

УДК 620.9

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОДДЕРЖКЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ ТЭК

Ткачев П.П., Старший диспетчер, Центр мониторинга качества ресурсов

Шкурат Д.С., Ведущий специалист, Управление развития активов

Лаврова О.Е., Начальник отдела, Управление развития активов

Султанбекова Т.А., Ведущий инженер, Пермские тепловые сети

Зубенина Н.С., Ведущий инженер, Пермские тепловые сети

Публичное акционерное общество «Т Плюс»

г. Москва

### Аннотация:

В статье представлены результаты комплексного исследования, направленного на выработку эффективных подходов к поддержке инновационного развития отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России на горизонте до 2050 года. На основе анализа текущего состояния ТЭК, характеризующегося высоким износом основных фондов (64,43%), технологической зависимостью (65%) и структурным кадровым дефицитом, разработана многоэтапная методика сценарного прогнозирования. Проведены SWOT- и PESTEL-анализы, выявлены ключевые риски и возможности в контексте глобальных энергетических трендов. В рамках сценарного анализа детально описаны три варианта развития: инновационный, консервативный и негативный. Для каждого сценария даны прогнозы ключевых параметров (уровень цифровизации, доля ВИЭ, КПД оборудования) и сформулированы адресные рекомендации для органов государственной власти и компаний отрасли. Особое внимание уделено мерам по достижению технологического суверенитета, цифровой трансформации и развитию низкоуглеродной генерации. Реализация предложенных мер в рамках инновационного сценария позволит обеспечить глобальную конкурентоспособность российского ТЭК и выполнение стратегических целей энергетического развития.

**Ключевые слова:** ТЭК, инновации, сценарное прогнозирование, энергетическая стратегия, цифровизация, возобновляемые источники энергии, водородная энергетика, технологический суверенитет

## 1. Выбор темы исследования

### 1.1. Обоснование актуальности выбранной темы

Современный этап развития мировой энергетики характеризуется усилением глобальной конкуренции, ускорением энергетического перехода и ужесточением климатической повестки. В этих условиях инновационное развитие становится не просто одним из факторов роста, а ключевым условием выживания и сохранения конкурентоспособности национальных топливно-энергетических комплексов. Актуальность темы для России обусловлена наличием глубоких системных вызовов, требующих незамедлительного решения.

Анализ данных Росстата, Минэнерго России и отраслевой отчетности за период 2018–2024 гг. выявил тревожную динамику. Уровень износа оборудования и сетей в ТЭК вырос с 56% до 64%, а в таких подотраслях, как угольная промышленность, достигает 70%. Показатель потерь в сетях и на основном оборудовании увеличился со 151 тыс. т.у.т. до 168 тыс. т.у.т. При этом средний КПД основного оборудования остался на крайне низком уровне, показав незначительный рост лишь с 46,8% до 48%, что существенно ниже показателей технологически развитых стран.

Наиболее остро стоит проблема кадрового обеспечения. Заполняемость бюджетных мест по профильным для ТЭК инженерным специальностям в ВУЗах и ССУЗах сократилась с 72% до 48%. Одновременно с этим показатель дефицита квалифицированных специалистов на предприятиях отрасли увеличился с 10% до 22%. Низкая доля внедренных инновационных решений (менее 15% при объемном портфеле НИОКР) и сохраняющаяся зависимость от импорта критического оборудования (газовые турбины, системы автоматизации, высокотехнологичные компоненты ВИЭ) усугубляют ситуацию, создавая риски для энергетической безопасности страны [11, 15].

Таким образом, российский ТЭК сталкивается с комплексным вызовом, требующим не отдельных точечных мер, а формирования целостной национальной инновационной системы и выработка эффективных, системных подходов к ее поддержке.

### 1.2. Описание методики построения прогноза по выбранной теме до 2050 года

Для построения надежной прогнозной модели развития ТЭК до 2050 года была разработана и применена многоэтапная методика, объединяющая аналитические и экспертные подходы. Методика включает семь последовательных этапов.

**Этап 1.** Базовые положения исследования. Определены объект (ТЭК России), цель (формирование вероятностных сценариев инновационного развития), горизонт планирования (2025–2050 гг.) и ключевые задачи, включая анализ технологий и оценку инвестиционной привлекательности.

**Этап 2.** Конкурентный анализ технологических решений. Проведено изучение наилучших доступных технологий (НДТ), успешных международных практик и опыта ведущих компаний отрасли.

**Этап 3.** Сценарное моделирование. Разработаны и детализированы три альтернативных сценария развития с комплексным анализом влияющих факторов: внешних (макроэкономические, регуляторные) и внутренних (отраслевые, технологические).

