |
| Поставки на<br>внутренний ры-<br>нок | 126,63         | 138,11  | 139,44 | 182,00 | 140,70 | 131,25 | 140,1   | 141,96 | 190,40 | 140,63 | 131,25 | 159,39  | 162,19 | 156,80 | 129,85 | 152,60 |
| Поставки на<br>экспорт               | 148,75         | 170,45  | 186,69 | 163,80 | 134,40 | 265,30 | 202,1   | 224,14 | 190,40 | 98,70  | 276,22 | 206,36  | 245,07 | 184,80 | 70,35  | 336,00 |
| Импорт                               | 12,60          | 8,40    | 9,10   | 9,80   | 9,10   | 9,10   | 8,4     | 8,40   | 9,10   | 9,10   | 8,40   | 8,40    | 8,40   | 7,00   | 6,30   | 6,30   |
| Электроэнергия                       |                |         |        |        |        |        |         |        |        |        |        |         |        |        |        |        |
| Производство                         | 141,66         | 162,80  | 163,96 | 160,27 | 161,94 | 164,25 | 170,77  | 172,79 | 176,26 | 164,75 | 189,94 | 195,37  | 201,57 | 210,82 | 171,08 | 221,44 |
| Поставки на<br>внутренний ры-<br>нок | 140,13         | 161,17  | 162,31 | 158,67 | 160,01 | 162,31 | 169,05  | 171,06 | 174,66 | 163,01 | 188,20 | 193,59  | 199,74 | 209,22 | 169,35 | 219,70 |
| Сальдо пере-<br>тока                 | 1,53           | 1,64    | 1,65   | 1,60   | 1,93   | 1,93   | 1,72    | 1,73   | 1,60   | 1,73   | 1,73   | 1,78    | 1,83   | 1,60   | 1,73   | 1,73   |

Перевод в т.у.т сделан автором на основании данных Энергетической стратегии РФ на период до 2050 года и коэффициентов перевода в тонны условного топлива (в ред. Приказа Минэнерго РФ от 26.03.2024 N 260), приложение У

Условные обозначения:

**ИС – инерционный сценарий:** сохранение сложившихся трендов, без значительных инвестиций в развитие, сокращение экспортной ниши

**ЦС – целевой сценарий:** нефтяная отрасль развивается в условиях 100% восполнения МСБ, использования искусственного интеллекта (ИИ) в геологоразведке и производстве, учитывает мероприятия для сбалансированного развития отрасли ТЭК

**УЭП – сценарий ускоренного энергетического перехода:** предполагает более быстрые темпы декарбонизации мировой энергетики на основе ВИЭ, снятие ограничений на поставки в РФ технологий и оборудования

**СС – стресс-сценарий:** снижение производственных показателей ТЭК, ускорение темпов декарбонизации, минимально возможный выпуск на потребности внутреннего рынка

**СТП – сценарий технологического потенциала:** учитываются максимально возможные уровни производственных показателей, без учета экономической рентабельности



Таблица Р.1

Топливо-энергетический баланс Тюменской области (без автономных округов) за 2007 г. (тыс. т.у.т.)

[illegible]

Таблица Р.2

Е. Единый топливно-энергетический баланс Тюменской области за 2008 год (тыс. т.у.т.)

