

МОЛОДЕЖНЫЙ ГЛОБАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

**Тема: «Технологическое стратегическое планирование
энергосистем будущего»**

Предисловие

События последних лет продемонстрировали весь спектр возможных факторов влияния на мировую экономическую и энергетическую систему. Однако, именно в условиях дестабилизации стратегическое планирование может основываться на реальном опыте разрешения критических ситуаций.

Новые технологические тенденции и тренды ставят под сомнение устоявшиеся подходы к развитию энергосистем. Если ранее упор делался на их энергетическую эффективность, в настоящее время требуется учитывать весь перечень экологических, социальных и экономических последствий принимаемых решений. Они требуют переосмысления подходов к производству и потреблению энергии. В этом контексте энергетический переход становится важнейшей задачей для глобального сообщества, требующей поиска инновационных подходов и решений, а новые технологии приобретают статус ключевых драйверов изменений.

В подготовленном глобальном Прогнозе развития топливно-энергетического комплекса на основе анализа технологических, социально-экономических, экологических, политических и законодательных изменений разработаны сценарные варианты развития энергосистем. Важнейшей частью работы является коллективная подготовка рекомендаций для поддержания сбалансированного технологического развития энергосистем. Проект является продуктом объединенных усилий представителей ведущих российских вузов и экспертов в области топливно-энергетического комплекса.

Каждая из рабочих групп ранее анализировала один из аспектов технологического стратегического планирования энергосистем будущего, а именно обеспечение:

- экологичности традиционной энергетики и низкоуглеродной генерации;
- энергообеспечения изолированных и удаленных энергосистем на принципах их надежности, бесперебойности и эффективности;
- цифровыми технологиями на всех этапах производства и потребления.

Работа представляет собой важный шаг в направлении обеспечения устойчивости и эффективности энергосистем. В ней представлено емкое обобщение проанализированных направлений в контексте комплексного стратегического планирования.

Исполнители



Юрий Шибачев
капитан команды Системная энергия
АО «Системный оператор ЕЭС»



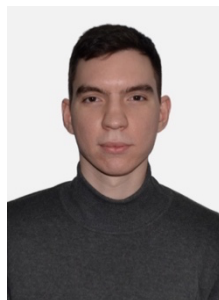
Игорь Измайлов
капитан команды White Energy
АО «Нефтяная компания «Нефтиса»



Ольга Лапина
капитан команды Энергетики Сибири
ООО «Сибирская генерирующая компания»



Анастасия Кошенкова
капитан команды WeWatt
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный
университет»



Павел Труханов
капитан команды MPEI Energy
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
университет «МЭИ»



Виктория Вербникова
капитан команды Allheim
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»

Оглавление

Перечень условных обозначений и сокращений	5
Блок 1. Выбор темы исследования	7
1.1. Обоснование актуальности выбранной темы.....	7
1.2. Описание методики построения прогноза по теме до 2035 года	11
1.3. Перечень и характеристика сценариев развития (факторы, учитываемые при построении сценариев, их комбинации в различных сценариях и др.).....	12
1.4. Проведение SWOT и PESTEL анализов развития сценария по теме.....	15
1.5. Иные варианты анализа сценария развития будущего по теме.....	21
Блок 2. Тенденции развития будущего по теме исследования.....	23
2.1. Общая характеристика и описание прогнозируемых тенденций развития энергетики.	23
2.2. Исследование внешних (общемировых) факторов и тенденций, влияющих на развитие будущего по теме	24
2.3. Тенденции технологического развития отраслей экономики России по теме	24
2.4. Тенденции развития энергетической отрасли в России по теме	26
2.5. Технологические решения по теме исследования (кейсы компаний)	27
Блок 3. Сценарный анализ.....	28
3.1. Негативный сценарий	28
3.2. Консервативный сценарий	30
3.3. Инновационный сценарий.....	35
3.4. Перечень основных стратегических и тактических условий к внешним и внутренним условиям (рекомендации)	40
Заключение	49
Список литературы	50

Перечень условных обозначений и сокращений

- ARL – acceptance level readiness
- BRL – balanced readiness level assessment
- ESG – Environmental, Social, Governance
- IT – Information Technology
- MRL – market readiness level
- ORL – organizational level assessment
- PLM – Product Lifecycle Management
- RRL – regulatory readiness level
- TRL – technological readiness level
- SAIDI – System Average Interruption Duration Index
- SAIFI – System Average Interruption Frequency Index
- АЗРФ – Арктическая зона Российской Федерации
- АТР – Азиатско-Тихоокеанский регион
- АЭК – активный энергетический комплекс
- АЭС – атомная электростанция
- БАМ – Байкало-Амурская магистраль
- БРИКС – (Brazil, Russia, India, China, South Africa) – межгосударственное объединение, союз пяти государств
- ВВП – валовой внутренний продукт
- ВИЭ возобновляемый источник энергии
- ВЭС – ветряная электростанция
- ГЭС – гидроэлектростанция
- ДВФО – Дальневосточный федеральный округ
- ДЭС – дизельная электростанция
- ЕС – Европейский союз
- ЕЭС – единая энергетическая система
- ЖКХ – Жилищно-коммунальное хозяйство
- ИБ – информационная безопасность
- ИИ – искусственный интеллект
- ИПЦ – индекс потребительских цен
- КИП – контрольно-измерительный прибор
- КИУМ – коэффициент использования установленной мощности
- КНР – Китайская Народная Республика
- КПД – коэффициент полезного действия
- МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии
- МСК – минерально-сырьевой комплекс
- МЭА – международное энергетическое агентство
- НДТ – наилучшая доступная технология
- НИИ – научно-исследовательский институт
- НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
- НМА – нематериальный актив
- НН – низкое напряжение
- НПА – нормативный правовой акт
- ОРЭМ – оптовый рынок электроэнергии и мощности
- ОЭС – Объединенная энергетическая система
- ОЯТ – отработавшее ядерное топливо
- ПА – противоаварийная автоматика
- ПДК – предельно допустимая концентрация
- ПО – программное обеспечение
- РЗА – релейная защита и автоматика
- РЗ – релейная защита

РУ – распределительное устройство
СВО – специальная военная операция
СМП – Северный морской путь
СПГ – сжиженный природный газ
ТИТЭС – технологически изолированные территориальные энергосистемы
ТРИЗ – трудноизвлекаемые запасы
ТСО – территориальные сетевые организации
ТЭК – топливно-энергетический комплекс
ТЭС – теплоэлектростанция
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль
ЦБ – Центральный банк России
ЦД – цифровой двойник
ШОС – Шанхайская организация сотрудничества

Блок 1. Выбор темы исследования

1.1. Обоснование актуальности выбранной темы

В настоящее время в общемировой энергетической отрасли наблюдается тенденция смены направления инновационного развития. Происходит постепенный переход от независимо развивающихся идей декарбонизации, децентрализации и цифровизации к формированию комбинированных решений, подразумевающих создание принципиально новых подходов к организации энергетических систем (рисунок 1).

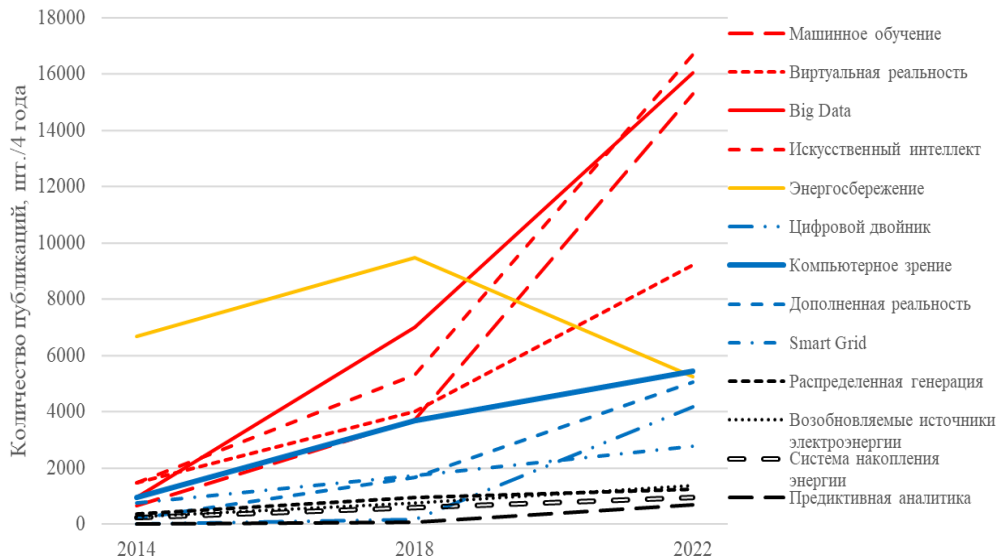


Рисунок 1 – Динамика роста числа публикаций по технологиям энергосистем будущего

Усовершенствованные подходы включают в себя не только модернизацию старых инженерно-технических и организационных решений, но и пересмотр уже давно устоявшихся, налаженных методов и инструментов по развитию энергетики. Результат внедрения подобного комплекса инноваций – появление так называемых энергосистем будущего.

Энергосистема будущего – это модель энергосистемы, направленная на увеличение эффективности генерации, распределения и потребления энергии с помощью передовых цифровых технологий, систем накопления энергии, новых энергоносителей и продвинутых гибких систем управления.

Концепт энергосистемы будущего включает в себя комплекс инноваций по трем ключевым направлениям:

1. Развитие электросетевого комплекса и систем накопления электроэнергии;
2. Повышение эффективности существующих электростанций, работающих на традиционных видах топлива, и развитие альтернативных источников энергии;
3. Оптимизация традиционных методов добычи основных на сегодняшний день видов энергетических ресурсов.

1) Значимость развития электросетевого комплекса

Данное направление охватывает все аспекты управления передачей и распределением электроэнергии. Переход к энергосистеме будущего в наибольшей степени оказывает влияние на данное направление путем формирования предпосылок для создания гибкого электросетевого комплекса на уровне распределительных сетей за счет пересмотра принципов построения электрических сетей, управления нагрузкой и прогнозирования ее изменения, а также расширения сферы предоставления услуг в электроэнергетической отрасли.

На уровне системного регулирования идет тенденция к автоматизации систем управления, повышению наблюдаемости и контроля за состоянием оборудования, а также к разработке новых алгоритмов в области стратегического планирования развития электрических сетей.

Энергетическая инфраструктура высокого качества критически необходима для хозяйственно-бытовых объектов и объектов добычи, а также транспортно-логистических

хабов Арктической зоны России (далее – АЗРФ). Связано это с переориентацией потоков природных ресурсов на Восток – диверсификацией поставки после начала СВО и ввода экономических санкций в адрес России. Это, а также текущая политика государства в части социально-экономического развития обусловили освоение территорий Арктики, Сибири и Дальнего Востока. Комплексное технологическое развитие Арктики и Северного морского пути (далее – СМП) невозможно без обеспечения разнородных энергетических потребностей.

Для наращивания производств, повышения привлекательности данных территорий, преодоления инфраструктурной разобщенности ряда регионов Российской Федерации, для которых характерны слабые схемы выдачи мощности электростанций, высокие цены на электроэнергию, суровые климатические условия, необходимо стратегическое планирование развития энергосистем, покрытие сопутствующих энергетических нагрузок.

По итогам начала 2023 года добыча угля сократилась на 6,2% относительно прошлого года¹. Добывающие компании могут обеспечить запланированный объем поставок, но транспортная инфраструктура не позволяет. Для решения этих задач реализуется увеличение пропускной способности транссибирской железной дороги и байкало-амурской магистрали (далее – БАМ), прорабатывается вариант доставки по северному морскому пути, расширяется проект газопроводов «Сила Сибири» 1, 2. Альтернативные маршруты поставки позволят достичь прежнего уровня добычи либо опередить его – наращиваются поставки в Индию, страны АТР (азиатско-тихоокеанского региона) и КНР.

2) Повышение эффективности существующих электростанций, работающих на традиционных видах топлива

Генерирующий сектор включает в себя: атомные (далее – АЭС), тепловые (далее – ТЭС), гидро- (далее – ГЭС) электростанции, а также электростанции, использующие возобновляемые источники энергии (далее – ВИЭ).

В структуре выработки электроэнергии ЕЭС России наибольшая доля приходится на ТЭС (66%). Угольная генерация (16% в общероссийском энергобалансе) является неотъемлемой частью единой энергосистемы. Также основным остается выработка энергии на АЭС (20%) и ГЭС (12%). Выработка ВИЭ, вклад которых с каждым годом в общий энергобаланс возрастает, зависит от внешних факторов, сложно прогнозируется в краткосрочном периоде и поэтому имеет ограничение в производстве электроэнергии (суточная и сезонная зависимость).

Для существующих электростанций, работающих на традиционных видах топлива, износ и устаревание оборудования являются одной из основных проблем. Технологический принцип работы таких электростанций сохранился практически в неизменном виде со времен начала генерации. В основном все развитие агрегатов для получения электроэнергии сводилось только к повышению энергоэффективности.

Основные тренды, направленные на повышение энергоэффективности, включают в себя, в том числе концепцию когенерации – один из основных трендов современного развития энергетики, который по мнению Европейской ассоциации когенерации (COGEN Europe) призван оптимизировать использование энергоресурсов, снижая одновременно объемы выбросов парниковых газов путем экономии топлива.

Угольная генерация традиционно развивается там, где нужно в короткие сроки обеспечивать бурный экономический рост и где есть свой дешевый и доступный энергетический уголь. Сегодня этот вид топлива – доминирующий источник электроэнергии в Китае, Индии, странах Юго-Восточной Азии. В то же время соблюдение принятых международных обязательств по сокращению выбросов парниковых газов в условиях обеспечения энергоресурсами, в т.ч. военно-промышленного комплекса, в достаточном объеме и бесперебойном режиме способствует развитию технологий низкоуглеродной

¹ Россия ищет новые маршруты экспорта угля. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.forbes.ru/biznes/489249-rossia-iset-novye-marsruty-eksporta-ugla-podhodit-li-dla-etogo-severnij-morskoj-put> (дата обращения: 12.05.2023).

генерации электроэнергии.

В процессе формирования энергосистемы будущего на объектах генерирующего комплекса задачей номер один становится повышение уровня контроля оборудования, улучшение системы самодиагностики и появление алгоритмов предиктивной аналитики, а также цифровизация производственных процессов, снижение травматизма, смена парадигмы в области обслуживания и ремонта. Использование цифровых двойников – решение проблем, связанных с управлением производственными процессами в ТЭК и МСК России. Подобная модель учитывает все фиксируемые изменения, происходящие с физическим объектом, накапливает информацию о его поведении и по мере работы более точно описывает и прогнозирует поведение физического объекта.

Другим перспективным направлением развития электроэнергетики могут быть технологии Индустрии 4.0. Отличным решением является использование технологий Индустрии 4.0 для создания и поддержки цифровых двойников с помощью промышленного интернета вещей (Internet of Things, IoT), технологии больших данных (Big Data) и машинного обучения (Machine Learning).

Таким образом, для поддержания надежности и бесперебойности к современной энергетике предъявляются требования повышения маневренности, эффективности, экологичности и цифровой трансформации процессов.

3) Развитие альтернативных источников энергии

Существенная часть России из-за географических особенностей не охвачена централизованным электроснабжением и образует так называемые технологически изолированные территориальные энергосистемы (далее – ТИТЭС).

В последние годы в технологически изолированных энергосистемах России наблюдается существенное увеличение потребления электрической энергии. Данный рост обусловлен в первую очередь развитием добывающей промышленности, так как изолированные территории обладают огромными запасами природных ресурсов. В зоне децентрализованного электроснабжения находится около 30 000 поселений и проживает около 8% населения страны, но в тоже время добывается около 76% российской нефти, 93% природного газа, 95% золота, 100% алмазов, 100% икры лососевых рыб и т.д. Вклад в формирование доходов бюджетной системы Российской Федерации составляет более 50%, а доля поступлений от экспорта близка к 70%.

Транспортировка электроэнергии на большие расстояния сопровождается потерям. Использование ТЭС для выработки электроэнергии делает изолированную энергосистему зависимой от поставок мазута и угля. Транспортные расходы на доставку топлива в труднодоступные территории оказывают существенное влияние на тарифы на электроэнергию в изолированных энергосистемах: например, для Сахалинской области конечный тариф для потребителей на уровне низкого напряжения (далее – НН) с учетом субсидии составляет 5,8 руб./кВт·ч, в то время как экономически обоснованный тариф – 10,63 руб./кВт·ч.

Строительство новых электростанций на возобновляемых источниках энергии (ГЭС, ВЭС, геотермальные) в изолированных энергосистемах позволит снизить неэффективную из-за дорогостоящего топлива генерацию ТЭС, и, как следствие, снизить ценовую нагрузку на потребителей электроэнергии. А снижение цен на электроэнергию, в свою очередь, повысит инвестиционную привлекательность региона, создаст благоприятные условия для развития систем распределенной генерации, большую часть которых будут составлять углеродно-нейтральные источники энергии.

4) Оптимизация традиционных методов добычи основных на сегодняшний день видов энергетических ресурсов

Данное направление включает в себя весь комплекс добычи полезных ископаемых, таких как нефть, газ, уголь и т.д. Работа по развитию инновационных решений в данной отрасли затронет два ключевых вопроса, таких как эффективность извлечения природных ресурсов с минимизацией возможного риска для персонала и вопрос автоматизации всех производственных процессов на горнодобывающих объектах и объектах газовой и нефтяной

промышленности.

Секторы ТЭК и МСК обрабатывают колоссальное количество данных, включая информацию о месторождениях, процессах добычи и транспортировки энергоресурсов, производстве и потреблении энергии, а также методах и способах эксплуатации различного оборудования и техники. Объясняется это тем, что каждый регион уникален по характеру месторождений, их строению, видам полезных ископаемых, по условиям социального, экономического, природного, юридического характера.

Высокие темпы развития современных средств обработки, накопления, анализа и прогнозирования данных требуют адаптации предприятий отрасли под новые реалии. Применение технологий больших данных (Big Data) и предиктивной аналитики (Predictive analytics) дает возможность компаниям эффективно анализировать свои данные, выявляя скрытые паттерны, тренды и зависимости, что позволяет принимать более обоснованные решения. Большие данные отличаются главным образом разнообразием, скоростью обработки и/или вариативностью, требуют использования технологии масштабирования для эффективного хранения, обработки, управления и анализа. Предиктивная аналитика позволяет анализировать исторические данные, извлекать из них закономерности и тренды с помощью статистических алгоритмов и различных методов машинного обучения, а затем применять полученные знания для прогнозирования возможных сценариев.

Внедряемые системы глубокого анализа и прогнозирования способны давать серьезные конкурентные преимущества. Именно аналитика больших данных может изменить традиционные способы управления активами, снизить риск, увеличить надежность энергосистем и оптимизировать расходы. Поэтому внедрение методов и средств управления данными следует рассматривать как первоочередную задачу для трансформации компании.

Увеличение объема данных вкупе с повышением глубины их обработки содержит в себе потенциал к дальнейшему увеличению эффективности работы предприятий ТЭК и МСК. Достижимая эффективность принимаемых решений и используемых подходов к построению и функционированию системы управления каждого предприятия определяет общую эффективность работы отрасли как единой государственной системы.

Общие выводы

Энергетика является ключевой отраслью всей страны. Вектор развития энергетических систем как в развитых, так и в развивающихся странах направлен на эффективное удовлетворение спроса при сокращении общего потребления энергоресурсов. Эффективная работа топливно-энергетического и минерально-сырьевого комплекса (ТЭК и МСК) влияет практически на все сферы национальной экономики и общественной жизни.

Топливо-энергетическим ресурсам принадлежит основное значение в жизнеобеспечении населения стран. С учетом российских особенностей (холодный климат, географическая протяженность, пространственная неоднородность тепловых рынков) надежное, безопасное и качественное функционирование систем электро- и теплоснабжения является не только коммерческой отраслью, но и социально значимым проектом.

Правительством России сформирована концепция технологического развития России. Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года, основными целями развития энергетики являются максимальное содействие социально-экономическому развитию страны, а также укрепление и сохранение позиций Российской Федерации в мировой энергетике. Одним из способов достижения целей стратегии является цифровая трансформация. Использование цифровых двойников и технологий Индустрии 4.0 представляется одним из ключевых направлений развития промышленности и экономики России в ближайшее время.

Деятельность в сфере информационных технологий и информационной безопасности выделена как отрасль реального сектора экономики, включающая 8 наиболее перспективных направлений: технологии хранения и анализа больших данных, машинного обучения, когнитивные технологии, искусственный интеллект, распределенные реестры, квантовые коммуникации, квантовые вычисления, программное обеспечение и оборудование для

виртуальной (дополненной) реальности.

Одной из проблем, с которой сталкиваются отечественные предприятия, является низкая эффективность производства и управления производственными процессами. Это связано с различными факторами, такими как устаревшее оборудование, недостаточная автоматизация, низкая квалификация персонала. Развитие энергосистемы будущего приведет к смене экономических и организационно-правовых процессов внутри компаний, что позволит создать более гибкую систему управления персоналом и достичь новых целевых показателей.

Описанные процессы формирования энергосистемы будущего можно наблюдать уже в настоящее время на примере постепенного роста нематериальных активов компаний, занятых в каждой из описанных отраслей (рисунок 2). Способствовать этому будет умение перестраивать устоявшиеся торговые связи, кадровая, технологическая, ресурсная и энергетическая суверенность, иными словами – развитие энергосистем будущего.