**Этап 4.** Оценка и минимизация рисков. Выявлены ключевые угрозы для каждого сценария, разработаны механизмы снижения негативных последствий, проанализирована устойчивость прогнозных моделей.

**Этап 5.** Оценка эффективности. Выполнен расчет показателей эффективности инноваций и анализ полученных результатов.

**Этап 6.** Экспертная оценка и корректировка. В период с 7 апреля по 20 июня 2025 года проведено многоуровневое анкетирование, в котором участвовали свыше 500 ученых из университетов, представителей энергокомпаний и госструктур. Сценарии были уточнены с учетом технологической реализуемости, ресурсных ограничений и потенциальных рисков.

**Этап 7.** Формирование рекомендаций. Разработана дорожная карта внедрения, определены контрольные точки для мониторинга и предложены механизмы мониторинга.

Основными преимуществами данного подхода являются комплексность, гибкость и научная обоснованность, достигаемая за счет сочетания аналитических методов с экспертными оценками [6].

### 1.3. Перечень и характеристика сценариев развития

В рамках исследования разработаны три сценария инновационного развития отраслей ТЭК, учитывающих комбинации факторов, сгруппированных в четыре блока: экономические, технологические, институциональные и международные.

Негативный (пессимистический) сценарий предполагает сохранение неблагоприятных внешнеэкономических условий и низкую институциональную активность. Темпы роста ВВП России – ниже 1,0% в год, инвестиции в НИОКР не превышают 0,3% от ВВП, доступ к зарубежным технологиям ограничен, поддержка инноваций носит дискретный характер. Технологическое обновление происходит медленно (менее 5% в год), основной риск – технологическая стагнация.

Консервативный (базовый) сценарий предполагает сохранение существующих тенденций. Темпы роста ВВП – 1,5–2,0% в год, инвестиции в НИОКР – 0,4–0,6% от ВВП. Внедрение инноваций происходит точечно в конкурентных сегментах, сохраняются действующие меры поддержки. Среднегодовой темп внедрения инноваций составляет 5–8%.

Инновационный (позитивный) сценарий предусматривает формирование согласованной инновационной экосистемы и технологический прорыв. Темпы роста ВВП – более 2,5% в год, инвестиции в НИОКР – более 1,0% от ВВП. Происходит расширение участия России в международных технологических альянсах (БРИКС, ЕАЭС), массовое внедрение распределенной генерации и систем накопления энергии. Темп внедрения инноваций превышает 10% в год.

Для наглядности характеристики факторов сведены в табл. 1.

Табл. 1. Факторы, учитываемые при построении прогноза

№ п/п	Наименование фактора	Негативный сценарий	Консервативный сценарий	Позитивный сценарий
1	Среднегодовой темп внедрения инноваций, %	<5	5-8	>10
2	Снижение выбросов углекислого газа, % в год	0	1,0	2,5
3	Прирост энергоэффективности, % в год	<0,5	1,5	3-4
4	Среднегодовой темп роста ВВП России, %	<1	1,5-2	>2,5
5	Уровень инвестиций в НИОК, % от ВВП	<0,3	0,4-0,6	>1,0
6	Доступ к международным технологиям	Ограничен	Частично ограничен	Расширен
7	Координация инновационной политики	Фрагментарная	Существующая, слабо интегрирована	Скоординированная, многоуровневая

#### **1.4. Проведение SWOT и PESTEL анализов развития сценария по выбранной теме**

Для комплексной оценки текущего состояния и внешней среды проведены SWOT- и PESTEL-анализы.

SWOT-анализ выявил ключевой парадокс российского ТЭК: сочетание глобальной ресурсной значимости (4-е место в генерации электроэнергии, крупнейшая ЦТС, стратегические запасы углеводородов) с критическими уязвимостями.

**Сильные стороны:** Значительный ресурсный потенциал; развитая инфраструктура ТЭК; государственная поддержка инноваций (Энергостратегия-2050); научно-технический потенциал; глобальная интеграция (переориентация на Азию).

**Слабые стороны:** Высокий износ оборудования (в среднем 64%); ограниченная цифровизация (глубокая цифровизация – 15% от потенциала); зависимость от экспорта сырья; дефицит кадров (заполняемость учебных мест 48%); высокая энергоемкость ВВП (на 40% выше мировых аналогов).

**Возможности:** Развитие ВИЭ и водородной энергетики; цифровая трансформация (AI, цифровые двойники); расширение географии экспорта; подготовка кадров; повышение энергоэффективности.