|                                                  | Уголь       | Сырая нефть  | Нефтепродукты   | Природный газ   | Гидроэнергия НВЭИ | Прочие твердые топлива | Электроэнергия | Тепло         | Всего         |
|--------------------------------------------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------|----------------|---------------|---------------|
| 1                                                | 2           | 3            | 4               | 5               | 6                 | 7                      | 8              | 9             | 10            |
| <b>Производство</b>                              |             | <b>1 759</b> |                 |                 |                   | <b>16,1</b>            |                |               | <b>1775,1</b> |
| Ввоз                                             | 83          |              |                 | 6 686,70        |                   |                        | -461           |               | 6308,7        |
| Вывоз                                            |             | -814         |                 |                 |                   |                        |                |               | -814          |
| Изменение запасов                                | 5,1         | 0,5          |                 | -0,1            |                   | -1,1                   |                |               | 4,4           |
| <b>Потребление первичной энергии</b>             | <b>77,9</b> | <b>944,5</b> | <b>1 279,50</b> | <b>6 686,90</b> |                   | <b>17,1</b>            | <b>-461</b>    |               | <b>8544,9</b> |
| Невязка баланса                                  |             |              |                 |                 |                   |                        | -1             |               | -1            |
| Электростанции:                                  |             |              |                 |                 |                   |                        |                |               |               |
| всего                                            |             |              | -2,3            | -4 772          |                   |                        | 1 462          | 1 341         | -1971,3       |
| Электроэнергия                                   |             |              | -1,8            | -3 424          |                   |                        | 1 462          |               | -1963,8       |
| Тепловая энергия (все источники)                 | -52,6       | -32          | -16,2           | -2 009          | -9,5              | -17,1                  | 2 208          |               | 71,6          |
| Электростанции: тепло                            |             |              | -0,5            | -1 348          |                   |                        |                |               |               |
| Котельные                                        | -52,6       | -32          | -15,7           | -661            | -9,5              | -16,5                  | 711            |               | -1348,5       |
| Теплоутилизационные установки и электрокотельные |             |              |                 |                 |                   |                        | -0,6           | 156           | 155,4         |
| Переработка нефти                                |             | -787         | 787             | -5,9            |                   |                        | -35,6          |               | -41,5         |
| Собственные нужды                                |             |              |                 |                 |                   |                        | -117,2         | -24,5         | -141,7        |
| Потери при распределении                         |             |              |                 |                 |                   |                        | -171           | -190          | -361          |
| <b>Конечное потребление энергии</b>              | <b>25,3</b> | <b>125,5</b> | <b>2048,5</b>   | <b>1248,5</b>   |                   | <b>7,6</b>             | <b>660,8</b>   | <b>1993,2</b> | <b>6109,4</b> |



Окончание табл. Р.2

| 1                                       | 2    | 3     | 4      | 5     | 6 | 7   | 8     | 9      | 10     |
|-----------------------------------------|------|-------|--------|-------|---|-----|-------|--------|--------|
| Прочая промышленность                   | 11,8 |       | 123,6  | 402,7 |   |     | 65,2  | 1051   | 1654,3 |
| Промышленность                          | 11,8 |       | 123,6  | 402,7 |   |     | 87,6  | 1051,2 | 1676,9 |
| Добыча нефти                            |      |       |        |       |   |     | 22,5  | 0,2    | 22,7   |
| Строительство                           |      |       | 55,8   |       |   |     | 33,4  | 0      | 89,2   |
| Транспорт                               |      |       | 1823,9 | 23,9  |   |     | 292   | 12,2   | 2152   |
| Железнодорожный                         |      |       | 99,8   |       |   |     | 95,7  | 11,6   | 207,1  |
| Трубопроводный                          |      |       |        |       |   |     | 195,5 |        | 195,5  |
| Автомобильный (включая личный)          |      |       | 1689,9 | 9,3   |   |     |       |        | 1699,2 |
| Прочий транспорт                        |      |       | 34,2   | 14,6  |   |     | 0,8   | 0,6    | 50,2   |
| Сельское хозяйство                      |      |       | 34,7   |       |   |     | 34,8  |        | 69,5   |
| <del>Комбыт</del>                       |      |       |        |       |   |     | 20,3  |        | 20,3   |
| Сфера услуг, включающая бюджетную сферу | 12,4 | 8     | 1,8    | 500   |   | 6,6 | 49,5  | 236,1  | 814,4  |
| Население - жилищный сектор             | 0,9  |       | 7,3    | 314,1 |   | 1,1 | 143,2 | 693,7  | 1160,3 |
| Неэнергетические нужды                  | 0,2  | 117,5 | 1,4    | 7,9   |   |     |       |        | 127    |