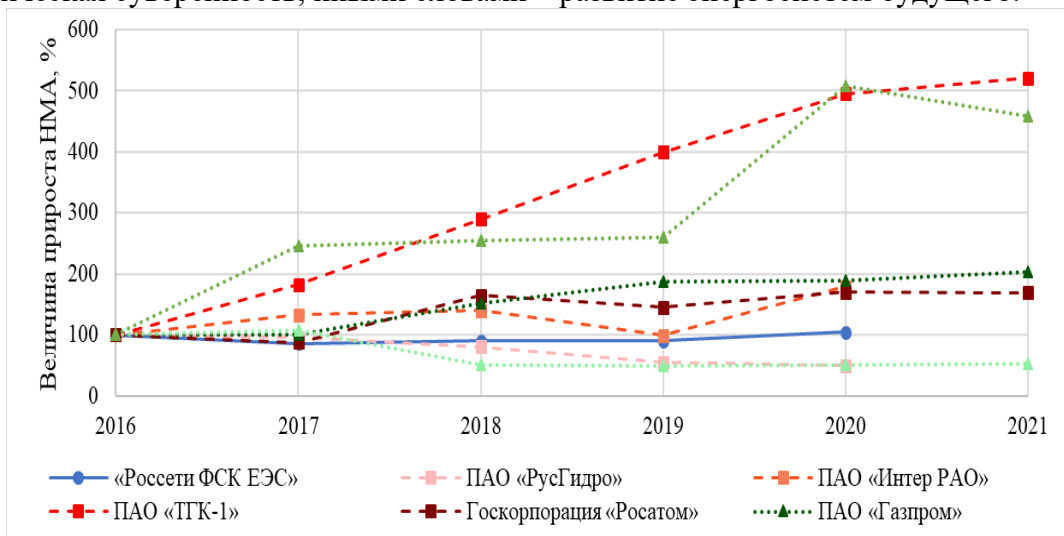


Рисунок 2 – Динамика роста НМА в составе активов крупных компаний ТЭК

1.2. Описание методики построения прогноза по теме до 2035 года

Для разработки качественной прогнозной модели в горизонте планирования до 2035 года по заданной теме был применен следующий подход:

1. Сформировано прогнозное обоснование:

Объект: энергосистема будущего.

Цель: сформировать наиболее вероятные сценарии развития энергосистемы будущего к 2035 году с учетом оказываемого влияния внешних и внутренних факторов.

Задачи:

- определить подход к формированию каждого сценария, целесообразность разработки альтернативных сценариев, их количество, характеризующие их внешние факторы и критерии;
- определить применяемые технологии для каждого из сценариев, в том числе существующие и инновационные – планируемые к внедрению;
- определить требуемый уровень капитальных вложений, инвестиций;
- определить потребность вовлеченности специалистов и экспертов в области технологий и их занятость.

Исходные данные указаны в таблице 1 пункта 1.3.

2. Выделены имеющиеся наилучшие доступные технологии (далее – НДТ), лучшие мировые кейсы и практики компаний (технологии в рамках заданной темы Прогноза).

3. Даны характеристики сценариев.

4. Рассмотрены внешние и внутренние факторы для каждого из сценариев. Технологии распределены по сценариям – метод сценарного прогнозирования (на основе данных Министерства энергетики России – Энергостратегия до 2035 г., Министерства

природных ресурсов и экологии – Национальный проект Экология, а также Министерства экономики и развития – Макроэкономический прогноз до 2035 г.).

5. Проработаны и учтены в каждом из сценариев возможные риски.

6. Оценены эффекты от внедрения технологий в каждом из сценариев.

7. Проведена достоверизация: применен метод экспертных оценок (анкетирование отраслевых экспертов для уточнения корректности проектов трех сценариев и распределения технологий, учета рисков).

8. По итогам исследования сформулированы рекомендации для достижения ключевых параметров прогноза.

1.3. Перечень и характеристика сценариев развития (факторы, учитываемые при построении сценариев, их комбинации в различных сценариях и др.)

Для каждого из сценариев развития характерны определенные условия (факторы), описываемые далее.

1. Негативный сценарий:

– отставание темпов развития нормативно-правовой среды от темпов развития и внедрений технологий.

– снижение внедрения НДТ, выработка электроэнергии с применением технологий, внедренных до 2023 года.

– основная финансовая поддержка направлена на поддержание критически важной инфраструктуры и текущих производственных мощностей. В частности, в топливном секторе даже с учетом переориентации логистических цепочек экспорта топлива существенного увеличения объемов продаж не происходит, что будет частично компенсироваться увеличением внутреннего потребления нефти, газа и угля. Это в свою очередь ограничит возможности для роста доли ВИЭ в генерирующем секторе.

– снижение потребления энергоресурсов и объемов производства высокотехнологичной продукции.

– несоблюдение отечественных экологических целей ввиду отсутствия достаточного финансирования.

– ограниченность капитальных вложений и инвестиций на поддержание фактически внедренных технологий, повышение рисков долгосрочных инвестиций.

– снижение макроэкономических показателей во всех секторах ТЭК, нестабильность валюты.

– сокращение доли сотрудников, занятых в угольном секторе (в основном за счет сокращения спроса на уголь (экспорта), уменьшения доли добычи при постоянстве/незначительном снижении спроса внутри России).

– износ и устаревание генерирующего оборудования, связанные как с проблемами импортозамещения, так и с отсутствием нового строительства.

– устаревание сетевого оборудования. Однако в то же время в электрических сетях активно продолжится цифровизация и внедрение новых цифровых систем, что позволит сохранить тенденцию к уменьшению аварийности в энергосистеме.

2. Консервативный сценарий:

– внедрение НДТ происходит только для основных производственных процессов.

– соблюдение экологических нормативов в России в области сжигания угля и твердых видов топлива только из-за наличия системы штрафов за превышение ПДК.

– привлечение инвестиций, в том числе от государственного сектора, на внедрение экологических технологий, концессионных соглашений.

– доля сотрудников, занятых в угольном секторе, остается на прежнем уровне или незначительно увеличивается в основном за счет внедрения и эксплуатации новых экологических технологий.

– направленность финансовой поддержки на программу импортозамещения.

– стабилизация основных показателей функционирования ТЭК в долгосрочной перспективе. Отрасль адаптируется к экстремальному санкционному воздействию за счет

налаживания новых рынков сбыта, снижения дисконта на поставку продукции и обеспечения достаточной пропускной способности транспортных коридоров.

– увеличение экспорта нефти и газа, а также рост внутреннего потребления за счет развития энергоемких производств. Стабилизация экономики позволит производить постепенную модернизацию основных генерирующих мощностей, а также постепенное наращивание доли ВИЭ в генерирующем секторе.

– повышение экологичности добычи и транспортировки углеводородов, снижение удельных выбросов в генерирующем секторе. Так, к концу рассматриваемого в прогнозе периода будет наблюдаться значительное снижение доли ТЭС в генерирующем секторе, которые будут постепенно вытесняться ГЭС, АЭС и ВИЭ.

3. Инновационный сценарий:

– внедрение НДТ на объектах когенерации производится не только для основных производственных процессов, но и для вспомогательных.

– соблюдение отечественных экологических нормативов со стороны всех объектов когенерации на основе сжигания угля и твердых видов топлива, реализуются подходы в области ESG.

– привлечение значительной доли инвестиций на внедрение экологичных технологий благодаря государственному софинансированию сектора.

– увеличение доли сотрудников, занятых в угольном секторе, за счет привлечения персонала для внедрения и эксплуатации нового оборудования в рамках реализации экологичных технологий, обучающих специалистов.

– постепенное восстановление темпов развития как мировой, так и государственной экономики. Стоимостные объемы экспорта формируются на относительно большем уровне за счет улучшения логистических цепочек поставок экспортных товаров. За счет государственной поддержки в страховании и таможенном регулировании компаниям удается снизить транспортные издержки. Увеличение финансовых потоков позволит крупным компаниям усиленно вкладываться в развитие научно-технической базы в виде нематериальных активов и НИОКР.

– стабильный рост доли ВИЭ в генерации, активная модернизация АЭС и внедрение реакторов, позволяющих реализовать технологии замкнутого ядерного топливного цикла.

Далее приводятся исходные характеристики энергосистемы страны, относительно которых проводилось прогнозирование (таблица 1).

Таблица 1 – Фактические параметры, характеризующие энергосистему страны

Наименование показателя	Значение
Установленная мощность ТЭС в России в 2022 г., ГВт	163,54 (66,0%)
в т.ч. газ, ГВт	122,1 (49,3%)
в т.ч. уголь, ГВт	39,95 (16,1%)
Установленная мощность АЭС в России в 2022 г., ГВт	50,11 (20,2%)
Установленная мощность ГЭС в России в 2022 г., ГВт	29,54 (11,9%)
Установленная мощность ВИЭ в России в 2022 г., ГВт	4,41 (1,8%)
Установленная мощность эл. станций в ТИТЭС, ГВт	5,63
Выработка электроэнергии ТЭС ЕЭС России в 2022 г., млрд кВт·ч	737
Фактическая выработка электроэнергии на основе сжигания угля и твердых видов топлива в балансе ТЭК России, млрд кВт·ч	165
Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии для электростанций СМП, г у.т./кВт·ч	125,1

Продолжение Таблицы 1

Наименование показателя	Значение
Удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии для электростанций СМП, т у.т./Гкал	0,53
Доля угля от добычи, потребляемая внутри страны, %	36,9
Внутреннее потребление нефти и газа, млн т у.т.	1061,6
Суммарная добыча ископаемого топлива на территории Арктической зоны Российской Федерации, т у.т./год	936
Население России, млн чел.	143,4
Количество занятых работников в угольной отрасли (добыча+генерация), млн чел.	0,7
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	71,3
Утвержденные тарифы на электроэнергию в 2023 г. в ТИТЭС, руб/кВт·ч	0,86-25,19
Экономически обоснованный тариф в ТИТЭС, руб./кВт·ч	0,86-34,59
ВВП, млрд долларов	2245,2
Экспорт нефти и газа, млн т у.т.	568,4
Экспорт трубопроводного газа в Европу, первая половина 2023 г., млрд м ³	12,1
Снижение экспорта СПГ в первой половине 2023 г. относительно аналогичного периода 2022 г., %	9,4
Снижение цены на российский уголь в 2023 г. относительно начала 2023 г., %	18-20
Объем рынка КИП к началу 2022 г. в России, млн долларов	300-400
Объем рынка PLM-систем в 2023 г., млрд руб.	41,6
Рынок ИИ систем в России в 2023 г., млрд руб.	647
Суммарный объем перевозок по СМП, млн т/год	34,034
Период навигации по СМП, дней/год	108
Уровень инновационной активности организаций, %	11,9
Вложение в НИОКР по РФ, % к ВВП	1,06
Интенсивность затрат на инновационную деятельность, %	2
Деятельность в сфере IT-технологий, разработки ПО, консультационных услуг в данном направлении, %	3,3
Удельный вес инновационных товаров и услуг в общем их объеме, %	5
Удельный вес инновационных товаров и услуг в общем их объеме в сфере IT-технологий, разработки ПО, консультационных услуг, %	8,3
Использование технологий сбора, обработки и анализа больших данных в отрасли добычи полезных ископаемых, %	25
Гранты компаниям, внедряющим российские IT-решения, млн руб.	от 10 до 6 000
Гранты компаниям на первое внедрение цифровых решений, млн руб.	от 20 до 700
Льготные программы кредитования по состоянию на 15.05.2023	более 150 проектов
Общий кредитный портфель по льготным программам кредитования, млрд руб.	76,9
Организации, получившие финансирование из средств бюджета:	
средства Национального бюджета, %	14
средства Национальных и местных бюджетов, %	11,8
Организации, получившие финансирование из средств бюджета в сфере IT-технологий, разработки ПО, консультационных услуг в данном направлении:	
средства Национального бюджета, %	4,7
средства Национальных и местных бюджетов, %	12,5

Продолжение Таблицы 1

Наименование показателя	Значение
Выбросы парниковых газов, млн т CO ₂ -экв.	1415,8
По состоянию на 01.01.2023 совокупный объем выбросов CO ₂ -экв. от угольной энергетики, млн т	140
Выбросы твердых веществ, млн т	0,8
Выбросы диоксида серы SO ₂ , млн т	0,9
Выбросы оксида углерода CO, млн т	1,3
Выбросы оксида азота NO, млн т	1,2
SAIDI в ТИТЭС, отключений в год	14,1
SAIFI в ТИТЭС, часов в год	4,1
Аварийность в тепловых сетях, ед.	4203
Доля потерь от общего количества вырабатываемой энергии, %	8,4
в т.ч. потери электроэнергии в сетях на 2021 или 2022 г. в ТИТЭС, %	10,5
Объекты ТЭК, уязвимые для кибератак в связи с использованием производителями вторичного оборудования для электроэнергетики иностранной электронной компонентной базы, %	80
Рост количества атак за 2-й кв. относительно 1-го кв. 2022 г., %	53

1.4. Проведение SWOT и PESTEL анализов развития сценария по теме

Проведенный SWOT-анализ технологического стратегического планирования энергосистем будущего представлен в таблице 2. С помощью SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны, влияющие на возможности внедрения технологических и цифровых решений и планирование развития сценария по теме Прогноза. Рассмотрены возможности и угрозы, которые могут повлиять на комплексное развитие энергосистем.

Таблица 2 – SWOT-анализ консервативного сценария технологического стратегического планирования энергосистем будущего

	Сильные стороны	Слабые стороны
в н у т р е н н и е	<ul style="list-style-type: none"> – Наличие базы разработок технологий, а также наличие успешного опыта применения отечественных технологий и программного обеспечения (в том числе цифровые двойники) в ТЭК и МСК. – Минимизация участия человека в наиболее опасных технологических операциях в ТЭК и МСК, исключение человеческого фактора. – Повышение эффективности эксплуатации и инвестирования в ТЭК и МСК посредством внедрения автоматизации и цифровизации производства: снижение времени простоя техники за счет автоматического управления отдельными циклами; расширение области добычи ресурсов и снижение стоимости в связи с применением автоматических алгоритмов поиска и выбора метода добычи. 	<ul style="list-style-type: none"> – Низкий уровень покрытия производственных объектов программными и аппаратными средствами сбора технологических данных производства. – Отставание отечественных продуктов от импортных аналогов, невозможность использования последних ввиду санкций. – Дефицит высококвалифицированных кадров, в том числе из-за релокации в другие страны. – Высокие требования к компетенциям персонала. – Высокая стоимость и частичная недоступность технологий импортного производства. – Отсутствие сетевой инфраструктуры (в т.ч. сетей 3G, 4G) в ряде регионов. – Правовые коллизии в профильном законодательстве.

Продолжение Таблицы 2

	Возможности	Угрозы
Внутренние	<ul style="list-style-type: none"> – Комплексный эффект улучшения процессов в ТЭК и МСК (экологический, социальный, экономический): повышение технико-экономических характеристик теплоэнергетических установок; снижение объемов выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в атмосферу; снижение частоты отключения потребителей и времени ликвидации аварий и др. – Наличие внутренних ресурсов (например, наличие доступных месторождений минеральных ресурсов, наличие резерва мощности электростанций). – Синергия со стратегическими проектами страны (например, с развитием Северного морского пути). – Соответствие актуальным мировым и российским трендам (цифровизация, импортозамещение, ESG повестка и др.). – Масштабируемость технологий на другие регионы и другие отрасли промышленности. – Диверсификация рынка электрической энергии (соблюдение распределения долей разных видов генерации). 	<ul style="list-style-type: none"> – Излишне многоцелевая направленность стратегий социально-экономического развития. – Консерватизм отрасли, сопротивление сотрудников изменениям. – Потребность в больших капиталовложениях как для поддержания работоспособности систем, так и для их модернизации. Необходимость обеспечения гарантий возврата инвестиций. – Высокий износ основных производственных фондов, высокая доля подлежащего замене и модернизации оборудования электростанций. – Необходимость дорогостоящего и длительного периода апробации внедряемых технических решений до реализации масштабирования. – Сложность прогнозирования экономического эффекта от внедрения технологий (отсутствует база аналогов и кейсов). – Неоптимальная нагрузка электросетевых объектов вследствие избыточного сетевого строительства. – Сложность внедрения систем автоматического/дистанционного управления и контроля на оборудовании с повышенным физическим и моральным износом. – Недостаточный уровень взаимодействия государства, бизнеса и научного сообщества.
Внешние	<ul style="list-style-type: none"> – Модернизация ТЭК и МСК – драйвер развития различных секторов экономики страны. – Развитие нормативно-правовой базы, регламентирующей внедрение отечественных цифровых технологий, стимулирующей развитие отечественных технологий, в т.ч. технологий автоматизации производства и создание отечественного программного обеспечения, формирование консолидированного спроса на отечественные цифровые технологии. 	<ul style="list-style-type: none"> – Санкционное давление в отношении России, волатильность в мировой экономике. – Сложности бюрократического характера при внедрении новых технологий, корпоративная культура, не ориентированная на повсеместное внедрение инноваций. – Риск уязвимости отраслевых данных в информационном пространстве. – Дальнейший отток квалифицированных кадров, отсутствие кадрового резерва.

Продолжение Таблицы 2

Возможности	Угрозы
<p>– Мировой рост спроса на энергоресурсы, металлы и неметаллические полезные ископаемые.</p> <p>– Ориентированность на сотрудничество России со странами Азиатско-Тихоокеанского региона.</p> <p>– Использование энергоэффективных технологий и следование концепции энергосбережения.</p> <p>– Повышение квалификации сотрудников отрасли, привлечение IT-специалистов.</p> <p>– Расширение качества работы с минеральными ресурсами, обработка с целью продажи высоко маржинальной продукции.</p> <p>– Развитие технологий в области производства сжиженного газа (СПГ), разработки трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), альтернативных источников топлива, для повышения эффективности производства электрической и тепловой энергии.</p> <p>– Постепенный переход от планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по состоянию.</p> <p>– Развитие отечественных технологий ВИЭ-генерации и водородной энергетики.</p> <p>– Оптимизация правил функционирования энергетического рынка для повышения качества управления выработкой электростанциями.</p> <p>– Снижение техногенного воздействия энергетики на окружающую среду путем модернизации оборудования и применения новых технологий.</p> <p>– Постепенная ликвидация перекрестного субсидирования.</p> <p>– Улучшение благосостояния населения, повышение качества коммунальных услуг благодаря развитию распределенной генерации, систем накопления энергии и интеллектуализации энергосистем.</p> <p>– Распространение нового механизма тарифного регулирования «альтернативная котельная» в регионах.</p> <p>– Формирование практики создания механизмов, нацпроектов для мотивации внедрения новых технологий, торговли квотами на вредные выбросы.</p>	<p>– Отсутствие достоверных оцифрованных и подтвержденных результатов типовых внедрений технологий работы с большими данными и предиктивной аналитики на предприятиях ТЭК и МСК.</p> <p>– Усиление военной активности стран Североатлантического альянса, в т.ч. в регионах Арктики.</p> <p>– Зависимость от иностранного программного обеспечения и оборудования, рост количества кибератак.</p> <p>– Нестабильность налогового законодательства, снижение выплат по демпферу.</p> <p>– Ужесточение требований в области выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в атмосферу.</p> <p>– Ужесточение тарифного и налогового регулирования в условиях увеличения затрат на топливо тепловых электростанций.</p> <p>– Изменение спроса на электрическую и тепловую энергию, в т.ч. в связи с климатическим фактором.</p> <p>– Снижение или отсутствие международного сотрудничества в области разработки новых технологий.</p> <p>– Низкий потенциал обмена технологиями между генерирующими компаниями.</p> <p>– Наличие законодательных барьеров, тормозящих внедрения инновационных технологий.</p> <p>– Недофинансирование работ по реконструкции и техническому перевооружению электросетевого хозяйства.</p> <p>– Региональные политические конфликты, сопровождаемые диверсионно-террористическими актами на объектах ТЭК.</p> <p>– Неэффективное использование тарифных ресурсов малыми территориальными сетевыми организациями (далее – ТСО).</p> <p>– Неготовность населения финансировать поддержание и развитие коммунальной инфраструктуры.</p>

в
н
е
ш
н
и
е

В PESTEL-анализе были рассмотрены основные риски (политические, экономические, социальные, технологические, экологические и законодательные), влияющие на технологическое стратегическое планирование энергосистем будущего (таблица 3).

Таблица 3 – PESTEL-анализ технологического стратегического планирования энергосистем будущего

Категория рисков	Факторы	Оценка фактора (0-100)	Вклад категорий рисков
Политические	1. Ужесточение санкций на поставку импортного оборудования и программного обеспечения	97,50	26,64
	2. Затрудненность или невозможность параллельного импорта необходимого оборудования	85,00	
	3. Отсутствие технического обслуживания иностранного оборудования и ПО	82,50	
	4. Нестабильность международного рынка сбыта, в т.ч. топливных ресурсов	80,00	
	5. Отсутствие международного сотрудничества в области разработки новых технологий	80,00	
	6. Отказ иностранных инвесторов от международных проектов	77,50	
	7. Введение потолочных значений на стоимость нефти и газа странами ЕС	42,50	
Экономические	1. Снижение пропускной способности железных дорог дальневосточного и южного направлений	92,50	19,29
	2. Значительный объем затрат, направленных на обеспечение и поддержания высокого уровня надежности за счет модернизации оборудования и внедрения новых технологий	85,00	
	3. Рост темпов инфляции	84,00	
	4. Значительное увеличение сроков окупаемости в связи с большим износом теплосетевой инфраструктуры	72,50	
	5. Изменение потребления электроэнергии в изолированных районах	71,00	
	6. Рост добычи полезных ископаемых в изолированных районах	62,00	
	7. Увеличение логистических издержек из-за санкций	60,00	
	8. Увеличение кредиторской и дебиторской задолженности предприятий	60,00	
	9. Удорожание захоронения отработавшего ядерного топлива (далее – ОЯТ)	60,00	
	10. Сложность экономического обоснования эффектов от внедрения новых технологий	55,00	
	11. Нестабильность спроса на отечественные цифровые технологии	50,00	
	12. Снижение международных и внутренних поставок энергоресурсов	45,00	
	13. Снижение цен на экспорт нефти для стран Азиатско-Тихоокеанского региона (далее – АТР)	42,50	

Продолжение Таблицы 3

Категория рисков	Факторы	Оценка фактора (0-100)	Вклад категорий рисков
Экономические	14. Колебания цен на мировом и внутреннем рынке, курсов валют	42,50	19,29
	15. Снижение инвестиционной привлекательности отрасли	37,50	
	16. Потеря рынков сбыта в связи с поставками американского СПГ в Европу	37,50	
	17. Уменьшение рынка сбыта за счет строительства промышленных компаний своих генерирующих объектов	30,00	
	18. Сокращение программ льготного кредитования системообразующих предприятий	27,50	
Социальные	1. Недовольство населения в случае повышения тарифов	45,00	9,78
	2. Нехватка квалифицированных кадров, отток высококвалифицированных IT-кадров	40,00	
	3. Рост задолженности потребителей за тепловую и электрическую энергию	40,00	
	4. Репутационный риск вследствие увеличения системных нарушений в электрических и тепловых сетях	25,00	
	5. Изменение культуры потребления электроэнергии вследствие увеличения числа ВИЭ в сети	20,00	
	6. Рост опасения людей по поводу возможной потери рабочих мест из-за автоматизации производства	15,00	
	7. Увеличение числа случаев нарушения персоналом технологического регламента из-за усложнения технологических процессов	15,00	
Технологические	1. Неготовность к интеграции новых технологий вследствие износа основных фондов	100,00	23,36
	2. Увеличение количества аварийных ситуаций вследствие износа основных производственных фондов	82,50	
	3. Снижение надежности электроснабжения вследствие физического износа электросетевых объектов	82,50	
	4. Опасность кибератак, диверсий, промышленного шпионажа в силу недостаточной защищенности цифровых каналов передачи данных, систем обработки и хранения данных	75,00	
	5. Аварийные ситуации в структурах передачи данных, систем обработки и хранения данных, ведущие к нарушению работы всей системы	72,50	
	6. Замедление строительства транспортной инфраструктуры для поставок на новые рынки сбыта (Восточный полигон и др.)	72,50	

Продолжение Таблицы 3

Категория рисков	Факторы	Оценка фактора (0-100)	Вклад категорий рисков
Технологические	7. Снижение надежности и быстродействия межсистемных связей вследствие использования разнородных информационных систем	65,00	23,36
	8. Снижение темпов внедрения технологий вследствие усложнения процедуры технического обслуживания нового оборудования	62,50	
	9. Неопределенность результата от использования внедряемых технологий из-за недостаточной апробации	60,00	
	10. Достижение технологического предела для КПД генерирующего оборудования (технологические трудности в повышении КИУМа ТЭС и котельных)	60,00	
	11. Провал/безрезультатность проведения геологических и поисково-разведочных работ	52,50	
	12. Присоединение изолированных энергосистем к Единой энергетической сети (далее – ЕЭС)	34,00	
Экологические	1. Отсутствие мотивации по проведению экологической политики в компаниях	30,00	6,21
	2. Недобросовестное использование природных ресурсов частными компаниями, ведущее к ухудшению экологической обстановки	27,50	
	3. Увеличение природных катаклизмов (увеличение уровня рек, наводнения, засуха)	20,00	
	4. Снижение инвестиций в природоохранное оборудование	17,50	
	5. Увеличение числа техногенных аварий и катастроф из-за некорректной работы новых технологий	15,00	
	6. Изменение спроса на электрическую и тепловую энергию вследствие изменения климата	12,50	
	7. Повышение радиационного фона в окрестностях АЭС	12,50	
	8. Повреждение инфраструктуры предприятий вследствие таяния вечной мерзлоты	10,00	
Законодательные	1. Несовершенство методик оценки и прогнозирования возможного воздействия на окружающую среду и хозяйственную деятельность	70,00	14,73
	2. Отсутствие единого регламента для сбора, обработки и предоставления статистических данных	67,50	
	3. Затрудненность внедрения новых технологий на производствах вследствие недостатков действующей нормативной базы	62,50	
	4. Отсутствие единого регламента для сбора, обработки и предоставления статистических данных	62,50	
	5. Усложнение лицензирования и получения разрешений на использование новых технологий	52,50	

Продолжение Таблицы 3

Категория рисков	Факторы	Оценка фактора (0-100)	Вклад категорий рисков
Законодательные	6. Ужесточение экологических законов в отношении выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ	40,00	14,73
	7. Ужесточение ответственности за аварии, вызванные программными ошибками	40,00	
	8. Жесткое тарифное регулирование, препятствующее денежному притоку в отрасль	37,50	
	9. Ужесточение законодательных ограничений и требований к безопасности со стороны государства и МАГАТЭ	35,00	
	10. Ужесточение требований, предъявляемых к качеству электроэнергии, надежности электроснабжения, электромагнитной совместимости	30,00	
	11. Ужесточение требований по локализации оборудования станций	27,50	
	12. Изменения экономического и налогового законодательства (изменение процентных ставок налогов)	22,50	
	13. Изменения в законодательстве в области освоения и развития изолированных регионов	12,00	

Низкая серьезность риска (до 35%) говорит о благоприятных условиях и потенциальной пользе принимаемого решения.

Высокая серьезность риска (свыше 65%) говорит о неблагоприятных условиях и потенциальном вреде принимаемого решения.

Серьезность в районе 50% говорит о высоком уровне неопределенности. В таких условиях последствия принимаемого решения будут иметь противоречивый характер.

По результатам PESTEL-анализа видно, что наибольшее влияние на технологическое стратегическое планирование энергосистем будущего оказывают политические, экономические и технологические риски, наименьшее – законодательные, социальные и экологические.

Наибольшую озабоченность у экспертного сообщества вызвали такие риски как: потеря рынков сбыта и их диверсификация; санкции на импорт оборудования, комплектующих и необходимость импортозамещения; пропускная способность логистической инфраструктуры; уровень надежности энергосистемы; рост инфляции; большие сроки окупаемости внедрения технологий; износ текущего оборудования; недостаточная цифровизация; отставание нормативной и законодательной базы при внедрении новых технологий.

1.5. Иные варианты анализа сценария развития будущего по теме

По мере появления в энергетике реальных инноваций возникает вопрос об изменении подхода к энергетическому планированию. Качественно новые технологии и практики не просто обеспечивают рост технологического совершенства существующих элементов в энергетической системе, но и изменяют их функциональные свойства, а в некоторых случаях добавляют новые элементы, реализующие другие функции. К примеру, накопление энергии позволяет развести режимы производства и потребления энергии, что раньше было практически невозможно.

Необходимо различать три уровня планирования: объектовый, региональный, отраслевой. Опыт работы с инновационными проектами, такими как создание бизнес-практик цифровой трансформации распределительных электрических сетей, организации

микрогридов в изолированных территориях и анализ материалов на зарубежных примерах говорит о том, что в настоящее время особая актуальность возникает в подходах, методах и инструментах энергетического планирования территориального уровня.

На территориальном уровне планирования, особенно с учетом процессов децентрализации энергоснабжения и электрификации новых сегментов экономики (например, транспорта) мы встречаемся со сложностью двух типов: полисферностью и мультисубъектностью предмета планирования. В случае создания нового кластера, как уже отмечалось, речь идет не только о строительстве объектов производства нового вида энергоресурса и необходимой инфраструктуры, но и о формировании и масштабировании практик использования этого ресурса в различных секторах экономики: транспорте, промышленности, энергетике, ЖКХ. Это задает полисферность планирования.

Следствием полисферности является то, что в становлении нового уклада оказывается задействовано много различных субъектов: лидеров проектов, потребителей, держателей инфраструктур, руководителей региональных и муниципальных администраций, жителей на территории кластера. Залогом успеха реализации всего комплекса проектов и планов является учет разнообразных интересов этих субъектов. Это задает мультисубъектность энергетического планирования в масштабе регионов, городов и поселений.

Для анализа сценария будущего необходимо оценивать более широкий спектр факторов и вопросов. Так, в современной практике существует метод сбалансированной оценки уровня готовности технологии (the balanced readiness level assessment, BRLa), который сочетает методики оценки технологической готовности (TRL), рыночной готовности (MRL), уровень нормативной готовности (regulatory readiness level, RRL), готовности к принятию (acceptance level readiness, ARL) и уровня организационной готовности (organizational level assessment, ORL). Данный подход позволяет провести многомерную оценку готовности разработки и внедрения технологий как с точки зрения развитости технологии, так и с точки зрения готовности рынка и потребителей к ее принятию и наличия юридических условий.

Сбалансированный подход к оценке уровней готовности позволяет провести пятимерную оценку:

TRL – уровень технологической готовности;

MRL – уровень готовности к рынку (характеристика готовности к коммерциализации технологии, отражающая насколько хорошо разработан процесс адаптации продукта к рынку);

RRL – уровень готовности к регулированию (легализация продукта);

ARL – уровень готовности к принятию (легитимация нового продукта или технологии).

ORL – уровень организационной готовности. В основном связан с освоением технологий и степенью совместимости новой технологии с существующими технологиями, организационными практиками и рабочими процедурами.

Очевидно, что в России в рамках работ по технологическому стратегическому планированию энергосистем будущего, в частности по развитию низкоуглеродной генерации на основе сжигания угля и твердых видов топлива; обеспечению надежного, бесперебойного и эффективного функционирования технологически изолированных энергосистем; развитию энергетической инфраструктуры Северного морского пути и Арктических территорий; использованию технологий больших данных и предиктивной аналитики, цифровых двойников для управления производственными процессами в топливно-энергетическом и минерально-сырьевом комплексе России (технологии Индустрии 4.0), новые подходы, методы и инструменты энергетического планирования будут востребованы. Проблема их формирования и распространения состоит в отсутствии института, целенаправленно занимающегося системным обеспечением развития новой энергетики. Здесь представляется важным кейс по созданию центра энергетических систем будущего, который будет заниматься системными исследованиями и разработками в сфере новой энергетики, формированием и развитием новой методологии энергетического планирования, системным обеспечением разработки и реализации комплексных пилотных проектов, обучением специалистов.

Блок 2. Тенденции развития будущего по теме исследования

2.1. Общая характеристика и описание прогнозируемых тенденций развития энергетики

Принципиально текущие тенденции можно поделить по подходу PESTEL. Таким образом охватывается максимальный спектр политических, экономических и социальных явлений, а также экологическая политика и технологические инновации.

Среди политических тенденций с позиции технологического стратегического планирования энергосистем значима политическая нестабильность и давление санкционной политики. В условиях продолжающихся международных конфликтов сама устойчивость энергетических систем находится под угрозой. Накладываемые ограничения от бывших зарубежных партнеров ограничивают ведение инновационной деятельности из-за недостатка отечественных комплектующих. Однако все это стимулирует изменение системы международных отношений, где приоритет отдается новым рынкам.

Значимые средства вливаются в программы импортозамещения и импортоопережения. Упор в стране делается на протекционизм в отношении производителей и компенсацию их затрат (отражено в т.ч. в ФЗ от 8 декабря 2003 г. № 165-ФЗ). Экономическое развитие в текущих геополитических условиях должно охватывать все обладающие потенциалом территории страны. Как следствие, особое внимание стало уделяться Арктическому региону и прочим изолированным энергетическим системам на удаленных территориях. Для этого поддерживается развитие сопутствующих транспортных артерий. Например, Северного морского пути.

На удаленных территориях проявляются тенденции, актуальные для страны в целом. Так, децентрализация генерации наблюдается в поселках и на предприятиях горнодобывающей промышленности. По данным Аналитического центра при Правительстве РФ, на изолированных и труднодоступных территориях функционирует 760 МВт дизельной генерации. Реализация мер по ее замещению генерацией на базе СПГ, ВИЭ и местного топлива предусмотрена Энергетической стратегией РФ на период до 2035 г.

Не меньше на социальную сферу помимо децентрализации влияет газификация. С 2021 г. текущая Программа активна в 72 субъектах. По ней планируется средний по России уровень газификации в 82,9% к 2030 г. при текущем уровне 72,1%. Для данного направления технологического развития требуется достойный кадровый резерв с надлежащим уровнем квалификации. На фоне этого развивается образовательная сфера и появляются требуемые образовательные программы, в том числе и в региональных вузах.

Самой важной экологической тенденций является декарбонизация. Данное явление стимулирует компании к сокращению углеродоемкости выпускаемой продукции и контролю сопутствующих выбросов. Не меньшее внимание стало уделяться постепенно нарастающим объемам электронных отходов. К ним в том числе относятся и отходы фотоэлектрических модулей, постепенно накапливающиеся из-за предшествовавшего перехода к «зеленой» генерации. По подсчетам Международного агентства возобновляемой энергетики и Международного энергетического агентства, к 2030 году объем солнечных батарей с истекшим сроком эксплуатации превысит 1 млн т.

На фоне развивающегося импортозамещения тенденцией потенциально является временный рост аварийности. Это связано с конфликтами комплектующих оборудования и ненадежностью новых технологий. Аварийность вызывает не только экономические, но и экологические последствия. Особенно – на уязвимых с точки зрения окружающей среды территориях.

Для сферы законодательного регулирования характерна деbüroкратизация из-за внедрения цифровых технологий и упрощения ряда операций. Те же цифровые подписи упрощают процесс утверждения принятых инновационных решений.

Направленность на экологичность энергетики подтверждается государственной поддержкой научных разработок данной направленности. Влияние «зеленых» инициатив прослеживается и на уровне топливно-энергетического баланса страны.

2.2. Исследование внешних (общемировых) факторов и тенденций, влияющих на развитие будущего по теме

При построении сценариев учитывался целый ряд факторов, относящихся к политической, экономической, социальной, технологической, экологической и законодательной областям жизни. Их перечень представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Факторы, учитываемые при построении сценариев

Факторы	Негативный сценарий	Консервативный сценарий	Инновационный сценарий
Баланс угольной энергетики в выработке электроэнергии в России	предполагает незначительное снижение за счет перевода части ТЭС на газ или закрытия угольных ТЭС (порядка 12-14%)	предполагает сохранение текущей структуры (порядка 16%)	предполагает незначительный рост (порядка 18%)
Выбросы парниковых газов, млн т CO ₂ -экв.	предполагает сохранение текущей структуры (порядка 140 млн т CO ₂ -экв.)	предполагает незначительное сокращение (порядка 172 млн т CO ₂ -экв.)	предполагает более существенное, чем в консервативном сценарии сокращение (порядка 167 млн т CO ₂ -экв.)
Инфляция	существенный рост инфляции	умеренный рост инфляции	предполагает сохранение или незначительное сокращение инфляции
Инвестиции в угольную энергетику	ограничены (иностранные инвесторы отсутствуют, государственная поддержка минимальна)	частично ограничены (иностранцы инвесторы отсутствуют, государственная поддержка ниже необходимой для внедрения инновационных экологических технологий в полном объеме)	государство и собственник генерирующих угольных мощностей заинтересованы во внедрении инновационных экологических технологий, финансирование с привлечением концессионных механизмов
Валовой внутренний продукт (ВВП)	предполагает сокращение (в т.ч. из-за снижения экспорта - санкционного давления, увеличения государственных расходов в других секторах)	предполагает сокращение (в т.ч. из-за снижения экспорта)	предполагает сохранение на текущем уровне или незначительный рост

2.3. Тенденции технологического развития отраслей экономики России по теме

Развитие энергосистем не может происходить в отрыве от прогресса в областях ТЭК и МСК. Отраслевое развитие связано с рядом тенденций, характерных для процессов разведки, добычи, транспортировки, переработки, утилизации и прочих этапов производственного цикла.

При обобщении работ были выявлены самые характерные особенности добычного сектора исходя из анализа популярных технологических решений компаний. Среди них:

- устаревание технологической базы;
- роботизация технологических процессов;
- применение экспертных систем на базе ИИ;
- реализация потенциала цифровых двойников.

Таким образом, для горнодобывающей промышленности характерна модернизация технологических процессов на фоне износа основных фондов и их морального отставания.

Устаревание оборудования связано с ростом труднодоступности многих объектов нефте- и газодобычи. На фоне санкционного давления в добычной отрасли значительно замедлен процесс технологического переоснащения и модернизации оборудования. На удаленных изолированных территориях суровые климатические условия требуют от внедряемых технологий высокого уровня стойкости, автономности и надежности. Все это также влияет на процесс их разработки и апробации. Помимо подобных внешних факторов на технологическое развитие влияют и внутренние – политика и финансовые возможности самих компаний.

Роботизация технологических процессов является тенденцией, которой уже давно следуют мировые отраслевые лидеры. Ее применение на предприятиях, месторождениях и прочих промышленных объектах способствует в первую очередь повышению эффективности труда, а также снижению травматичности для работников. Внедрение роботов в промышленности существенно улучшает показатели производств, способствуя наращиванию целевых показателей компаний-производителей.

Реализация потенциала цифровых двойников является неотъемлемой частью любого современного инновационного проекта. Цифровая подоплека проектов на сегодняшний день – базис, с созданием которого происходит дальнейшее развитие, модернизация и реализация технологических комплексных решений. Цифровые двойники становятся все более популярны не только у крупных компаний, но и у более мелких игроков рынка, позволяя им конкурировать по уровню технологического развития с транснациональными корпорациями, распоряжающимися большими финансовыми и технологическими возможностями

Значимой в масштабах торгово-производственного потенциала страны является отечественная нефтегазовая отрасль. Для нее свойственны свои ключевые тенденции:

- прогнозирование (разной направленности);
- развитие СПГ-отрасли и освоение шельфа.

Прогнозирование по своей сути является ответной реакцией на сценарии развития промышленности, по которым объемы ключевых ресурсов – нефти и газа – в обозримом будущем подойдут к концу, подведя человечество к очередному энергетическому кризису. Это вынуждает представителей нефтегазовой отрасли применять более рациональные подходы к добыче и потреблению, особое внимание уделяя вопросам прогнозирования разведки, извлечения и применения вышеуказанных энергоносителей.

Развитие СПГ-отрасли способствует решению давней проблемы, заключающейся в сложности перемещения газа на дальние расстояния. Применение СПГ позволяет не только избежать строительства дорогостоящих трубопроводов, влекущего за собой не менее дорогостоящие эксплуатацию и техническое обслуживание, но также снизить уровень опасности данного ресурса в процессе транспортировки.

Для угольной промышленности характерен гораздо более низкий уровень цифровизации процессов. К технологическим тенденциям относятся:

- газификация угля;
- интеграция систем управления активами.

Не смотря на определенную архаичность отрасли, благодаря технологиям газификации происходит ее трансформация и становление на путь более чистого и энергоэффективного продуцирования тепловой и электрической энергии. В свою очередь, интеграция систем управления активами позволяет существенно улучшить показатели работоспособности, удобства и скорости выполнения задач. Данная тенденция характерна не только для угольной отрасли, но в большей степени проявляется именно в ней.

2.4. Тенденции развития энергетической отрасли в России по теме

Устаревание технологической базы электро- и теплоэнергетики России в первую очередь связано с большим объемом использованного оборудования и необходимостью ввода новых энергетических объектов. Данная тенденция заметна по среднему возрасту генерирующего оборудования электростанций, который на конец 2020 года, согласно данным АО «СО ЕЭС России», составлял 34,1 года. Согласно ИТС 38-2022, прогнозируется увеличение среднего возраста оборудования ГЭС и паросиловых ТЭС с 39,0 и 41,5 года до 45,1 и 46,3 лет соответственно за период с 2020 по 2026 годы.

Тенденция на либерализацию рынков электроэнергетики является повсеместной и в первую очередь включает в себя создание конкурентной среды, что способствует повышению эффективности работы отрасли, развитию технологий и снижению цен на электроэнергию. В России данная тенденция наблюдается с 2003 года, на данный момент проведено разделение вертикально-интегрированных энергокомпаний на производителей, сетевые организации и поставщиков, создан розничный рынок электроэнергии, внедрены рыночные механизмы ценообразования. Процесс либерализации рынка электроэнергетики в России не завершен, на данный момент стартует подготовительная фаза к переходу в неценовых зонах оптового рынка электроэнергии и мощности (далее – ОРЭМ) от регулируемого ценообразования к конкурентному.

Одними из наиболее значимых тенденций являются тенденции на повышение энергоэффективности и энергосбережение. Они направлены на снижение энергоемкости технологических процессов, уменьшение потребления энергоресурсов и затрагивает различные отрасли деятельности – в первую очередь электро- и теплоэнергетику, как самую энергоемкую отрасль, обрабатывающую промышленность, строительство, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство. За период с 2008 по 2020 год снижение энергоемкости ВВП России составило 15%.