Источник: Оценка ЦЭНЭФ по данным официальных форм государственной статистики

Таблица Р.3

## Единый топливно-энергетический баланс Тюменской области за 2009 год (тыс. т.у.т.)

| №   | Наименование                                                                           | Первичные топливно-энергетические ресурсы |        |               |       |                     |        | Всего первичных энергетических ресурсов | Производные топливно-энергетические ресурсы, т.т. |                   |                      |                      |                |              | Итого топливно-энергетических ресурсов |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------|---------------|-------|---------------------|--------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------|----------------------------------------|
|     |                                                                                        | Природный газ                             | Нефть  | Газ сжиженный | Уголь | Дрова для отопления | Прочие |                                         | Нефтепродукты                                     |                   |                      |                      |                |              |                                        |
|     |                                                                                        |                                           |        |               |       |                     |        |                                         | Мазут, топливо                                    | Дизельное топливо | Бензин автомобильный | Прочие нефтепродукты | Электроэнергия | Теплоэнергия |                                        |
| 1   | ДОБЫЧА (ПРОИЗВОДСТВО)                                                                  | 0                                         | 4487,8 | 3693,4        | 0     | 13,5                | 62,7   | 8257,4                                  | 522,8                                             | 403,1             | 0,6                  | 724,9                | 4026,7         | 2283,6       |                                        |
| 2   | ВВОЗ                                                                                   | 6842,2                                    | 0      | 0             | 27,9  | 4                   | 11,2   | 6885,3                                  | 5,7                                               | 656,1             | 738                  | 0                    | 0              | 0            |                                        |
| 3   | ОБЩЕЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ В ЭКОНОМИКЕ                                                          | 6833,5                                    | 1556,6 | 29,8          | 37,5  | 31,7                | 73,8   | 8562,9                                  | 14,1                                              | 426,3             | 603,4                | 0                    | 3174,8         | 2283,6       |                                        |
|     | в том числе                                                                            |                                           |        |               |       |                     |        |                                         |                                                   |                   |                      |                      |                |              |                                        |
|     | на преобразование в другие виды топлива и энергии                                      |                                           |        |               |       |                     |        |                                         |                                                   |                   |                      |                      |                |              |                                        |
| 3.1 | в качестве сырья на переработку в другие виды топлива и на производство нефтепродукции | 5297,6                                    | 19,6   | 0             | 29    | 2                   | 23,5   | 5371,7                                  | 7                                                 | 1,3               | 0                    | 0                    | 1,2            | 0            |                                        |
| 3.2 | прочее                                                                                 | 0                                         | 1536   | 0             | 0     | 50,7                | 1586,7 | 3173,4                                  | 0                                                 | 0                 | 0                    | 0                    | 0              | 0            |                                        |
| 3.3 | непосредственно в качестве топлива или энергии                                         | 0                                         | 0      | 0,8           | 0,2   | 0,1                 | 1,2    | 2,3                                     | 0                                                 | 0,3               | 0                    | 0                    | 0              | 23,9         |                                        |
| 3.4 | ВЫВОЗ                                                                                  | 1535,9                                    | 1      | 28,9          | 8,4   | 29,6                | -1,6   | 1602,2                                  | 7,1                                               | 424,7             | 603,4                | 0                    | 3173,6         | 2259,7       |                                        |
| 4   | ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ (увеличение +, снижение -)                                           | 8,3                                       | 2843   | 3663,8        | 0     | 0                   | 0      | 6515,1                                  | 512,5                                             | 635,2             | 0,7                  | 732,5                | 851,8          | 0            |                                        |
| 5   | КОНЕЧНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ                                                                   | 0,4                                       | 88,2   | -0,1          | -9,6  | -14,1               | 0,1    | 64,9                                    | 1,9                                               | -2,2              | 134,5                | -7,7                 | 0              | 0            |                                        |
| 6   | ИТОГО                                                                                  | 1535,9                                    | 1      | 28,9          | 8,4   | 29,6                | -1,6   | 1602,2                                  | 7,1                                               | 424,7             | 603,4                | 0                    | 3173,6         | 2259,7       | 8070,8                                 |

## Приложение С

(обязательное)

Топливо - энергетический баланс Ханты-Мансийского автономного округа - Югры за 2021 год и на период 2022–2025 годов с оценкой до 2030 года  
(Приложение к распоряжению Губернатора Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 28 сентября 2022 года №307-рг)

Таблица С.1

Фактический ТЭБ ХМАО-Югры за 2021 год, т.у.т

| Наименование строки                              | Номер строки | Уголь | Сырая нефть | Нефтепродукты | Природный газ | Прочее твердое топливо | Гидроэнергия и НВИЭ | Атомная энергия | Электрическая энергия | Тепловая энергия | Всего     |
|--------------------------------------------------|--------------|-------|-------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-----------|
| 1                                                | 2            | 3     | 4           | 5             | 6             | 7                      | 8                   | 9               | 10                    | 11               | 12        |
| Производство энергетических ресурсов             | 1            | 0     | 308537944   | 6792710       | 50069273      | 14113                  | 0                   | 0               | 0                     | 0                | 365414040 |
| Ввоз                                             | 2            | 25387 | 0           | 3386436       | 62086574      | 0                      | 0                   | 0               | 0                     | 0                | 65498597  |
| Вывоз                                            | 3            | 0     | 293953320   | -6771506      | -61157272     | 0                      | 0                   | 0               | -1118157              | 0                | -3,63E+08 |
| Изменение запасов                                | 4            | 2089  | 4120        | 23106         | 0             | -131                   | 0                   | 0               | 0                     | 0                | 29184     |
| Потребление первичной энергии                    | 5            | 27676 | 14588744    | 3430746       | 50998575      | 13982                  | 0                   | 0               | -1118157              | 0                | 67941566  |
| Статистическое расхождение                       | 6            | 0     | 0           | 0             | 0             | 0                      | 0                   | 0               | 0                     | 0                | 0         |
| Производство электрической энергии               | 7            | 0     | 0           | -522436       | -24149335     | 0                      | 0                   | 0               | 9899717               | 0                | -14772034 |
| Производство тепловой энергии                    | 8            | 27296 | -233713     | -314389       | -3866477      | -13976                 | 0                   | 0               | -47053                | 3199918          | -1302986  |
| Теплоэлектростанции                              | 8.1          | 0     | 0           | 0             | -439302       | 0                      | 0                   | 0               | -11654                | 439962           | -10994    |
| Котельные                                        | 8.2          | 27296 | -223713     | -314389       | -3427175      | -13976                 | 0                   | 0               | -35399                | 2680147          | -1361801  |
| Электрокотельные и теплоутилизационные установки | 8.3          | 0     | 0           | 0             | 0             | 0                      | 0                   | 0               | 0                     | 79809            | 79809     |
| Преобразование энергетических ресурсов           | 9            | 0     | -14065895   | 0             | -784032       | 0                      | 0                   | 0               | -608328               | -177688          | -15635963 |
| Переработка нефти                                | 9.1          | 0     | -14065895   | 0             | -132871       | 0                      | 0                   | 0               | -41278                | -106974          | -14347018 |
| Переработка газа                                 | 9.2          | 0     | 0           | 0             | -651181       | 0                      | 0                   | 0               | -567050               | -70714           | -1288945  |