Несмотря на сложную политическую ситуацию, продолжает сохраняться тенденция на развитие международных проектов. Наиболее заметна данная тенденция в сфере атомной энергетики, на данный момент Россия принимает участие в строительстве АЭС «Аккую» в Турции, а также АЭС «Руппур» в Бангладеш. Ввод в работу первых энергоблоков данных АЭС планируется в 2023 году. Перспективным направлением развития международного сотрудничества в сфере энергетики также является Китай, Россия продолжает работу над Тяньваньской АЭС, сейчас проектируются 7 и 8 энергоблоки.

Постепенное истощение таких первичных ресурсов, как нефть и газ, а также труднодоступность некоторых регионов России является причиной интереса государства к развитию альтернативных источников генерации энергии. Образование автономных электростанций, обеспечивающих электроснабжение изолированных потребителей, возможно с помощью альтернативных источников генерации. С 2019 года может осуществляться продажа электроэнергии от объектов микрогенерации. В 2020 году введено порядка 1 ГВт установленной мощности ветровых и солнечных электростанций. К 2050 году планируется увеличение установленной мощности ВИЭ до 12,5% от энергобаланса страны, а общий объем генерации может возрасти до 97,4 ГВт.

Оптимизация режимов работы электростанции необходима для обеспечения эффективного и устойчивого функционирования энергосистемы страны. Оптимизация является комплексным процессом, включающим в себя прогнозирование потребления энергии, разработку оптимальных графиков работы, использование систем управления. На данный момент активно развиваются информационные системы, позволяющие с большей эффективностью оптимизировать режимы работы электростанции, так в 2023 году было создано программное обеспечение для оптимизации работы ТЭЦ.

Тенденция использования когенерационных установок обусловлена необходимостью эффективного использования ресурсов. За счет использования тепловой энергии, выделяющейся при выработке электроэнергии, снижаются объем выбросов парниковых газов и расход топлива, таким образом значительно повышая энергоэффективность системы и

коэффициент использования тепла топлива. Согласно комплексной государственной программе «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности», стимулирование когенерации является одним из необходимых векторов развития в сфере электро- и теплоэнергетики.

Одним из ключевых параметров электроснабжения является его надежность, так как отключение электроэнергии может привести к значительному экономическому и материальному ущербу. Тенденция повышения надежности электроснабжения напрямую связана с Федеральным проектом «Гарантированное обеспечение доступной электроэнергией». Улучшение показателей надежности реализуется, в первую очередь, с помощью внедрения новых технологий и совершенствования методов диагностики оборудования.

2.5. Технологические решения по теме исследования (кейсы компаний)

Как было сказано ранее, основой стратегического планирования и развития энергосистем являются технологические решения отраслевых компаний-лидеров. На их положительный опыт можно опираться при формировании перечней первоочередных к развитию технологий и подходов. В рамках подготовки итогового Прогноза командами было выделено 27 кейсов лидирующих компаний для 29 отраслевых тенденций.

Представление полного перечня нескольких сотен кейсов, проанализированных командами ранее, не является целесообразным ввиду их узкой тематической направленности. Их области были отражены в сформулированных технологических тенденциях. Однако, возможно отметить, что среди кейсов компаний преобладало направление на цифровизацию технологических и бизнес-процессов. Это говорит о закрепившейся цифровой повестке в отечественной политике бизнеса и о высокой доле цифровых проектов в структуре инвестиционных программ ведущих компаний.

Экономический эффект от всех кейсов обладает высоким разбросом. Так, например, при рассмотрении цифровых двойников (далее – ЦД) было выявлено, что эффект от их внедрения силами корпорации ПАО «Лукойл» на 9 месторождениях составил 1,2 млрд руб. При этом, внедрение аналогичной технологии в производственную структуру на предприятии ПАО «Татнефть» повлечет снижение расхода энергоресурсов на 5,3%, что в денежном эквиваленте составляет около \$3,94 млн в год.

Некоторые компании в описании эффективности своих технологических решений представляют меньшую конкретику, рассчитывая на возможный рост положительного влияния. Например, экономический эффект от внедрения ЦД месторождения имени Александра Жагрина ПАО «Газпром Нефть» к концу 2023 года составит более 1 млрд руб. Данные цифры являются проектными и наверняка будут отличаться от реальных значений, однако даже по таким расчетам можно косвенно судить о высокой доле неопределенности экономической эффективности при внедрении цифровых технологий.

Отдельное внимание следует уделить кейсам, относящимся к конкретным технологическим тенденциям. Так, технология газификация топлива с высокотемпературной очисткой синтез-газа ОАО «ВТИ» отражает тенденцию Газификация угля в одноименной отрасли. Ее применение влечет за собой рост величины КПД до 56%.

Роботизация технологических проектов реализуется посредством использования промышленных экзоскелетов ПАО «Россети», что снижает уровень нагрузки на рабочих до 80%. В электроэнергетической отрасли также популярно прогнозирование нагрузки и перебоев работы сетей, для обеспечения чего уровень цифровизации должен достигать 87,3%.

Прогнозирование не менее актуально в нефтегазовой отрасли, где на Оренбургском месторождении ПАО «Газпром Нефть» была внедрена экспертная система на базе ЦД. Экономический эффект от нее оценивается в 3,3 млрд руб.

В целом, возможно выделить направленность компаний на обеспечение технологической суверенности страны во всех областях промышленности. Данный процесс нельзя назвать экстенсивно развивающимся, однако эффективность рассматриваемых разработок – лучшее обоснование продолжительной апробации технологий.

Блок 3. Сценарный анализ

Формирование сценариев развития ТЭК России выполнено на основе проведенного анализа внешней среды и факторов, оказывающих влияние на развитие ключевых областей электроэнергетики страны:

- электрические станции и сети;
- Арктическая зона РФ;
- технологически изолированные территориальные энергосистемы;
- технологии управления производственными процессами в ТЭК и МСК (цифровые двойники);
- низкоуглеродная генерации электроэнергии;
- технологии больших данных и предиктивной аналитики.

3.1. Негативный сценарий

Для наступления негативного сценария основными для энергетики условиями являются:

1. Продолжительное санкционное давление со стороны недружественных стран, эмбарго сырья России на энергетических рынках со стороны США и ЕС.
2. Снижение макроэкономических показателей экономики государства и нестабильность валюты, в связи с чем ожидается ужесточение налогового и тарифного регулирования для формирования бюджета.
3. Политика неравноценного обмена. Лоббирование собственных интересов дружественных государств.
4. Ограничение капитальных вложений в технологии энергосистем. Разработка и внедрение новых технологий не ведется, финансируется только поддержание действующих.
5. Недостаток квалифицированного персонала.
6. Ограниченное импортозамещение.

В рамках проведения сценарного анализа при помощи математической модели был проведен прогноз ключевых параметров развития различных **видов электрических станций, а также динамики потребления и экспорта основных видов ресурсов** (рисунки 3–11).

В мировой повестке наблюдается масштабная рецессия глобальной экономики и необходимость повышения ставок крупнейшими центральными банками мира. Это приводит к общемировому снижению потребления энергоресурсов и объемов мощностей высокотехнологичных производств.

Ожидается снижение добычи и экспорта основных ресурсов и товаров. Основная финансовая поддержка направлена на поддержание текущих производственных мощностей предприятий и модернизацию критически важной инфраструктуры. Правительство субсидирует основные инфраструктурные проекты государственной важности, в частности строительство транспортных коридоров для экспорта продукции на новые рынки сбыта в Азию. Вследствие снижения экспорта ресурсов в европейские страны, в частности угля и трубопроводного газа, правительство поддерживает стимулирование внутреннего спроса на данные виды ресурсов.

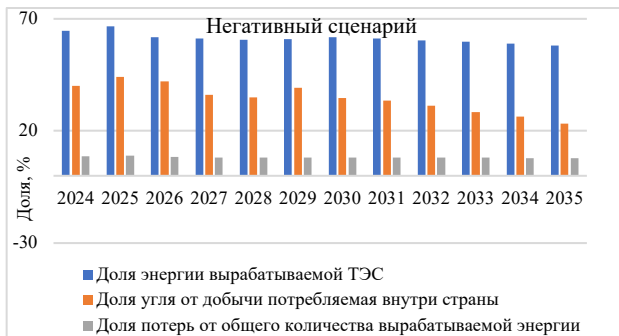


Рисунок 3 – Динамика показателей ТЭС, угольной промышленности, электрических сетей



Рисунок 6 – Динамика аварийности тепловых сетей



Рисунок 9 – Динамика изменения внутреннего потребления нефти и газа

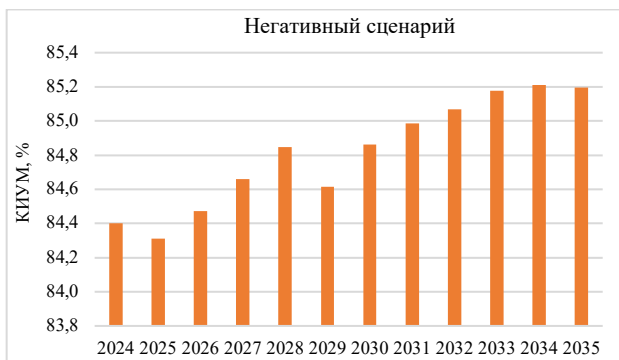


Рисунок 4 – Динамика изменения КИУМ АЭС

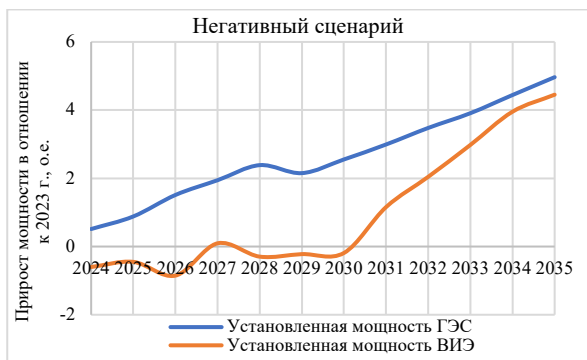


Рисунок 7 – Динамика изменения установленной мощности ВИЭ и ГЭС (доля в о.е. к 2023 году)



Рисунок 10 – Динамика изменения выбросов от сжигания топливно-энергетических ресурсов



Рисунок 5 – Динамика внутреннего потребления угля (доля в процентах к 2023 году)



Рисунок 8 – Динамика экспорта нефти и газа

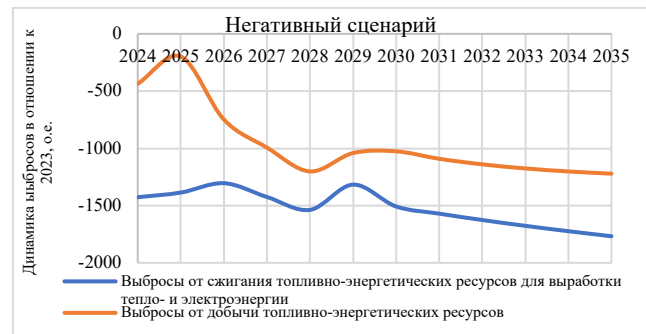


Рисунок 11 – Динамика изменения выбросов от сжигания энергоресурсов (доля в о.е. к 2023 году)

Для Арктической зоны РФ предполагается увеличение разрыва между развитыми и дотационными субъектами. Приостанавливается реализация энергоэффективных высокотехнологичных программ в угоду проектов по добыче и переработке. Суммарная добыча наращивается до 1389,18 млн т у.т./год, тренд которой (как и других прогнозных величин) представлен на рисунке 12.

Часть дружественных государств лоббирует собственные интересы при вложении в коллективные инвестиционные проекты. Под их влиянием разрабатываются даже те месторождения, что ранее считались не рентабельными и потенциально опасными. За счет этого на территории страны концентрируются «грязные» производства и реализуются чужие климатические цели. По сути, АЗРФ становится сырьевым придатком.

Теневая торговля на менее выгодных условиях в сравнении с текущими проводится не через СМП. Суммарный объем перевозок к 2035 г. не достигает целевых значений (121,99 млн т/год вместо 220 млн т/год) при транзитных ограничениях. Упор на развитие требуемых иностранными импортерами технологий снижает соотношение количества и мощности ледоколов (до 0,0123 при целевых 0,0131 шт./МВт). Период навигации по СМП (183 сут./год) не круглогодичный, зависит исключительно от климатических условий, а не технической развитости. В сфере речного и морского судоходства речь о переходе на СПГ не ведется, исходя из чего происходит увеличение объемов выбросов (до 73,9 млн т CO₂-экв./год).

Прирост потребных мощностей и генерации реализуется скорее за счет проектов по добыче, чем комплексного развития территорий. Меньший акцент делается на обеспечении достойных условий жизни. Энергетическое развитие проходит в рамках микрогенерации активных энергетических комплексов (далее – АЭК), базирующихся на традиционных источниках. Установленная мощность электростанций в АЗРФ из-за малой реализации масштабных программ по модернизации инфраструктуры составляет 8654,15 МВт. Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии и тепловой энергии составляют 113,27 г у.т./кВт·ч и 0,47 г у.т./Гкал, соответственно.

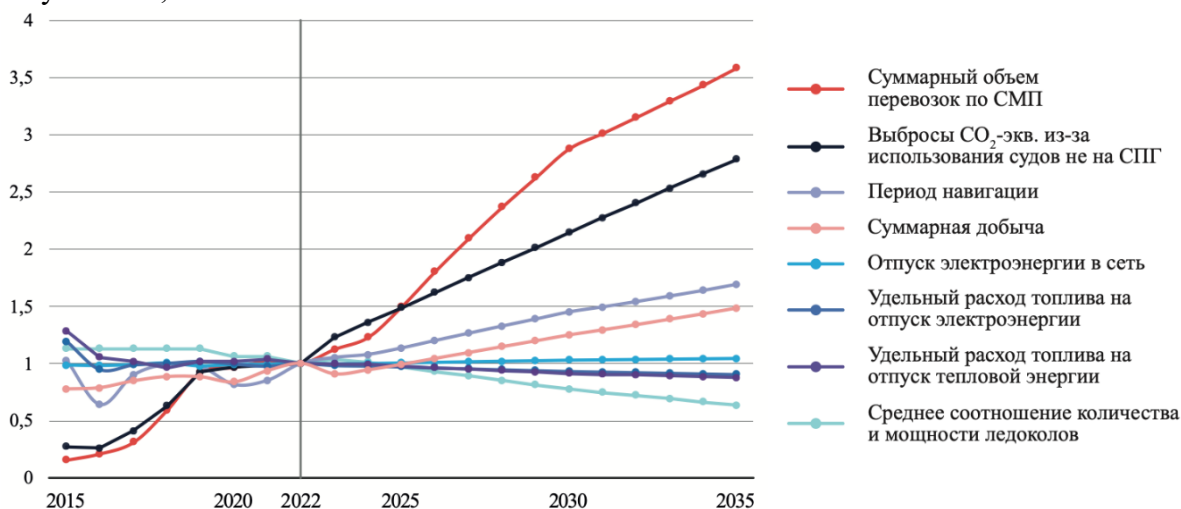


Рисунок 12 – Тренд прогнозных величин по негативному сценарию до 2035 г.

Для **ТИТЭС** предполагается незначительное улучшение текущего уровня надежности и эффективности функционирования. К 2035 году прогнозируется уровень показателей SAIDI в диапазоне от 5,2 до 8 часов/год (рисунок 13), SAIFI от 1,75 до 3 откл./год, потери от 11% до 12% (рисунок 14).

Основные тенденции сценария ведут к снижению инвестиционной привлекательности большей части ТИТЭС. Отток местного населения и отсутствие перспектив для миграции в изолированные районы из других регионов приведет к снижению потребления, качества обслуживания и эксплуатации электроустановок. Существенное число действующих предприятий будет сокращать производство, вызывая нехватку рабочих мест.

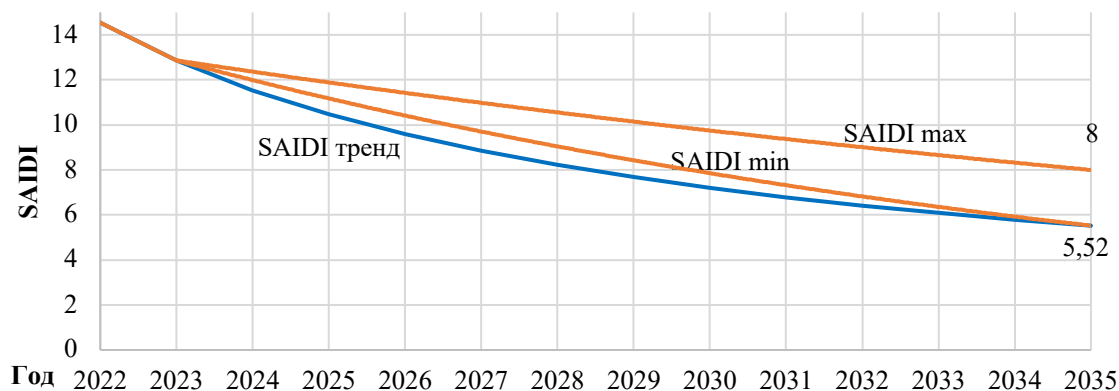


Рисунок 13 – График изменения SAIDI (негативный сценарий)

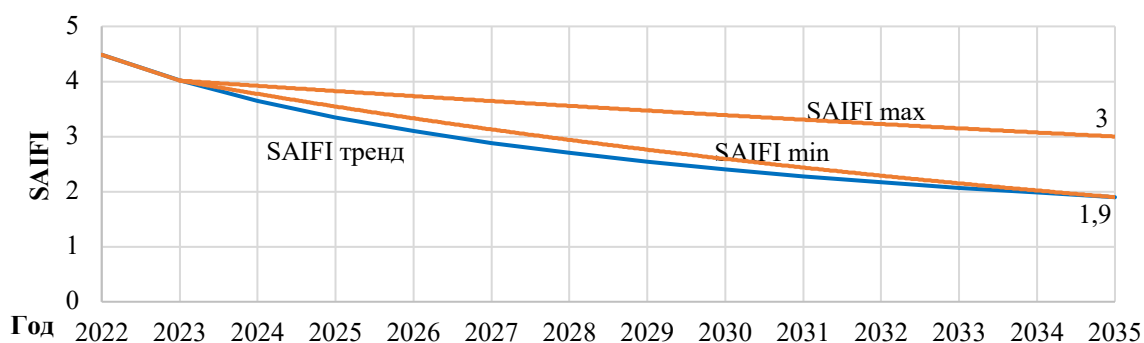


Рисунок 14 – График изменения SAIFI (негативный сценарий)

Комплексное снижение экономической привлекательности совместно с оттоком населения приведет к снижению потребления электроэнергии при росте издержек и увеличению необходимых объемов субсидирования из федерального бюджета. Незначительные финансовые вливания не позволят заменить морально и физически устаревшее оборудование, изначально не рассчитанное на эксплуатацию в суровых климатических условиях^{2,3,4,5,6}, что приведет к росту числа аварий и стоимости эксплуатации, а также не позволит повысить наблюдаемость сети и эффективно устранять аварии в энергосистеме.

Увеличение тарифов на электроэнергию и необходимость роста субсидирования в 1,5–2 раза (до 50–70 млрд руб. по ДВФО⁷) приведут к снижению платежной дисциплины и инвестиционной привлекательности ТИТЭС⁸.

Незначительный рост показателей надежности и эффективности функционирования ТИТЭС обусловлен результатами текущей государственной политики в части изолированных энергосистем, а именно передача АО «СО ЕЭС» диспетчерского управления в ТИТЭС и субсидирование для разных категорий потребителей.

² СИПР Схема и программа развития электроэнергетики Магаданской области на 2023–2027 годы

³ Схема и программа развития электроэнергетики Камчатского края на 2022–2026 годы

⁴ Схема и программа перспективного развития электроэнергетики изолированных территорий Красноярского края на период 2024–2028 годов

⁵ Схема и программа развития электроэнергетики Сахалинской области на 2023–2027 годы

⁶ Схема и программа развития электроэнергетики Чукотского автономного округа на 2022–2026 годы

⁷ Распоряжение Правительства РФ от 28 декабря 2022 г. № 4295-р. Об установлении на 2023 г. базовых уровней цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность) для субъектов РФ, входящих в состав Дальневосточного федерального округа

⁸ Жихарев А, Посыпанко Н., Ким А. Дальний Восток: субсидировать или развивать / А. Жихарев, Vygon Consulting/ – 2018/ – 28 с.

Для технологий **цифровых двойников** прогнозируется существенное торможение разработок в виду слабой внутренней технологической базы и отход на второй план целей по цифровой трансформации в компаниях ТЭК и МСК. Основными факторами, влияющими на данный исход, окажутся:

– Доля отечественных КИП на отечественном рынке к 2035 году составит 20%, отечественных PLM- и ИИ- систем составит 60-70% к 2035 году. Рост доли китайского оборудования до 20%;

– 0 программистов и инженеров, успешно завершивших образовательные программы связанные с цифровыми двойникам к 2035 году;

– Налоговый маневр для IT-компаний. Сохранение льготной ставки по налогу на прибыль и социальным отчислениям до 2025 года, далее переход к общей системе, рост налоговых поступлений в бюджет РФ за счет повышения налоговой нагрузки IT-компаний;

– Льготное кредитование для IT-компаний. Увеличение портфеля одобренных проектов с темпом роста общей суммы на 10 млрд руб. в год, замедление процесса выдачи кредитов сверх предусмотренного лимита (отказ в продлении действия программы).