Продолжение табл. С.1

| 1                                                                                | 2    | 3   | 4      | 5       | 6        | 7 | 8 | 9 | 10      | 11      | 12       |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|-----|--------|---------|----------|---|---|---|---------|---------|----------|
| Обогащение угля                                                                  | 9.3  | 0   | 0      | 0       | 0        | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0        |
| Собственные нужды                                                                | 10   | 0   | 0      | 0       | 0        | 0 | 0 | 0 | -302344 | -46621  | -348965  |
| Потери при передаче                                                              | 11   | 0   | 0      | 0       | 0        | 0 | 0 | 0 | -248288 | -382494 | -630782  |
| Конечное потребление энергетических ресурсов                                     | 12   | 380 | 299136 | 2593922 | 22198711 | 5 | 0 | 0 | 7575546 | 2593114 | 35260814 |
| Сельское хозяйство, рыболовство и рыбное хозяйство                               | 13   | 0   | 0      | 1356    | 72       | 0 | 0 | 0 | 145     | 1178    | 2751     |
| Промышленность                                                                   | 14   | 243 | 0      | 726375  | 14120592 | 0 | 0 | 0 | 7038884 | 874449  | 22760543 |
| Добыча газа природного и попутного                                               | 14.1 | 0   | 0      | 0       | 0        | 0 | 0 | 0 | 130855  | 352     | 131207   |
| Нефть добытая, включая газовый конденсат                                         | 14.2 | 0   | 0      | 0       | 760085   | 0 | 0 | 0 | 5432944 | 135490  | 6328519  |
| Смеси асфальтобетонные дорожные, асфальтовые и асфальтобетон (холодные, горячие) | 14.3 | 0   | 0      | 0       | 3630     | 0 | 0 | 0 | 554     | 2623    | 6807     |
| Кондитерские изделия                                                             | 14.4 | 0   | 0      | 0       | 0        | 0 | 0 | 0 | 37      | 103     | 140      |
| Изделия хлебобулочные                                                            | 14.5 | 0   | 0      | 0       | 0        | 0 | 0 | 0 | 749     | 1890    | 2639     |
| Подъем и подача воды                                                             | 14.6 | 0   | 0      | 0       | 0        | 0 | 0 | 0 | 11973   | 3989    | 15962    |
| Прочая промышленность                                                            | 14.7 | 243 | 0      | 726375  | 13356877 | 0 | 0 | 0 | 1461772 | 730002  | 16275269 |
| Строительство                                                                    | 15   | 0   | 0      | 17961   | 0        | 0 | 0 | 0 | 5323    | 19005   | 42289    |
| Транспорт и связь                                                                | 16   | 0   | 0      | 1508114 | 3247918  | 0 | 0 | 0 | 188171  | 25465   | 4969668  |
| Железнодорожный                                                                  | 16.1 | 0   | 0      | 0       | 0        | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 0        |
| Трубопроводный                                                                   | 16.2 | 0   | 0      | 0       | 3231748  | 0 | 0 | 0 | 188171  | 25465   | 3445384  |
| Автомобильный                                                                    | 16.3 | 0   | 0      | 1474965 | 16170    | 0 | 0 | 0 | 0       | 0       | 1491135  |

Окончание табл. С.1

| 1                                                                                    | 2    | 3   | 4      | 5      | 6       | 7 | 8 | 9 | 10     | 11      | 12      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|--------|--------|---------|---|---|---|--------|---------|---------|
| Прочий                                                                               | 16.4 | 0   | 0      | 33149  | 0       | 0 | 0 | 0 | 0      | 0       | 33149   |
| Сфера услуг                                                                          | 17   | 0   | 0      | 0      | 0       | 0 | 0 | 0 | 59445  | 521663  | 581108  |
| Население                                                                            | 18   | 137 | 0      | 338580 | 110135  | 0 | 0 | 0 | 283578 | 1151354 | 1883784 |
| Использование топливно-энергетических ресурсов в качестве сырья и на топливные нужды | 19   | 0   | 299136 | 1536   | 4719994 | 5 | 0 | 0 | 0      | 0       | 5020671 |

Приложение Т  
(обязательное)

Коэффициенты перевода в тонны условного топлива

Таблица Т.1 – Коэффициенты перевода в тонны условного топлива [305]

(с изменениями на 26 марта 2024 года)

| Виды топливно-энергетических ресурсов       | Единицы измерения | Коэффициенты пересчета в условное топливо |
|---------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|
| 1                                           | 2                 | 3                                         |
| Уголь каменный                              | т                 | 0,768                                     |
| Уголь бурый                                 | т                 | 0,467                                     |
| Рядовой уголь месторождений:                |                   |                                           |
| Уголь донецкий                              | т                 | 0,876                                     |
| Уголь кузнецкий                             | т                 | 0,867                                     |
| Уголь карагандинский                        | т                 | 0,726                                     |
| Уголь подмосковный                          | т                 | 0,335                                     |
| Уголь воркутинский                          | т                 | 0,822                                     |
| Уголь интинский                             | т                 | 0,649                                     |
| Уголь челябинский                           | т                 | 0,552                                     |
| Уголь свердловский                          | т                 | 0,33                                      |
| Уголь башкирский                            | т                 | 0,264                                     |
| Уголь нерюнгринский                         | т                 | 0,987                                     |
| Уголь якутский                              | т                 | 0,751                                     |
| Уголь черемховский                          | т                 | 0,752                                     |
| Уголь хакаский                              | т                 | 0,727                                     |
| Уголь канско-ачинский                       | т                 | 0,516                                     |
| Уголь тувинский                             | т                 | 0,906                                     |
| Уголь магаданский                           | т                 | 0,701                                     |
| Уголь экибастузский                         | т                 | 0,628                                     |
| Сланцы горючие                              | т                 | 0,3                                       |
| Торф топливный                              | т                 | 0,34                                      |
| Дрова для отопления                         | куб.м             | 0,266                                     |
| Нефть, включая газовый конденсат            | т                 | 1,430                                     |
| Газ горючий природный (естественный)        | тыс.куб.м         | 1,154                                     |
| Кокс металлургический                       | т                 | 0,990                                     |
| Брикеты угольные                            | т                 | 0,605                                     |
| Брикеты и полубрикеты торфяные              | т                 | 0,600                                     |
| Мазут топочный                              | т                 | 1,370                                     |
| Мазут флотский                              | т                 | 1,430                                     |
| Топливо печное бытовое                      | т                 | 1,450                                     |
| Керосин для технических целей               | т                 | 1,470                                     |
| Керосин осветительный                       | т                 | 1,470                                     |
| Газ горючий искусственный коксовый          | тыс.куб.м         | 0,570                                     |
| Газ нефтеперерабатывающих предприятий сухой | тыс.куб.м         | 1,500                                     |
| Газ сжиженный                               | тыс.куб.м         | 1,570                                     |

Окончание таблицы Т.1

| 1                                                                                                                                                                     | 2          | 3     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|
| Топливо дизельное                                                                                                                                                     | т          | 1,450 |
| Топливо моторное                                                                                                                                                      | т          | 1,430 |
| Бензин автомобильный                                                                                                                                                  | т          | 1,490 |
| Бензин авиационный                                                                                                                                                    | т          | 1,470 |
| Топливо для реактивных двигателей                                                                                                                                     | т          | 1,470 |
| Нефтебитум                                                                                                                                                            | т          | 1,350 |
| Газ горючий искусственный доменный                                                                                                                                    | тыс.куб.м  | 0,430 |
| Электрическая энергия                                                                                                                                                 | тыс. кВт*ч | 0,123 |
| Тепловая энергия<br>(Позиция в редакции, введенной в действие с 12 апреля 2024 года приказом Минэнерго России от 26 марта 2024 года N 260. - См. предыдущую редакцию) | Гкал       | 0,143 |
| Электрическая энергия гидравлических станций                                                                                                                          | тыс. кВт*ч | 0,123 |
| Электрическая энергия атомных станций                                                                                                                                 | тыс. кВт*ч | 0,123 |