В части развития **низкоуглеродной генерации электроэнергии** прогнозируется уменьшение доли отрасли в энергобалансе России до уровня 12-14% в виду частичного перевода ТЭС России на газ и/или их закрытия, что приведет к снижению установленной мощности всех объектов низкоуглеродной генерации до отметки 34 ГВт.

Помимо основных предпосылок развития негативного сценария, можно выделить следующие дополнительные факторы, влияющие на развитие отрасли:

– отсутствие реализации планов по декарбонизации энергосистем;

– существенное увеличение стоимости квот на выбросы CO₂ в рамках зеленой повестки (до 100 \$/т CO₂-экв.);

– существенный рост инфляции (индекс потребительских цен, далее – ИПЦ) в России, стоимость закупки угля для работы ТЭС;

– принятие НПА в части сокращения выбросов (Указ Президента России от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов»);

– мониторинг выбросов загрязняющих веществ в соответствии с НПА производится только для объектов энергосистем I категории.

Для **технологий больших данных и предиктивной аналитики** при наступлении прогнозируемых условий ожидается рецессия всех частей рынка ТЭК и МСК России, особенно рынка капитала. Прогнозные значения рецессии с разделением по областям влияния и факторам приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Изменение рынка технологий больших данных и предиктивной аналитики под воздействием ключевых факторов в негативном сценарии

Область влияния/ фактор	Рост риска военного конфликта между Россией и НАТО, ослабление международного влияния	Увеличение себестоимости производства, истощение резервов, риск экономического кризиса	Недостаточный уровень системы образования, дефицит квалифицированных специалистов	Устаревание технологической базы, наличие препятствий по ее модернизации	Сохранение/усиление барьеров	Неподготовленность отрасли к альтернативной энергетике, риск вероятности возникновения аварий
	<i>геополитический</i>	<i>экономический</i>	<i>социальный</i>	<i>технологический</i>	<i>законодательный</i>	<i>экологический</i>
Спрос	-3,6	-5,5	-1,3	-4,8	-1,2	2,5
Предложение	-3,9	-3,1	-5,5	-4,3	-5,8	-1,0
Рынок труда	-7,4	0,5	-8,3	-1,1	-1,3	1,5
Рынок капитала	-7,1	-3,9	-3,2	-1,7	-3,5	-3,8
Рыночная среда	-5,3	-3,0	-2,8	-1,8	-3,9	-2,8
Среднее	-5,5	-3,0	-4,2	-2,7	-3,1	-0,7

В дополнение к общим факторам существенное влияние на технологии окажут:

1) Отсутствие единых стандартов работы с данными

Разный уровень развития регионов и разные подходы к цифровизации даже на уровне предприятий в значительной степени осложняют создание унифицированной информационной системы работы с данными.

2) Исполнение стратегий цифровизации

В настоящее время нормативно-правовая среда в области применения больших данных развивается гораздо более медленными темпами чем эволюция технологий. Большую роль в этом играет консервативное стремление предприятий идти по пути наименьшего сопротивления, ограничив использование больших данных и применение предиктивной аналитики.

3) Нормативно-правовые барьеры

Для нормативно-правовой среды будут сохранены и местами усилены существующие барьеры:

– отсутствие правового регулирования промышленных данных, единых форматов сбора, хранения и обработки данных, методики оценки риска и возможного ущерба при внедрении предиктивной аналитики;

– наличие огромных требований по обеспечению критической информационной структуры в Федеральном законе №187, соблюдение которых является дорогим и трудоемким процессом при внедрении цифровых решений;

– отсутствие возможности сквозного обмена данными между различными компаниями, что не позволит реализовать единое цифровое пространство.

По итогу в сценарии ожидается стагнация/рецессия основных направлений развития энергосистемы России вследствие геополитической напряженности, санкционного давления, недостаточности опорных технологий и низких капиталовложений в энергетику.

3.2. Консервативный сценарий

Предпосылками для реализации консервативного сценария являются:

1. Уровень санкционного давления в среднесрочной перспективе остается на текущем уровне, а его спад начинается лишь в долгосрочной перспективе. Такие условия затрудняют развитие науко- и ресурсоемкой технологии, ведут к упущению возможностей для обмена опытом и знаниями, а также к ограничению доступа к мировым рынкам и инвестициям.

2. Компании нефтегазовой и угольной отрасли сумели сгладить негативные последствия от спада объемов продаж и цен на ресурсы, вследствие чего доходы организаций не сильно сократились и остались на приемлемом уровне. В дальнейшем российские производители смогли переориентироваться и найти новые каналы сбыта на внутреннем и азиатских рынках.

3. Капитальные вложения в технологии энергосистем остаются на уровне 2023 года с учетом индексации. Разработка новых технологий ведется темпами 2023 года, финансируется поддержание действующих технологий, а также в развитие новых в соответствии с объемами 2023 года с учетом ИПЦ. Это может быть обусловлено достижением показателей ВВП и уровня инфляции, прогнозируемым МЭА.

4. Количество персонала, задействованного в энергосистемах, остается на прежнем уровне, при этом повышается профессионализм и квалификация сотрудников.

В рамках консервативного сценария предполагается, что показатели функционирования ТЭК стабилизируются в долгосрочной перспективе, что можно сказать и о показателях экономического развития страны. Результаты математического моделирования, отражающие параметры различных **видов электростанций, а также динамики потребления и экспорта основных видов ресурсов**, представлены на рисунках 15–23.

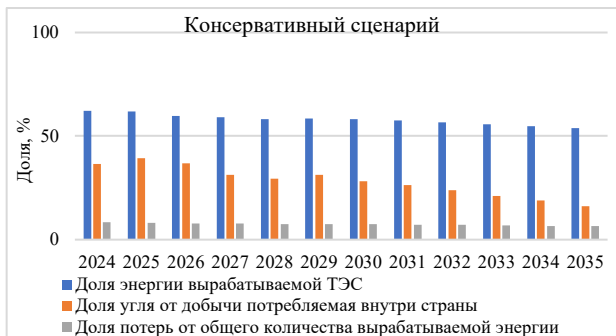


Рисунок 15 – Динамика показателей ТЭС, угольной промышленности, электрических сетей



Рисунок 18 – Динамика аварийности тепловых сетей



Рисунок 21 – Динамика изменения внутреннего потребления нефти и газа

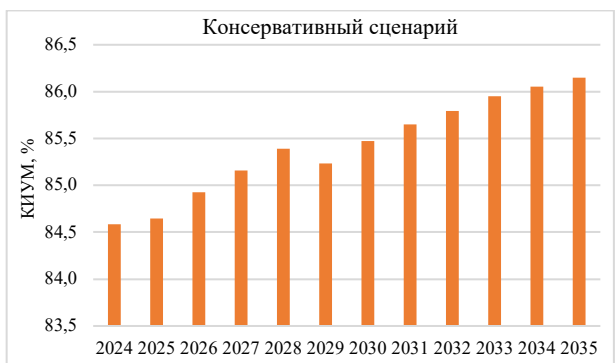


Рисунок 16 – Динамика изменения КИУМ АЭС

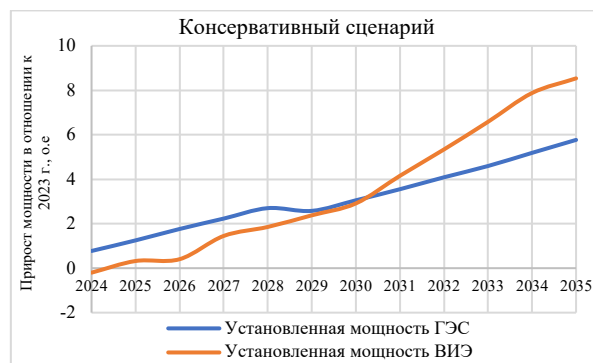


Рисунок 19 – Динамика изменения установленной мощности ВИЭ и ГЭС (доля в о.е. к 2023 году)

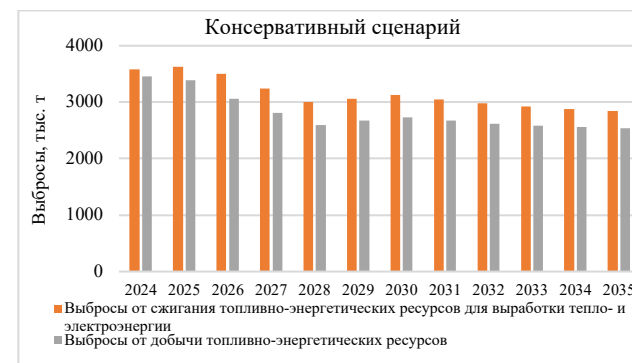


Рисунок 22 – Динамика изменения выбросов от сжигания топливно-энергетических ресурсов

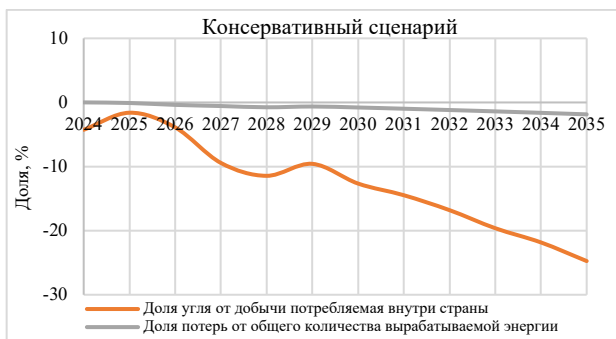


Рисунок 17 – Динамика внутреннего потребления угля (доля в процентах к 2023 году)

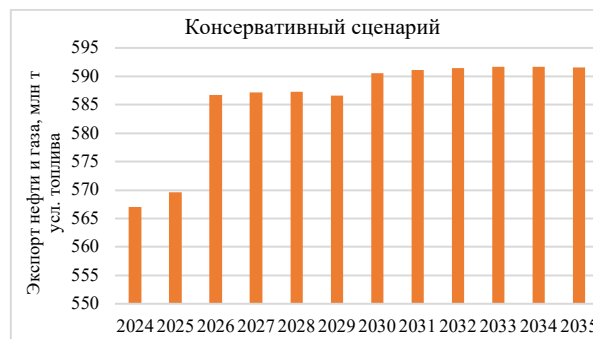


Рисунок 20 – Динамика экспорта нефти и газа

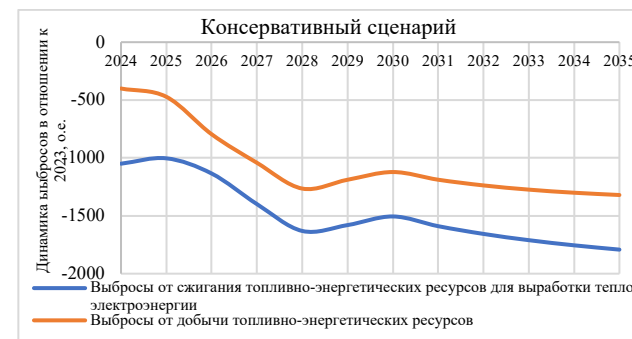


Рисунок 23 – Динамика изменения выбросов от сжигания энергоресурсов (доля в о.е. к 2023 году)

Согласно прогнозу, ожидается смягчение денежно-кредитной политики и поддержка предприятий основных отраслей экономики за счет льготного кредитования. Вследствие санкционных ограничений государством поддерживаются программы по развитию импортозамещения.

Отрасль адаптируется к экстремальному санкционному воздействию за счет налаживания новых рынков сбыта, снижению дисконта на поставку продукции и обеспечению достаточной пропускной способности транспортных коридоров. Наращиваются производственные мощности по строительству балкерного флота для логистических транспортировок. Предполагается увеличение спроса на сырье в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, в частности Китая после отмены ковидных ограничений и восстановления темпов экономики.

Модернизация электро- и теплоэнергетического оборудования осуществляется в требуемом объеме, устойчивая работа энергосистемы не нарушается

Для Арктической зоны РФ предполагается, что реализация большинства стратегий и программ проходит в штатном режиме. Постепенно сглаживаются различия в уровне поддержки субъектов АЗРФ. При этом происходит субсидирование проектов, связанных скорее с СМП, чем с комплексной модернизацией инфраструктуры.

За счет открытия новых рынков сбыта (в страны АТР) суммарный объем перевозок к 2035 г. растет активнее (см. рисунок 24), чем по негативному сценарию (до 137,56 млн т/год). Приращение грузооборота стабильное, но не экстенсивное. Отчасти оно обеспечивается развитием транспорта (рост соотношения количества и мощности ледоколов доходит до 0,0116 шт./МВт) и технологий навигации (период судоходства в итоге составляет 191 сут./год). В сфере речного и морского транспорта постепенно внедряются суда на СПГ (происходит сокращение выбросов до 74,14 млн т CO₂-экв./год). Суммарная добыча для удовлетворения нужд внутренних потребителей и импортеров составляет 1420,17 млн т.у.т./год.

Кратковременное замедление реализации инвестиционных проектов связано с выходом из них зарубежных партнеров. На их место приходят другие акторы, заинтересованные в усилении своей роли в АЗРФ. Однако государство в состоянии сохранять от них надлежащий уровень независимости. Внимание уделяется развитию дорожной сети и технологиям строительства для обеспечения надлежащих условий жизни.

Характерна модернизация региональных энергетических систем, которые, впрочем, не связаны между собой и тем более между странами. Автономность энергообеспечения не «умная»: установленная мощность электростанций в АЗРФ составляет 8709,68 МВт при удельном расходе топлива на электроэнергию в 112,21 г у.т./ кВт·ч. Аналогичный показатель для тепловой энергии равен 0,45 г у.т./Гкал.

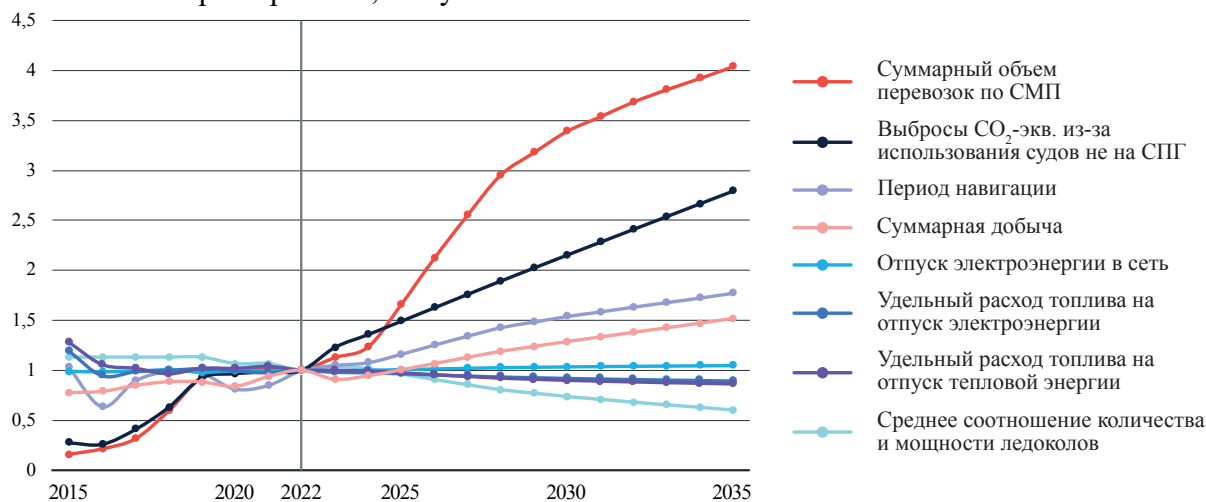


Рисунок 24 – Тренд прогнозных величин по консервативному сценарию до 2035 г.

Для **ТИТЭС** предполагается улучшение текущего уровня надежности и эффективности функционирования изолированных энергосистем наравне с темпами роста общероссийских показателей.

К 2035 году прогнозируется уровень показателей SAIDI в диапазоне от 3,5 до 5,2 (рисунок 25); SAIFI от 1,17 до 1,75 (рисунок 26); потерь от 10 % до 11 %.

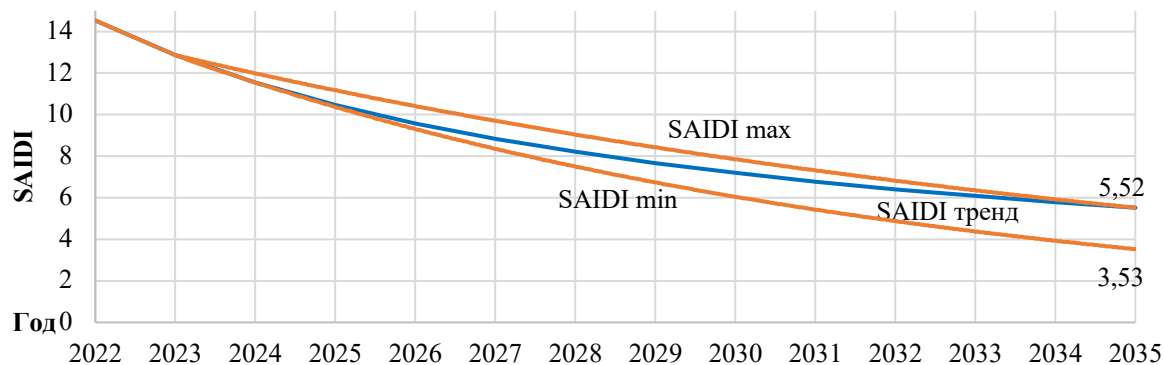


Рисунок 25 – График изменения SAIDI (консервативный сценарий)

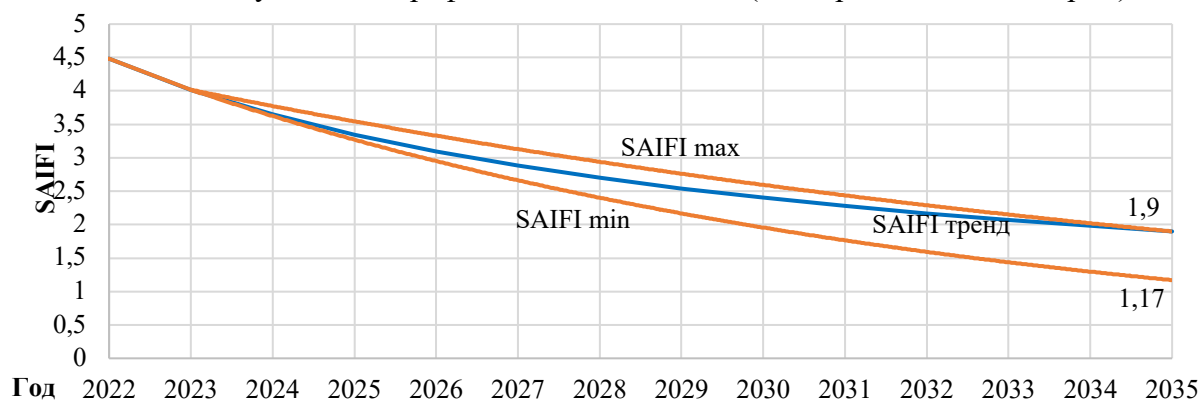


Рисунок 26 – График изменения SAIFI (консервативный сценарий)

Прогнозируется рост стоимости энергоресурсов, становление Азиатско-Тихоокеанского региона ключевым торговым, политическим и экономическим центром мира. По этим причинам Европейским странам потребуется транспортная инфраструктура Северного морского пути, как резервного пути поставок российских энергоресурсов, так и обхода возможной морской блокады Китая в Восточно-Китайском и Южно-Китайском море при конфликте с США.

Социальные процессы будут протекать без изменений. Численность местного населения будет сокращаться ввиду сложных климатических условий и узкого спектра рабочих вакансий (в основном в сфере добычи ископаемых). Основные рабочие места начнут занимать специалисты, работающие вахтовым методом.

В технологическом плане будет произведена перенастройка устройств релейной защиты (далее – РЗ) и противоаварийной автоматики (далее – ПА), введены современные методы технологического управления, повысится наблюдаемость сети, но из-за высокого износа оборудования не удастся вывести рассматриваемые параметры надежности и эффективности на общероссийский уровень.

Государство продолжит субсидирование тарифов с постепенным снижением до уровня 60% от текущего к 2035 году (до 20 млрд руб. по ДВФО), финансирование зон опережающего развития, строительство северного флота, арктической добывающей инфраструктуры и портов, что задаст устойчивый вектор для развития территорий изолированных энергосистем. После объединения объединенной энергетической системы

(далее – ОЭС) Востока на параллельную работу с ЕЭС будут разрабатываться/реализовываться проекты по присоединению изолированных энергетических районов. На данный момент к реализации ближе всего подключение Норильской энергосистемы к ЕЭС и объединение энергосистем Магаданской области и одного из энергетических районов Чукотского автономного округа^{9,10}.

С точки зрения экологии, в след за мировыми тенденциями в части декарбонизации и по причине высоких цен на энергоносители ДЭС во всех изолированных энергосистемах будут заменяться на станции на основе ВИЭ с накопителями или гибридными ВИЭ с резервом в виде дизельной станции. Также будут реализовываться проекты по строительству мини-ГЭС, а в районах с большой долей ГЭС (Магаданская область) будет произведена замена дизельного котельного оборудования на индукционное.

Для технологий **цифровых двойников** прогнозируется:

– Доля отечественных КИП на отечественном рынке составит 30-35%, отечественных PLM- и ИИ- систем составит 90% к 2035 году. Рост доли китайского оборудования свыше 30%;
– 180 программистов и 444 инженера, успешно завершивших образовательные программы связанные с цифровыми двойникам к 2035 году;

– Налоговый маневр для IT-компаний. Сохранение льготной ставки по налогу на прибыль и социальным отчисления, рост налоговых поступлений в бюджет России за счет сохранения высоких темпов роста показателей деятельности компаний (не ниже 10%);

– Льготное кредитование для IT-компаний. Увеличение портфеля одобренных проектов с темпом роста общей суммы на 20 млрд руб. в год, увеличение портфеля на фоне привлекательности льготного кредита в условиях высокой ставки ЦБ.

– Гранты компаниям на внедрение цифровых решений. Сохранение темпов поддержки на уровне 16 млрд руб. в год до 2024 года, продление действия Федеральной программы.

– Разрабатывается минимально необходимая законодательная и нормативно-правовая база для внедрения технологии. Устанавливается структура цифрового двойника, регулируется интеллектуальная собственность, связанная с технологией цифрового двойника.

В рамках консервативного сценария развития **низкоуглеродной генерации электроэнергии** до 2035 года наблюдаются следующие критерии:

– Сокращение стоимости квот на выбросы CO₂ в рамках зеленой повестки (до 80 \$/т CO₂-экв.);

– Сокращение выбросов парниковых газов до 172 млн т CO₂-экв.;

– Баланс угольной энергетики в выработке электроэнергии в РФ сохранится на уровне 16%, суммарная установленная мощность угольной генерации составит 39,95 ГВт и выработка электроэнергии угольной генерацией в размере 173 млрд кВт·ч;

– Умеренный рост инфляции;

– Принятие НПА в части сокращения выбросов (Указ Президента России от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов»).

Для **технологий больших данных и предиктивной аналитики** при наступлении прогнозируемых условий ожидается слабо-благоприятное или незначительное отрицательное влияние на все сферы деятельности. Наибольшие риски влекут за собой СВО на Украине и потенциальные проблемы с кибербезопасностью в период перехода на собственные технологии по работе с данными.

Однако, следует отметить стабилизацию обстановки, свидетельствующую о контроле над ситуацией, и нарастающий потенциал к положительной динамике. Отставание в сфере цифровизации требует внимания в кратчайшие сроки, поскольку является серьезной уязвимостью с постоянно растущими рисками и их возможными последствиями. Прогнозные значения с разделением по областям влияния и факторам приведены в таблице 6.

⁹ <https://chaogov.ru/press-tsentr/novosti-chao/chukotka-obedinila-svoyu-energositemu-s-magadanskoy-oblastyu/>

¹⁰ Минэнерго. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года, с.32

Таблица 6 – Изменение рынка технологий больших данных и предиктивной аналитики под воздействием ключевых факторов в консервативном сценарии

Область влияния/ фактор	Продолжающаяся СВО на Украине	Наличие успешных проектов, рост рынка больших данных	Государственная поддержка подготовки и переподготовки высококвалифицирова нных кадров в части IT и цифры	Успешная программа импортозамещения	Проблемы с кибербезопасностью	Постепенное обновление технологической базы, контроль над рисками для экологии
	<i>геополитический</i>	<i>экономический</i>	<i>социальный</i>	<i>технологический</i>	<i>законодательный</i>	<i>экологический</i>
Спрос	-0,3	3,4	1,5	3,5	-0,7	2,8
Предложение	-0,5	4,0	2,9	5,2	-2,0	2,5
Рынок труда	-2,7	3,0	3,2	2,4	1,0	2,5
Рынок капитала	-3,3	1,8	0,7	2,0	-2,5	1,9
Рыночная среда	-2,5	1,9	1,3	2,1	-2,0	1,6
Среднее	-1,8	2,8	1,9	3,1	-1,2	2,3

3.3. Инновационный сценарий

Для наступления инновационного сценария основными для энергетики условиями являются:

1. Расширение БРИКС до БРИКС+, присоединение Алжира, Ирана и Аргентины на первом этапе, на последующих – рост интереса со стороны стран-кандидатов. Будут созданы совместные проекты в энергетической сфере, направленные на развитие новых разработок.

2. Переориентация на азиатские рынки.

3. Продолжение импортозамещения благодаря стимулированию развития производств отечественного оборудования.

4. Сфера информационных технологий станет одной из наиболее надежных и перспективных отраслей, вырастет поддержка IT-компаний.

5. Ускорение процесса стандартизации решений и средств передачи, и хранения данных.

6. Исполнение стратегий цифровизации.

В инновационном сценарии закладывается постепенное восстановление темпов развития как мировой, так и государственной экономики. Стоимостные объемы экспорта формируются на относительно большем уровне за счет улучшения логистических цепочек экспортных товаров. За счет государственной поддержки в страховании и таможенном регулировании компаниям удастся снизить транспортные издержки. Существенное развитие получают инфраструктурные проекты по строительству железных дорог, балкерного и танкерного флота и терминалов для отгрузки товаров, в том числе за счет инвестиций дружественных государств. Это также имеет влияние на улучшение реализации параллельного импорта.

Восстановление показателей обязано и приросту внутреннего спроса. Ожидается наращивание производственных мощностей основных секторов промышленности и реализация новых бизнес-партнерств. Уровень инфляции незначительно снижается при смягченной в сценарии кредитно-денежной политики и упрощенном кредитовании предприятий. Компании смогут усиленно вкладываться в развитие научно-технической базы в виде нематериальных активов и НИОКР.

Результаты математического моделирования, отражающие параметры различных **видов электростанций, а также динамики потребления и экспорта основных видов ресурсов**, представлены на рисунках 27–35.

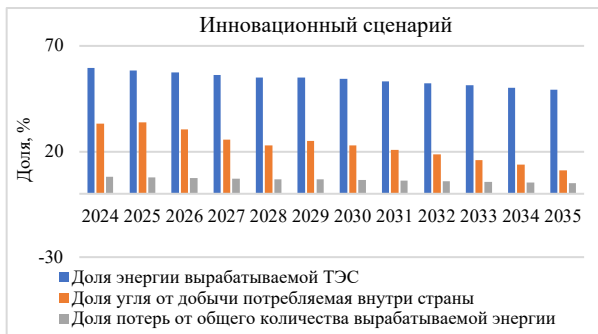


Рисунок 27 – Динамика показателей ТЭС, угольной промышленности, электрических сетей



Рисунок 30 – Динамика аварийности тепловых сетей



Рисунок 33 – Динамика изменения внутреннего потребления нефти и газа



Рисунок 28 – Динамика изменения КИУМ АЭС

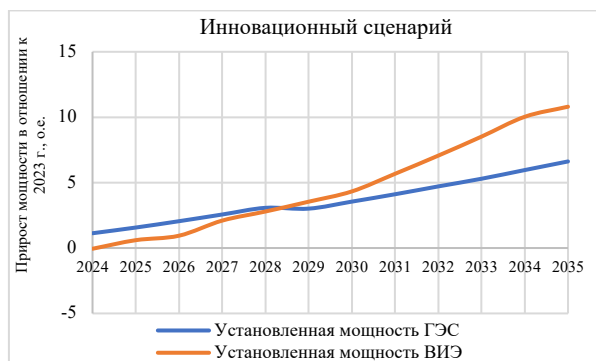


Рисунок 31 – Динамика изменения установленной мощности ВИЭ и ТЭС (доля в о.е. к 2023 году)

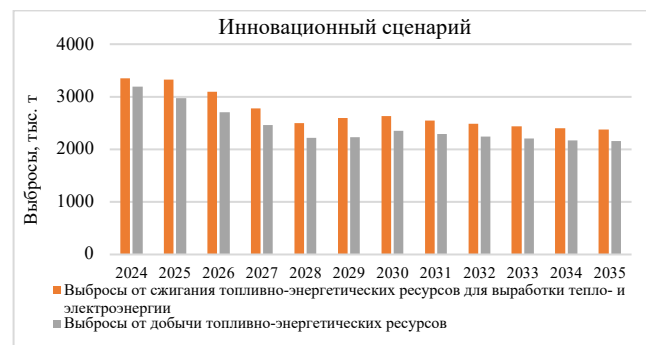


Рисунок 34 – Динамика изменения выбросов от сжигания топливно-энергетических ресурсов

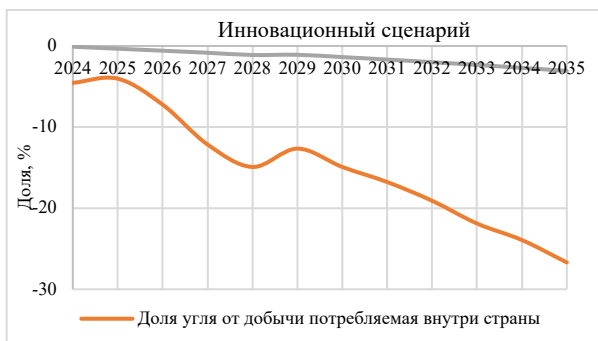


Рисунок 29 – Динамика внутреннего потребления угля (доля в процентах к 2023 году)

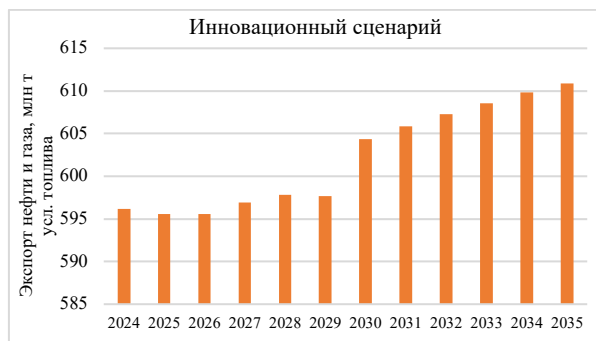


Рисунок 32 – Динамика экспорта нефти и газа

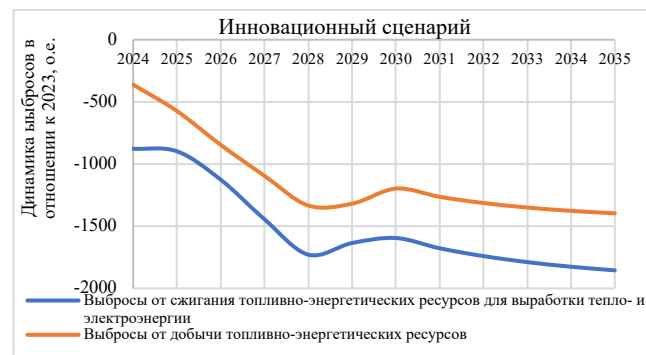


Рисунок 35 – Динамика изменения выбросов от сжигания энергоресурсов (доля в о.е. к 2023 году)

На примере Арктической зоны РФ при инновационном сценарии развития с улучшением влияющих факторов и снижением рисков прогнозные показатели демонстрируют усиление ранее заданного тренда, с более характерными увеличениями и снижениями значений.

В инновационном сценарии развития вследствие улучшения влияющих факторов и снижения рисков наблюдается усиление ранее определенных трендов прогнозируемых показателей с более характерным ростом или снижением значений.

Торговый потенциал страны стимулируется конкуренцией между странами АТР: в частности, Индией и Китаем. Претендуя на первенство в отдельных отраслях, они в значительной степени заинтересованы в развитии перерабатывающих мощностей на территории нашей страны. Из-за крепких позиций на международном рынке сторонняя поддержка не угрожает целостности РФ. Хотя развитие происходит по принципу поддержания разнообразия, а не максимальных объемов продукции, суммарная добыча наращивается до 1432,35 млн т у.т./год. Значимая доля от этих ресурсов идет на внутреннее потребление и производство.

Помимо экспортной деятельности, частично реализуется транзит по СМП. Россия в этом процессе является посредником, обеспечивающим безопасность и стабильность перевозок. Их суммарный объем к 2035 г. достигает 143 млн т/год (см. рисунок 36). В целом, происходит развитие единой транспортной сети и поддерживается межрегиональная производственная кооперация, уходящая вглубь страны. Реализуются программы туризма.

Спектр развиваемых в АЗРФ технологий крайне широк из-за государственной поддержки отраслевых инноваций и проводимой социальной политики. Появляется возможность не только наращивать численность флота (с показателем 0,01 шт./МВт), но и делать это на принципах экологичности (при сокращении выбросов до 74,22 млн т CO₂-экв./год за счет СПГ судов). Вышесказанное оказывает только положительное влияние на продолжительность навигации по СМП: она достигает 194 сут./год.

Прирост добычи и потребления не идет в ущерб инфраструктуре. Ее развитие происходит через поддержку технологий генерации при стремлении к постепенному объединению АЭЖов в энергокольцо. Установленная мощность электростанций в АЗРФ составляет 8735,2 МВт. Удельный расход топлива на отпуск электричества и тепла при этом равняются 111,73 г у.т./кВт·ч и 0,45 г у.т./Гкал, соответственно.

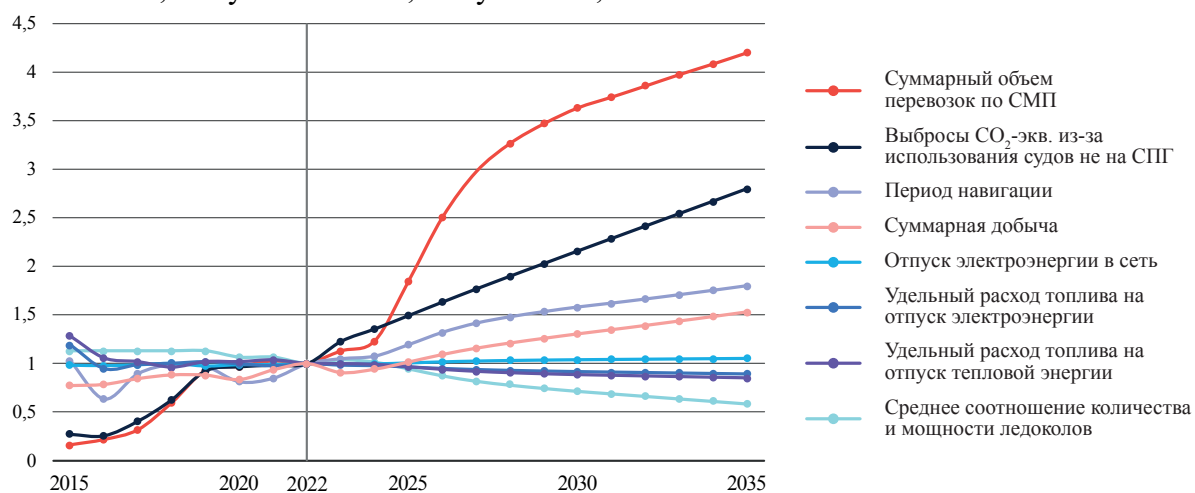


Рисунок 36 – Тренд прогнозных величин по инновационному сценарию до 2035 г.

Для ТИТЭС в инновационном сценарии предполагается кратное улучшение текущего уровня надежности и эффективности функционирования изолированных энергосистем, опережающее общероссийские показатели. К 2035 году прогнозируется уровень показателей SAIDI в диапазоне от 2,23 до 3,5 (рисунок 37); SAIFI от 0,85 до 1,17 (рисунок 38); потерь от 9 % до 10 %. При сверхблагоприятных обстоятельствах показатели могут оказаться ниже.

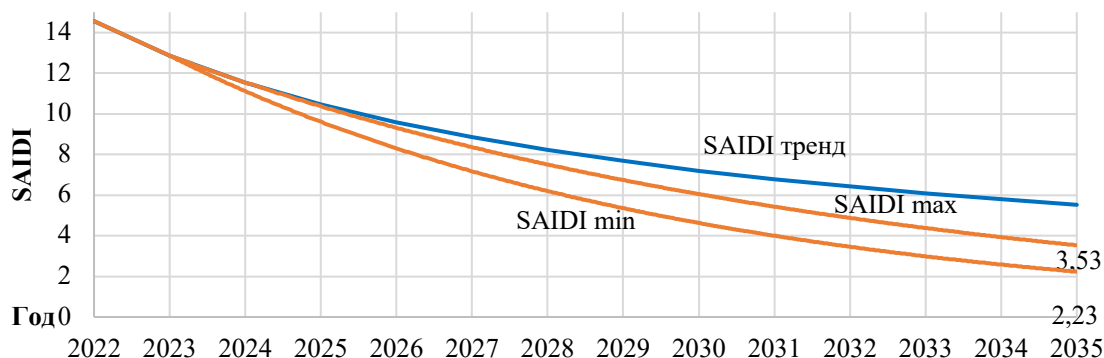


Рисунок 37 – График изменения SAIDI (инновационный сценарий)

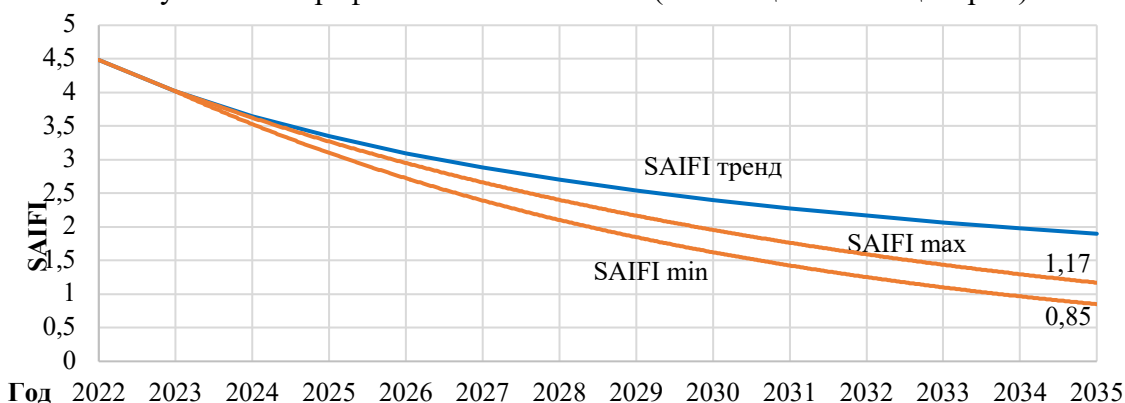


Рисунок 38 – График изменения SAIFI (инновационный сценарий)

Для претворения в жизнь инновационного сценария необходимы существенные экономические и политические стимулы для развития данных регионов, технологические новшества и значительные капиталовложения для замены устаревшего энергетического оборудования. Полная экономическая блокада и закрытые границы со стороны западных стран приведут к необходимости усиленного освоения Дальневосточных регионов и Арктической зоны.

Крупные залежи полезных ископаемых ТИТЭС станут более рентабельными ввиду близости потенциальных покупателей и развития СМП. В след за добывающей отраслью бурное развитие получит транспортная инфраструктура, ее приведет к снижению логистических издержек для производств в ТИТЭС и позволит увеличить объемы поставок продукции для внутреннего рынка.

Политические и экономические стимулы обеспечат существенные капиталовложения для замены устаревшего и изношенного оборудования на современное, выполненное с учетом климатических и географических особенностей регионов. Государство сократит субсидирование тарифов к 2035 году до 10% от уровня 2023 года (до 3 млрд руб. по ДВФО) благодаря улучшению развитию транспортной доступности, использованию местных видов топлива, а высвободившиеся средства будут пущены в дальнейшее развитие энергетики регионов.

Как технологический фактор в долгосрочной перспективе ключевую роль сыграет замена оборудования. В среднесрочной и краткосрочной – перенастройка существующих устройств релейной защиты и автоматики (далее – РЗА), регуляторов скорости, систем возбуждения, приведение схем распределительных устройств (далее – РУ) к типовым, применение современных программных комплексов, внедрение систем дистанционного управления на модернизированных объектах, повышение наблюдаемости сети, грамотная кадровая политика. Широкое развитие получит цифровизация отрасли. Будут разработаны проекты по укрупнению изолированных энергосистем с последующим объединением с ЕЭС.

Для технологий **цифровых двойников** прогнозируется:

– Доля отечественных КИП на отечественном рынке составит 40%, отечественных PLM- и ИИ- систем составит более 90% к 2035 году. Рост доли китайского оборудования свыше 40%;

– 1850 программистов и 4440 инженеров, успешно завершивших образовательные программы связанные с цифровыми двойникам к 2035 году;

– Налоговый маневр для IT-компаний. Сохранение льготной ставки по налогу на прибыль и социальным отчислениям, рост налоговых поступлений в бюджет РФ за счет сохранения высоких темпов роста показателей деятельности компаний (не ниже 15% в год, в 2023 году ожидаемый рост 30%);

– Льготное кредитование для IT-компаний. Увеличение портфеля одобренных проектов с темпом роста общей суммы более 20 млрд руб. в год, увеличение портфеля на фоне привлекательности льготного кредита в условиях высокой ставки ЦБ, увеличение лимита после достижения планового значения кредитного портфеля;

– Гранты компаниям на внедрение цифровых решений. Сохранение темпов поддержки на уровне не ниже 20 млрд руб. в год до 2024 г. продление действия Федеральной программы.

В рамках негативного сценария развития **низкоуглеродной генерации электроэнергии** до 2035 года наблюдаются следующие критерии:

– реализация планов по снижению выбросов;

– стабилизация стоимости квот на выбросы CO₂ (до 30 \$/т CO₂-экв.);

– сокращение инфляции;

– принятие новых НПА в части сокращения выбросов;

– мониторинг выбросов загрязняющих веществ в соответствии с новыми НПА производится для объектов всех категорий (онлайн).

Для **технологий больших данных и предиктивной аналитики** при успешной реализации сценария достигается прорывной успех в области технологий работы с данными и аналитики, совмещенный с активизацией собственных производств вычислительной техники. Вслед за снижением уровня препятствий, повышением уровня защиты от внешних воздействий и созданием благоприятной среды произойдет активное распространение технологий среди отраслей, что в значительной мере повысит технологический уровень, будет создан высокий и устойчивый потенциал развития на ближне-среднесрочную перспективу. Ожидается активное внедрение технологий больших данных и предиктивной аналитики во все сферы жизнедеятельности. Прогнозные значения с разделением по областям влияния и факторам приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Изменение рынка технологий больших данных и предиктивной аналитики под воздействием ключевых факторов в инновационном сценарии

Область влияния/ фактор	Успех СВО, расширение влияния	Рост производства, развитие новых направлений, укрепление экономического суверенитета	Рост качества образования, повышение профессионального уровня сотрудников	Достижение технологического суверенитета, формирование мощной основы для внедрения новых технологий	Снятие нормативных барьеров, поддержка проектов на законодательном уровне со стороны государства	Быстрый переход на инновационные технологии собственного/союзного производства, минимизация экологических рисков
	геополитический	экономический	социальный	технологический	законодательный	экологический
Спрос	3,6	5,7	3,0	5,9	4,4	4,9
Предложение	4,9	7,8	7,3	7,5	6,1	5,1
Рынок труда	5,4	5,4	8,8	2,1	3,0	3,8
Рынок капитала	5,5	5,5	3,0	3,5	4,2	5,0
Рыночная среда	5,0	5,5	4,1	3,1	4,1	4,6
Среднее	4,9	6,0	5,2	4,4	4,4	4,7

3.4. Перечень основных стратегических и тактических условий к внешним и внутренним условиям (рекомендации)

За основу для оценки и формулирования рекомендаций были взяты 3 ключевые проблемы, препятствующие развитию, по мнению большинства организаций: недостаток собственных денежных средств, высокая стоимость нововведений, недостаток финансовой поддержки со стороны государства. Авторами работы также выделены 6 ключевых направлений деятельности, объединяющих в себе группы взаимосвязанных решений:

1. Модернизация технологической базы:

а) выработка мер поддержки спроса на отечественные технологии, поощрение конкуренции – создание основы для собственных разработок, повышения их качества и разнообразия. К 2030 году в России планируется создать не менее 100 центров проектирования электронной, микроэлектронной и радиоэлектронной продукции. На достижение этой цели в 2022–2023 годах выделен один миллиард рублей. Наиболее эффективными векторами деятельности по поддержке станут: помощь в расширении ассортимента и повышении качества товаров, работ и услуг, сохранение традиционных внутренних и расширение внешних рынков сбыта. Рекомендуется организовать собственное производство пользующихся наибольшим спросом технологий на основе первых успешных разработок к 2027 году с последующим увеличением ассортимента и внедрением в большее количество направлений, также требуется уделить внимание себестоимости производства для сохранения возможности последующего экспорта. К 2035 году необходимо обязательно иметь на рынке несколько наименований продукции и технологий каждого вида из числа критичных для энергетики в целях поддержания уровня конкуренции как внутри страны, так и на международных рынках.

б) политика привлечения и удержания капитала – возможность перераспределения государственных средств, формирование стабильной поддержки производства, возможность для инвесторов зарабатывать внутри страны, создание положительного имиджа рынка капитала. Для поддержания темпа развития необходим стабильный нарастающий приток инвестиций, который можно обеспечить в случае, если поддержать развитие новых направлений и спрос на них, мотивировать организации развиваться в этих направлениях. На данный момент в ближайшие 3 года планируют внедрять инновации только 16% предприятий добывающей отрасли, 20,6% – перерабатывающей, 10% – ответственных за обеспечение энергоресурсами, 39,2% – занятых научной деятельностью и разработками. Соответственно, необходимо разработать систему мер, при которой инвестировать в собственные развивающиеся проекты будет выгоднее, чем в иностранные, что также привлечет иностранный капитал из дружественных стран. Наиболее хорошо данное направление покажет себя в комплексе с освоением территорий, формированием новых производств и международными проектами.

в) импортозамещение/переход на унифицированные/стандартизированные отечественные технологии – поддержание спроса, возможность быстрой смены поставщика товаров и услуг, повышение надежности и долговечности оборудования, вывод из эксплуатации устаревающего и потенциально аварийно-опасного оборудования, стабилизация работы производств путем снижения рисков выхода оборудования из строя. Для интенсификации процессов импортозамещения и перехода на отечественные технологии предлагается вовлечение в НИОКР вузов и научно-исследовательских институтов (далее – НИИ), а в разработку пилотных и серийных проектов – технопарки, экспертно-аналитические центры, венчурные фонды и организации, содействующие инновациям. Примерный требуемый объем финансирования на период с 2024 по 2035 год составит 5,2 трлн руб., из которых порядка 80% – средства государства с перспективой снижения доли за счет инвестиций и роста спроса.

г) обмен технологиями с дружественными странами – стимулирование конкуренции, ускорение процессов разработки и внедрения технологий, потенциал для совместных разработок. Рекомендуется заимствование патентов на наилучшие технологии у

дружественных государств, создание международных НИИ в рамках ШОС и БРИКС по вопросам энергетического сотрудничества, совместные разработка и внедрение новых технологий. Примерный требуемый объем финансирования на период с 2024 по 2035 год составит 7,7 трлн руб., из которых порядка 70% – средства государства. Снижение доли государства возможно в случае привлечения к работе над инновациями крупных предприятий, соответственно, в случае роста вовлеченности предприятий в инновационную деятельность с 12% до 20-25% к 2025 году с последующим ростом до 35-45% к 2035 году.

д) развитие системы переработки/повторного использования ресурсов – снижение себестоимости производства, рационализация расхода ресурсов, рост энергоэффективности предприятий, оптимизация производственных цепочек, эффективная утилизация/доработка импортозамещенного оборудования. Уже к 2024 году планируется увеличить долю перерабатываемых отходов с 7% до 36%, а обрабатываемых – с 12% до 60%. Получаемое вторсырье на текущем этапе позволяет снизить себестоимость продукции и вернуть примерно 20% ресурсов обратно в производственный цикл. Рекомендуется развитие технологий переработки в сторону увеличения доли возвращаемых в цикл ресурсов до 30-40%, параллельно следует предусмотреть возможность максимального использования перерабатываемых материалов в производственных циклах в целях сокращения уровня промышленных отходов. Также стоит рассмотреть развитие в сфере переработки в направлении расширения количества вариантов вторичного использования промышленных отходов и количества циклов повторного использования ресурсов. Для интенсификации данных процессов следует наложить обязательства на крупных производителей отходов по их переработке, мотивировать бизнес строить сортировочные и перерабатывающие заводы, организовать систему сбора и доставки отходов к местам переработки, организовать рынок вторсырья/сырья для переработки, вести обучение населения экологической грамотности.

Снижение уровня внешнего влияния:

а) оказание поддержки для уязвимых направлений со стороны государства – продолжение политики снижения доли иностранного (недружественного) капитала (за последний год доля иностранного капитала в банках снизилась с 10,73% до 8,97%), ослабление давления на предприятия с долей такого капитала и выкуп доли участия для перевода под свой контроль, снижение рисков ухода малого и среднего бизнеса с рынков, приход отечественных и дружественных инвесторов на освободившиеся ниши с последующей заменой государственной поддержки на инвестиции и высвобождение ресурсов. По состоянию на сентябрь 2023 года выделено льготных кредитов для предприятий ТЭК в качестве мер по повышению устойчивости экономики в условиях санкций в размере 127,5 млн руб. Рекомендуется продолжить поиск и ограничение в возможностях организаций, имеющих финансирование из недружественных стран, аффилированных с такими организациями. Также необходимо строго ограничить экспорт новых технологий и выезд из страны причастных к разработкам специалистов, в том числе контролировать потенциальный реэкспорт в третьи страны через дружественные страны силами основанных на капитал недружественных стран компаний.

б) создание собственной международной платежно-расчетной системы – снижение зависимости себестоимости и рентабельности производства от колебания курсов валют, формирование благоприятной среды для экспорта энергоресурсов, снижение рисков для капитала, упрощение рыночных отношений и партнерских программ. Создание новой валюты в рамках БРИКС позволит добиться сокращения доли доллара в международных расчетах с 46,5% до 30% и менее к 2028 году, тем самым снизив его уровень влияния на состояние международных рынков. В перспективе развития данной системы в 2030-2035 годах целесообразным будет проработать пересмотр размеров пошлин и налогов на операции в общей валюте в целях мотивации к ее активному использованию и оптимизации потоков товаров, услуг и сырья. Данное решение при стабильной работе системы также позволит привлечь новых участников БРИКС, заинтересованных в надежном экономическом и политическом партнерстве.

в) формирование гибкой системы экспорта/импорта на основе индивидуального подхода/системы тарифов – включение зависимости итоговой стоимости от уровня отношений, надежности, товарооборота между странами и пр. в систему формирования стоимости с периодической переоценкой в формате «базовая стоимость с поправкой на коэффициент». В качестве первоначальной зеркальной меры рекомендуется ввести минимальное значение стоимости, гарантирующее рентабельность работы экспортеров продукции и стабильный доход в бюджет страны. Совместно с модификатором стоимости данное решение позволит более гибко манипулировать стоимостью ресурсов на рынках, сдерживать дружественные и зависимые от нашего экспорта страны от вредоносных решений и нарушений договоренностей, иметь страховку на случай значительного изменения цен на международных рынках. Для повышения лояльности второй стороны договора необходимо проработать модификатор для поощрения за долгосрочное сотрудничество, надежность поставок и закупок, за рост товарооборота, участие в инновациях и совместных проектах и иные благоприятные для экономики факторы.

г) оптимизация системы налогообложения экспортеров – минимизация рисков от стоимости на внешних рынках, сохранение объемов производства и добычи ресурсов, возможность переоценки и вовлечения в разработку ранее нерентабельных месторождений. Добывающая отрасль все еще вносит весомую долю в бюджет государства (46%), что влечет высокие риски при значительном изменении системы налогообложения. На текущий момент экономическая ситуация близка к сценарию Минэкономразвития, разработанному в период инвентаризации запасов 2018 года. По данному сценарию доля нерентабельных запасов будет стремиться к 67% в ближайшие 5-10 лет, начиная с 33% на дату оценки. Рекомендуется актуализация экономической оценки для поиска нижней границы рентабельности, в то же время необходимо ранжировать нерентабельные запасы по уровню требуемых затрат, т.к. необходимо понимать, какую их часть можно вовлечь в разработку на выгодных условиях и с минимальными потерями со стороны государства и недропользователей. Данное решение уже в 2025-2027 годах позволит доработать систему льгот для недропользователей, определить граничные экономические условия для признания определенной части запасов рентабельными, простимулировать работы по разработке мер по снижению себестоимости добычи ресурсов.

Использование территориального потенциала:

а) перенос производств к восточным рынкам – снижение себестоимости добычи энергоносителей, сокращение расходов на транспортировку продукции, возможность внедрения новых решений в момент перезапуска производств. Подразумеваются оптимальное расположение производств – на 5-7 тыс. км ближе к рынкам сбыта, сокращение времени доставки продукции и сырья наземным транспортом – с 5-8 дней до 2-4 дней, формирование кластеров за счет рационального размещения добывающих, обрабатывающих и производящих мощностей ближе к ресурсным базам, рынкам сбыта и транспортным сетям, внедрения собственных современных технологий, создания рабочих мест и благоприятных стартовых условий для бизнеса в восточных регионах. Параллельно следует пересмотреть уровни бюджетной поддержки инноваций ряда регионов, т.к. в большинстве случаев он составляет 0-5%, а в некоторых регионах превышает 60%.

б) создание рабочих мест и привлекательных условий для населения и бизнеса – снижение перенаселения западных регионов, решение демографических проблем востока страны, развитие отечественного бизнеса в условиях менее жесткой конкуренции, высокий потенциал к созданию специализированных региональных структур. При реализации данного комплекса мер к 2035 году следует ожидать роста количества рабочих мест в центральных и арктических регионах до 1,1 млн, при неблагоприятном развитии обстоятельств растет вероятность сокращения численности рабочей силы на 1,9 млн человек уже к 2030 году. Пункт зависим от успешности предыдущего, поскольку ключевыми условиями являются: получение дохода, возможность развития, наличие и доступность инфраструктуры. Соответственно, необходимо будет оперативно обеспечивать (в течение 1-3 лет после начала формирования

кластера/населенного пункта при производстве) наличие системы здравоохранения, образования, достаточного уровня занятости населения, развитой системы услуг, наличие связи, доступного жилья, товаров первой необходимости.

в) формирование развитой транспортной сети – повышение площади охвата, увеличение пропускной способности в обе стороны, оптимизация логистики, разгрузка транспортной сети ряда регионов. Перенос производств и создание в условном регионе новых повлекут рост нагрузки на транспортную сеть минимум в 2 раза – вырастут пассажиропоток, грузопоток, скорость износа транспортной сети, нагрузка на складские площади и системы хранения ресурсов и продукции. В Арктике строительство потребует на 60% больше затрат из-за сложных условий, что в период 5-8 лет способно окупиться за счет сокращения времени между производством и сбытом товаров и услуг, разгрузки транспортной сети других регионов. Высокий потенциал прослеживается на временном отрезке 8-12 лет – развитая транспортная сеть позволит соединить локальные узлы в сложную систему с развитой логистикой, что позволит добиться снижения стоимости на энергоносители и электроэнергию до немного выше среднего по стране уровня (на данный момент стоимость может достигать и 120 руб./кВт·ч при средних для таких регионов 20-35 руб./кВт·ч, в то время как в населенных и развитых регионах стоимость находится в диапазоне 4-8 руб./кВт·ч), снижения расходов на логистику на 40-50%, роста населения и, как следствие, налоговых отчислений в бюджеты.

г) повышение выработки дефицитных ресурсов – вовлечение в разработку новых источников ресурсов, стимулирование производств, формирование новых промышленных и научных центров, ускорение темпов развития за счет высокой доли современных технологий в новых регионах. Как следствие из предыдущего пункта, при достаточном нарастании привлекательности района работ и сопутствующего роста населения откроется возможность расширять производства и оперативно набирать специалистов на появившиеся вакансии. Рекомендуется проведение комплекса геологоразведочных работ и наращивание объемов производства редкоземельных металлов с 2% от мирового уровня (при втором месте в мире по их запасам) до 7-10% к 2035 году, снижение доли импорта йода, плавикового шпата, бентонитов, каолина, бокситов, меди, молибдена, лития с 40-100% до 30-40% с последующим снижением до 10-15%. К 2030 году ожидается дефицит предложения графита в объеме 777 тыс. т, в связи с чем также необходимо развивать партнерство в рамках БРИКС, особенно с Китаем, который производит 61% мирового природного графита и 98% конечного материала для изготовления аккумуляторной продукции. Доля запасов редкоземельных металлов в распоряжении стран БРИКС составляет более 75% мировых, графита – более 85%, что в ближайшие годы способно стать серьезным политическим аргументом.

д) переход/создание условий для автономных систем/кластеров – создание автономных региональных энергосистем с последующим решением проблемы дефицита генерирующих мощностей, снижение стоимости энергоносителей с последующим снижением себестоимости энергозависимого производства, снижение уязвимости к внешним воздействиям, высокое количество мест для реализации специалистов по работе с актуальными современными технологиями. По мере освоения регионов, развития транспортной сети и формирования собственных генерирующих мощностей к 2027 году нужно достичь сокращения объемов завозимого топлива в изолированные энергосистемы на 30%, а к 2035 году – на 70%. Рекомендуется выполнение обозначенных в блоке условий в период 2025-2035 годов, поскольку они являются фундаментальными для создания возможности сложных региональных структур. При успешной работе в данном направлении к 2050 году ожидается образование новых городов с численностью населения 75-750 тыс. человек, в которых будут образованы новые научные и промышленные центры (снизится доля затрат на закупки дорогого оборудования и прочих основных средств со средних 40-60% до 35-45% за счет производства собственными силами, что позволит выделить больше средств на исследования и разработки), будут обеспечены производство необходимых ресурсов и добыча сырья, оптимизируется логистика и уровни нагрузки на транспортные сети.

Работа над кадровым резервом:

а) своевременное включение в программу обучения актуальных инноваций – сохранение ценности и полезности приобретаемых в процессе обучения знаний и навыков, постоянная оценка технологического состояния, постоянная подготовка готовых к работе специалистов. Рекомендуется наращивание количества бюджетных мест в вузах до 20% от общего количества (сейчас 11%, 588 тыс. мест в 2022 году при 6,5 млн студентов, 590 тыс. – в 2023), в качестве приоритетных направлений следует выбрать дефицитные и востребованные с учетом вектора развития в ближайшие 5-10 лет. Необходимо мотивировать сотрудников к инновационной деятельности, на текущий момент доля участия сотрудников составляет: для добывающей промышленности – 0,4%, научных исследований и разработок – 41,1%, производства электрооборудования – 4%, производства электроники – 10,4%.

б) информирование об актуальности/перспективности/престижности ряда специальностей – привлечение кадров на актуальные специальности, своевременное заполнение «кадровых ям», поддержание баланса спроса и предложения на рынке труда, постоянная готовность и возможность развиваться в любом направлении. Необходимо продолжение работ в направлении создания образовательных кластеров. По данным за 2022 год доля нехватки квалифицированных рабочих кадров доходила до 45-55%. На данный момент в рамках направления создан 71 образовательный кластер в 43 регионах, планируется продолжение работ с созданием 70 кластеров в год в течение трех лет, дополнительно планируется выделение по 100 млн руб. на каждый из них для закупки оборудования и разработки образовательных программ. При территориальном распределении кластеров следует учитывать тенденции к освоению ряда регионов и переносу части производств на восточное направление. Количество обучающихся в 2023 в направлении «профессионалитет» составит 350 тыс., в последующем ожидается рост на примерно 20 тыс. в год.

в) создание привлекательных и достойных условий для научной деятельности – наращивание количества собственных разработок, увеличение скорости исследований, привлечение иностранных специалистов, предотвращение эмиграции собственных специалистов и ученых за рубеж. Рекомендуется увеличение доли ВВП на НИОКР с 1% до 3-4%, параллельно с этим планируются работы по созданию передовых инженерных школ. В 2023 году действуют 30 школ, к 2030 планируется создание еще 100 на базе действующих вузов. Объем бюджетных средств до 2030 года составит 90 млрд руб., при этом высокотехнологичные компании также участвуют в данном проекте, объем софинансирования составляет 12,7 млрд руб. Требуется проработка комплекса отраслевых задач и их распределение по школам с учетом специфики местных производств и ожидаемых реалий 2030-2035 годов.

г) развитие связей между производствами и вузами, в том числе международного уровня – обучение на производстве, обучение у преподавателей-производственников с возможностью передачи опыта, рост доли реальной практики в учебном процессе, гарантия трудоустройства для лучших, что способствует поддержанию конкуренции и личному росту каждого. Рост количества иностранных студентов относительно 2021 года составил 8,4% (351 тыс. чел.). Следует наращивать долю участия иностранных специалистов в разработках и образовании, совместных исследованиях и проектах, приоритет отдавать коллегам по БРИКС. Для сокращения доли расходов государства рекомендуется привлечение предприятий к программам создания бюджетных мест с формированием целевых позиций для молодых специалистов. На текущий момент высокая доля целевых позиций наблюдается в сфере авиа, гидро и ж.д. транспорта, медицины, необходимо увеличение доли таких направлений как энергетика, группа специальностей ТЭК и МСК, безопасность, группа конструкторско-технологических и высокотехнологичных направлений. Дополнительно предлагается привлечение научных сотрудников к решению актуальных технологических проблем/разработке новых решений, проведение сравнения различных образцов в равных лабораторных условиях/на полигонах, что положительно скажется на росте качества продукции и разрабатываемых технологий и решений.

д) поддержка молодых специалистов (работающих по специальности) – сокращение разницы между количеством подготовленных специалистов и принятых на работу, снижение текучки кадров, постепенный рост среднего профессионального уровня, мотивация к развитию в новых регионах и смежных своей специализации направлениях. На текущий момент только около 70% выпускников устраиваются работать по специальности, основные причины - высокая конкуренция, малая доходность, низкая перспективность карьерного роста. Стоит рассмотреть расширение производств и создание новых рабочих мест в рамках ухода от импортозависимости, включение обязательств по приему определенного количества молодых специалистов на работу, поощрение от государства за стаж в отрасли при работе по специальности, программу льгот на случай участия в программах освоения новых регионов и инновационной деятельности. На сегодняшний день 85% компаний ТЭК реализуют мероприятия по поддержке молодых работников и специалистов. По итогам 2022 года число таких компаний возросло до 80% от имеющихся 12%, участвующих в инновационной деятельности.

е) разработка программ дополнительного образования с учетом современных тенденций (актуализации знаний) – возможность передачи опыта молодым специалистам, поддержание конкурентоспособности сотрудников «прошлого поколения», сокращение времени на поиск и подбор кадров для работы с инновациями. Ведутся работы по цифровизации вузов и созданию образовательных платформ с актуальными учебными программами. Планируемый уровень цифровизации вузов в 2024 году составит 60%, охват программ обучения платформой – 50%. К 2030 году показатели составят 100% и 80%, соответственно. Рекомендуется формирование отраслевых экспертных групп по вопросам квалификации сотрудников, обучению новым технологиям, участия в образовательном процессе, составления методической и учебной литературы. Также необходимо повышение уровня образованности участвующих в развитии отрасли сотрудников (по наличию высшего образования): в добывающей промышленности он составляет 38,2% от числа работников, в производстве электроники – 47,9%, производстве электрооборудования – 35,9%, в научных исследованиях и разработке – 68,5%.

Развитие информационных технологий:

а) формирование единой нормативно-правовой базы – разработка единых терминологии, требований и условий в целях упрощения последующих работ по разработке и внедрению программных продуктов. В настоящий момент уже приняты 26 федеральных законов и 8 нормативно-правовых актов, к 2024 году планируется утверждение еще 15. Рекомендуется завершение работ до 2025 года с последующим созданием специализированных подразделений/органов на базе Минцифры (или иных заинтересованных госструктур) в целях разгрузки и рационального распределения задач. Для сокращения затрат времени стоит привлечь к процессу представителей со стороны разработчиков ПО и отраслей, в которых планируется внедрение продукции и услуг.

б) разработка и внедрение единого/совместимого ПО в отрасли, поддержка его разработчиков – переход на собственные продукты и разработки, развитие конкуренции, снижение рисков в области безопасности, облегчение процессов сбора и передачи данных среди предприятий отрасли. В условиях санкций и изоляционной политики резко вырос спрос на ПО (до 10 раз), при этом около 15% на данный момент не имеет отечественных аналогов. Рекомендуется продолжение работ по переходу на собственные разработки в сфере ИТ, стимулирование доступности их для потребителей (включая переход). В ближайшей перспективе ожидается активное вовлечение направления в инновационный процесс – с 12% предприятий до 27%. Уже к 2025 году доходы от реализации отечественного ПО могут вырасти до 190 млрд рублей. Возможно, потребуются расширение границ периода льготного налогообложения с 2024 года на период перестраивания под единую нормативно-правовую базу, т.е. до 2025-2027 годов.

в) подбор и привлечение надежных поставщиков ИТ-решений и технологий – ускорение процессов разработки и внедрения технологий за счет использования готовых

решений, мотивация отечественных разработчиков, поддержание конкурентной среды, сокращение рисков возникновения производственных потерь по причине прекращения поддержки ПО недружественных стран. Из имеющихся 2180 продуктов, аналогичных замещаемым, только 196 соответствуют западным более чем на 70%, 1423 – на 40-70%, 561 – менее 40%. Прослеживается острая необходимость разработки и внедрения ПО, способного обеспечить выполнение требуемых функций. Для реализации необходимо активизировать, помимо разработки, процессы поиска новых поставщиков в таких странах как Индия (около 75% мирового ИТ рынка по численным показателям) и Китай (лидер по темпам роста финансирования ИТ технологий).

г) переход к цифровым системам хранения информации – формирование единых систем хранения с возможностью быстрого доступа к информации и возможностью быстрого внесения/актуализации данных, сокращение объемов бумажной документации, ускорение документооборота, появление новых возможностей для работы с данными. Прежде всего, необходимо увеличение спроса на переход к цифровым системам, на данный момент только 30% предприятий готовы к переходу. В то же время государственные органы уже активно переходят на унифицированные системы, ведут оцифровку данных, большая часть работы планируется к завершению уже до 2025 года. Для поддержания положительной динамики развития системы информационно-коммуникационных технологий требуется увеличение финансирования до 0,4-0,5% с текущих 0,2-0,3%. Необходимо также учитывать, что одним из ключевых условий функционирования системы хранения данных и работы с ней является наличие стабильного канала связи с достаточной пропускной способностью, соответственно, требуется доработка системы коммуникаций.

д) усиление мер безопасности – проведение отраслевых учений по кибербезопасности, запуск программ багбаунти, создание центров по мониторингу и противодействию киберугрозам, минимизация рисков стороннего вмешательства в производственные процессы, рисков потери/кражи данных, повышение скорости реагирования на угрозы, снижение уровня киберпреступности, повышение надежности систем работы с данными. По данным на 2022 год количество кибератак за апрель-июнь 2022 года составило 12,7 тыс. инцидентов, наибольшее количество пришлось на ИТ предприятия и государственные органы. Рекомендуются наращивание численности сотрудников, работающих в сфере информационной безопасности (далее – ИБ), разработку новых алгоритмов шифрования и специализированного ПО. Уже к 2026 году ожидается рост рынка решений для ИБ до 469 млрд руб. (с 186 млрд руб. в 2021 году). Рекомендуются дальнейшее сокращение уровня доступа (планируется в 3 раза до 2026 года) зарубежных компаний из недружественных стран к данным организаций, ограничение их в возможностях работы с данными – на текущий момент порядка 80% организаций ТЭК уязвимы для кибератак по причине использования иностранной компонентной базы в электроэнергетическом оборудовании.

е) анализ данных и прогнозирование событий – итог работы в направлении, заключающийся в создании системы предиктивной аналитики, позволяющей повысить точность прогнозирования, своевременно планировать профилактические работы, предугадывать аварии, контролировать спрос на ресурсы и финансовые потоки, значительно ускорить принятие решений. Рекомендуются продолжение работ в вышеназванных направлениях для формирования основы работы с данными, на данный момент в работе проект «Искусственный интеллект» с уровнем финансирования до 2024 года в объеме 29,2 млрд руб. При достижении оптимального уровня в 2025-2027 годах станет возможным масштабирование пилотных проектов по работе с данными передовых предприятий в сфере ТЭК и МСК.

Совершенствование энергетической политики:

а) поддержка выгодных и привлекательных условий для недропользователей – рост доли рентабельно извлекаемых запасов, стабилизация уровня добычи энергоносителей, снижение рисков для капитала с потенциалом к внедрению серьезных инноваций,

стимулирование к поиску новых технологических решений. По сравнению с 2021 г. прирост запасов жидких углеводородов незначительно снизился (на 2,3%), тогда как по газу падение оказалось более чем 2-кратным (в 2,3 раза). Прирост запасов нефти и конденсата составил не менее 600 млн т. Прирост запасов природного газа – 675 млрд м³. В 2023 году ожидается, что приросты будут такие: нефти и конденсата на уровне почти 600 млн т, газа – 675 млрд м³. Государство вложит в геологоразведку углеводородов 12 млрд руб., компании-недропользователи – 390 миллиардов. Рекомендуются пересмотреть систему налогообложения для мелких и средних месторождений по запасам- посредствам предоставления льгот при получении отрицательного результата геологоразведочных работ. А также проработать систему поощрения за превышение проектного показателя коэффициента извлечения запасов сырья.

б) переквалификация энергосистемы с переходом на более дешевую энергию и переводом более дорогой энергии в резервную – оптимизация системы выработки энергии, снижение расхода энергоресурсов, рост доступности энергии для населения, снижение себестоимости энергоемких производств. Рекомендуются разработка комплекса мероприятий по снижению энергоемкости экономики в 1,3-1,5 раз к 2035 году, что соответствует государственной программе по снижению в 1,5 раза к 2035 году. Необходимы решения по повышению рентабельности производства, повышению КПД систем генерации, сокращению энергопотерь, более эффективному использованию энергоресурсов, снижению стоимости электроэнергии и оптимизации систем доставки электроэнергии и энергоресурсов до потребителей.

в) расширение энергосистем, в том числе в децентрализованных регионах, повышение стабильности их работы – рост доступности энергии для населения и бизнеса, увеличение площади охвата, создание возможностей для освоения новых регионов. К 2035 году ожидается ускорение темпов электрификации основных сфер потребления электрической энергии на 30-35%. Для повышения эффективности и стабильности работы энергосистем необходим комплекс работ – оценка технического состояния оборудования, анализ основных причин возникновения аварий и сбоев, организация комплекса профилактических мероприятий, оптимизация режимов работы, внедрение системы предиктивной аналитики для повышения точности прогнозирования. Требуется добиться снижения количества аварий на 10-15% к 2028 году, примерно до 3750 случаев в год. Это позволит сократить долю потерь от общего количества вырабатываемой энергии с 8,4% до 6-7%.

г) взаимодействие с другими странами в сфере энергетики – развитие сотрудничества, привлечение новых технологий в области энергетики, проведение международных отраслевых форумов, обмен опытом с иностранными специалистами, возможность экспорта собственных технологий и решений. Идет активный процесс налаживания связей с африканскими странами в нефтегазовой отрасли, ведутся работы по организации совместных добывающих производств и предприятий атомной энергетики в странах Азии. Рекомендуются проработка решений, позволяющих удешевить процессы генерации энергии и добычи ресурсов, что повлечет снижение количества нерентабельных запасов с 60% до 40% и ниже, увеличив тем самым уровень обеспеченности.

д) формирование внутреннего спроса на СПГ – поддержание производства, снижение расходов на топливо, улучшение экологической обстановки, увеличение времени на поиск наиболее выгодных рынков сбыта. При продолжении мер поддержки по переходу на газовое топливо следует ожидать стабилизации цен внутри страны (при ощутимом успехе по снижению себестоимости – плавного снижения), роста объемов производства СПГ к 2035 году в 2,5-3 раза, как следствие, уже к 2030 году в экономику будет проинвестировано дополнительно 150 млрд руб. При выходе и поддержании заявленной производственной мощности следует ожидать рост ВВП порядка 1,5%.

е) совершенствование технологий переработки сырья – возможность сократить объемы добычи сырья, повысив уровень обеспеченности ресурсами, рост ценности

собственных энергоносителей, укрепление позиций на внешнем рынке, рост скорости восполнения потребляемого топлива. По базовому сценарию, который реализует Минэнерго РФ – к 2030 году планируется увеличить объемы потребления газомоторного газа до 8,092 млрд м³, а к 2035 до 12,466 млрд м³. К 2035 году число газонаполнительных компрессионных станций увеличится с 1012 до 1998 штук, КриоАЗС с 39 до 175 штук. Для реализации данного сценария государству необходимо увеличить финансирование до 40 млрд руб.

ж) разведка и освоение шельфа – вовлечение в разработку значительного количества запасов, внедрение и освоение новых технологий извлечения запасов, стимулирование отечественных производителей технологий и решений, занятие лидирующих позиций по освоению Арктики. На фоне сокращения добычи необходимости активной разработки шельфовых месторождений нет, рекомендуется проведение работ по поиску месторождений, разработке и испытанию технологий для арктических условий, поиску вариантов снижения себестоимости добычи ресурсов в данных регионах. Перспективно совмещение работ с освоением регионов, что позволит разделить расходы на инфраструктуру и подготовку кадров и ускорить процессы подготовки.

Заключение

Ввиду сложности и комплексности работы, а также широкого охвата смежных с темой работы областей командой экспертов была детально проработана оценка на основе базового сценария. Эффекты для негативного и позитивного сценариев предлагается рассматривать с позиции отклонения на $\pm 20\%$ от базового сценария. Например, для негативного сценария – на 20% увеличение затрат, увеличение сроков выполнения работ на 1-3 года, достижение целевых показателей на 80%. Соответственно, для позитивного – сокращение расхода средств на 20% от планового значения, опережение плановых сроков выполнения работ на 1-3 года, досрочное достижение плановых показателей и последующее их перевыполнение на 20%. Вероятность наступления негативного сценария в настоящий момент достаточно мала, о чем свидетельствует устойчивая положительная динамика экономических показателей, что говорит о полном контроле над ситуацией. В то же время вероятность наступления позитивного сценария будет напрямую зависеть от успешности проработки уже начатых и предлагаемых по итогам проделанной работы рекомендаций.

Команда выделила из каждого блока по одному наиболее весомому фактору, которые являются основополагающими для дальнейшего развития:

1) Импортзамещение/переход на унифицированные/стандартизированные отечественные технологии – необходимость замены решений и технологий, поставщики которых ушли с отечественного рынка; предотвращение массовых негативных последствий общего устаревания технологической базы; упрощение эксплуатации внедряемых решений и технологии путем их унификации и взаимозаменяемости.

2) Создание собственной международной платежно-расчетной системы – защита внутренних рынков от внешнего воздействия, сокращение финансовой зависимости от недружественных стран.

3) Перенос производств к восточным рынкам – оптимальное размещение производств относительно основных потребителей; укрепление позиций на рынках АТР.

4) Развитие связей между производствами и вузами, в том числе международного уровня – ускорение подготовки квалифицированных кадров, готовых к работе в новых условиях; рост степени вовлечения научных организаций в решение задач и проблем производства.

5) Разработка и внедрение единого/совместимого ПО в отрасли, поддержка его разработчиков – обеспечение стабильности и безопасности работы зависимых от используемого ПО отраслей; ускорение темпов цифровизации производства, создание базы для внедрения систем работы с данными.

6) Поддержка выгодных и привлекательных условий для недропользователей – содействие процессам освоения малоизученных регионов; увеличение количества запасов дефицитных минеральных ресурсов и вовлечение их в разработку; сокращение импортозависимости.

Список литературы

1. Атлас смертности и экономических потерь в результате экстремальных метеорологических, климатических и гидрологических явлений (1970—2019 гг.). [Электронный ресурс]: URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10990 (дата обращения: 13.08.2023).
2. Булат А.Ф., Волошин А.И., Кудинов П.И. Технология плазменной подготовки пылеугольного топлива. Институт геотехнической механики, НАНУ. Труды III российской национальной конференции по теплообмену, г. Москва, январь 2002, с. 5.
3. Бурдуков А.П., Попов В.И., Фалеев В.А. Использование механоактивированных углей микропомола в энергетике. Ползуновский вестник №1, 2010, с. 96.
4. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. [Электронный ресурс]: URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE/%D0%BE%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C_web.pdf (дата обращения: 28.06.2023).
5. Глобальная энергетика возвращается к угольной генерации. Режим [Электронный ресурс]: URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/04/26/919731-globalnaya-energetika-vozvrashaetsya-k-ugolnoi-generatsii> (дата обращения: 14.05.2023).
6. Долинский А.А., Халатов А.А. Водоугольное топливо: перспективы использования в теплоэнергетике и жилищно-коммунальном секторе. Коммунальная и промышленная теплоэнергетика, 2007, т.29, №5, с.73.
7. Информационно-аналитический бюллетень Honeywell International Inc., June 2018. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.techplus.com.br/downloads/Control-Performance-Monitor-Brochure.pdf> (дата обращения: 12.06.2023).
8. Информационный бюллетень компании «Clyde Bergemann» [Электронный ресурс]: URL: <http://bergemann.ru/> (дата обращения: 14.02.2023).
9. Информационный бюллетень компании «Magaldi» [Электронный ресурс]: URL: <https://www.magaldi.com/en> (дата обращения: 12.02.2023).
10. Комплексный план мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики России. [Электронный ресурс]: URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/3723842eac0fb0c0e7a789f2b8996ecb/plan_meropriyatiy.pdf. (дата обращения: 28.05.2023).
12. КОТЭС Инжиниринг. Плазменный (безмазутный) розжиг пылеугольных котлов [Электронный ресурс]: URL: <https://www.cotes.ru/napravleniya-deyatelnosti/povishenie-effectivnosti-i-nadegnosti/bezmazutnyj-rozzhig-pyleugolnyx-kotlov/> (дата обращения: 14.03.2023).
13. Крейнин Е.В. Техничко-экономические перспективы подземной газификации угля // ГИАБ. 2009. №5. [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehniko-ekonomicheskie-perspektivy-podzemnoy-gazifikatsii-uglya> (дата обращения: 10.06.2023).
15. Малков И.С. Энергетика как фактор декарбонизации в природопользовании Алтайского края//Конференция Ломоносов [Электронный ресурс]: URL: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2017/data/10833/uid145028_report.pdf (дата обращения: 03.02.2023).
16. Мировые запасы природных ресурсов: на сколько лет Земле хватит полезных ископаемых? [Электронный ресурс]: URL: <https://lindeal.com/trends/mirovye-zapasy-prirodnikh-resurov-na-skolko-let-zemle-khvatit-poleznykh-iskopaemykh> (дата обращения: 21.05.2023).
17. Мочальников С.В. О развитии технологий в условиях внешних санкций/ портал «Энергетика и промышленность России». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2022/5562198.htm>. (дата обращения: 01.03.2023).
18. Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Пер. с англ. Москва, 2019. с. 112.
19. Оповещение о наступлении НМУ в 2022 году на территории города Красноярск [Электронный ресурс]: URL: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/ecology/Pages/nmu2022.aspx> (дата обращения: 14.04.2023).
21. Официальный сайт компании «Climeworks» [Электронный ресурс]: URL: <https://www.climeworks.com/> (дата обращения: 23.04.2023).
22. Официальный сайт компании «KEPCO» [Электронный ресурс]: URL: <https://home.kepco.co.kr/kepco/EN/main.do> (дата обращения: 13.02.2023).
23. Официальный сайт компании «YEROSTIGAZ» [Электронный ресурс]: URL: <https://yerostigaz.uz/ru/> (дата обращения: 16.03.2023).
25. Охрана окружающей среды в России. 2022. [Электронный ресурс]: URL:

https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ochрана_okruj_sredi_2022.pdf. (дата обращения: 15.06.2023).

26. Перспективы когенерации [Электронный ресурс]: URL: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/16709.pdf> (дата обращения: 14.04.2023).

27. Постановление от 06.05.2023 года №709. [Электронный ресурс]: URL: <http://government.ru/news/48442/> (дата обращения: 05.05.2023).

28. Пресс-релиз МГЭИК 2022/08/PR от 28.02.2022 г. [Электронный ресурс]: URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/press/IPCC_AR6_WGII_PressRelease-Russian.pdf. (дата обращения: 17.06.2023).

29. Пресс-релиз МГЭИК 2022/15/PR от 04.04.2022 года. [Электронный ресурс]: URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2022/04/IPCC_AR6_WGIII_PressRelease_Russian.pdf. (дата обращения: 10.04.2023).

30. Пресс-релиз межправительственной группы экспертов по изменению климата 2021/17/PR от 09.08.2021 г. [Электронный ресурс]: URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/press/IPCC_AR6_SYR_PressRelease_ru.pdf (дата обращения: 21.06.2023).

32. Проблемы минерально-сырьевой базы экономического развития. [Электронный ресурс]: URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/82595/1/sueb_2020_014.pdf (дата обращения: 19.06.2023).

33. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года. [Электронный ресурс]: URL: <http://static.government.ru/media/files/OoKX6PriWgDz4CNNAxwIYZEE6zm6I52S.pdf> (дата обращения: 02.04.2023).

34. РБК тренды. [Электронный ресурс]: URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/612fb0159a7947e2e9ff17a7> (дата обращения: 27.06.2023).

35. Россия ищет новые маршруты экспорта угля. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.forbes.ru/biznes/489249-rossia-iset-novye-marsruty-eksporta-ugla-podhodit-li-dla-etogo-severnyj-morskoj-put> (дата обращения: 12.05.2023).

36. Стратегия низкоуглеродного развития России: Возможности и выгоды замещения ископаемого топлива «зелеными» источниками энергии. — М.: ТЕИС, 2016.

37. Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI века/А.М. Белогорьев, В.В. Бушуев, А.И. Громов, Н.К. Куричев, А.М. Мастепанов. Под ред. В.В. Бушуева. — М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2011. — 68 с. [Электронный ресурс]: URL: <https://istina.msu.ru/download/51890445/1fU1tW:wcbSg36j6eByci1uyxHl1SUF7CA/>. (дата обращения: 13.03.2023).

38. Тренды развития угольной отрасли в условиях внешних шоков. [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trendy-razvitiya-ugolnoy-otrasli-v-usloviyah-vneshnih-shokov/viewer>. (дата обращения: 02.04.2023).

39. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]: URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ochрана_okruj_sredi_2022.pdf (дата обращения: 01.06.2023).

40. Чернова О.А. Стрессовые факторы устойчивого развития угольной промышленности России // Journal of applied economic research. 2022. Т. 22. № 1. С. 49-78. [Электронный ресурс]: URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/122386/1/jaer_2022_21_1_004.pdf. (дата обращения: 12.04.2023).

41. Четвертый энергопереход: риски и вызовы для России [Электронный ресурс]: URL: <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2021/01/31/856101-chetvertii-energoperehod> (дата обращения: 02.02.2023).

43. Экономические проблемы эффективности когенерации. [Электронный ресурс]: URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/11/84643> (дата обращения: 03.04.2023).

44. Denis Y.C. Leung – An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114005450?via%3Dihub> (дата обращения: 29.05.2023).

45. Robert C. Carr. Fabric Filter Technology for Coal-Fired Power Plants. Electric Power Research Institute Palo Alto, California. Journal of the Air Pollution Control Association. Published [Электронный ресурс]: URL: <https://www.sci-hub.ru/10.1080/00022470.1984.10465739> (дата обращения: 13.02.2023).

46. Skoltech. Технологии улавливания, полезного использования и хранения двуокиси углерода. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.skoltech.ru/app/data/uploads/2022/11/CCUS-Skoltech-2022-11-10.pdf> (дата обращения: 11.06.2023).

47. Tracking progress to a safe climate [Электронный ресурс]: URL: <https://globalwarmingindex.org/> (дата обращения: 08.06.2023).