**Угрозы:** Международная конкуренция (СПГ США/Катара); санкционные ограничения; волатильность цен на энергоносители; международные климатические требования (СВАМ ЕС); кибератаки (рост на 120% с 2022 г.).

PESTEL-анализ позволил оценить влияние макросреды. Проведенный анализ показал, что в России сформирован базовый комплекс инструментов поддержки инноваций в ТЭК – от стратегических документов (Энергетическая стратегия РФ до 2050 года) до специализированных механизмов (СПИК 2.0, ДПМ ВИЭ 2.0). Однако действующие меры функционируют фрагментарно и недостаточно интегрированы в единую цепочку «НИОКР – опытно-промышленные испытания – серийное производство – экспорт». Санкции, экспортная зависимость и киберугрозы создают системные барьеры, потенциально снижая конкурентоспособность на 15–20% к 2030 году [11, 12].

#### **1.5. Иные варианты анализа сценария развития будущего и отдельных факторов по выбранной теме**

Помимо классических методов анализа, для оценки перспективных направлений развития ТЭК применялась расширенная методология BRL (Technology Readiness Level, Business Readiness Level, Regulatory Readiness Level, Social Readiness Level), которая оценивает готовность технологий по пяти интегральным критериям. Это позволяет определить «узкие места» не только в технологической, но и в коммерческой, регуляторной и социальной плоскостях, что особенно актуально для таких прорывных направлений, как водородная энергетика и системы улавливания углерода (CCS).

Для преодоления фрагментарности инновационной политики предлагается институциональное решение – создание Национального центра инноваций ТЭК. Такой центр, обладая более широким функционалом по сравнению с существующими институтами развития, мог бы консолидировать усилия по проведению фундаментальных и прикладных исследований, разработке методик стратегического планирования для всех уровней (объектный, региональный, отраслевой), реализации пилотных проектов и подготовке квалифицированных кадров, выступая связующим звеном между государством, бизнесом и наукой. Его создание позволило бы решить проблему мультисубъектности и полисферности при реализации крупных энергетических проектов.

## 2. Тенденции развития будущего по теме исследования

### 2.1. Общая характеристика и описание прогнозируемых тенденций развития энергетики

Современная мировая энергетика переживает масштабные трансформации, обусловленные геополитическими сдвигами, последствиями кризисов и глубокими изменениями в глобальной экономике. Прогнозируемые тенденции развития энергетики до 2050 года обусловлены сочетанием макроэкономических, технологических, экологических и социально-политических факторов. Наблюдается рост волатильности энергетических рынков, вызванный как рыночными шоками, так и односторонними климатическими инициативами. Одновременно происходит снижение инвестиций в традиционные отрасли ТЭК, несмотря на сохраняющийся рост глобального спроса на энергию, что создаёт риск дефицита предложения. Ускоренное развитие «зелёной» энергетики в технологически развитых странах все чаще используется как инструмент политического давления.

Исходя из текущих процессов и стратегических ориентиров Энергетической стратегии России до 2050 года, можно выделить следующие ключевые тенденции [11, 17]:

- Сохранение глобального спроса на традиционные энергоресурсы в среднесрочной перспективе на фоне роста спроса в Азии, что создает «окно возможностей» для российской нефти и газа.
- Углубление международной кооперации с дружественными странами и региональное перераспределение рынков, требующее значительных инвестиций в инфраструктуру (СМП, «Сила Сибири-2»).
- Неуклонный рост значимости экологических и климатических требований в формировании экспортной политики и доступа к рынкам, что делает декарбонизацию не выбором, а необходимостью.
- Ускоренное технологическое развитие, особенно в сфере атомной (АСММ, замкнутый цикл), водородной и цифровой энергетики (AI, IoT, блокчейн).
- Постепенный, но неизбежный отход от экспортно-сырьевой модели в пользу перерабатывающей и высокотехнологичной, с акцентом на экспорт продуктов с высокой добавленной стоимостью (водород, СПГ, энергетические услуги).
- Цифровизация, автоматизация и развитие человеческого капитала как основы устойчивого развития отрасли, что требует коренной перестройки системы подготовки кадров.

Таким образом, энергетика будущего – это не только вопрос технологий, но и результат сложного взаимодействия политических, экономических, климатических и социальных факторов, что требует от России гибкой и адаптивной стратегии.

### 2.2. Исследование внешних (общемировых) факторов и тенденций

Энергетическая отрасль в России и мире развивается под воздействием комплекса внешних факторов. Ключевые глобальные тенденции, влияющие на развитие ТЭК:

- **Декарбонизация и переход к низкоуглеродной энергетике.** Глобальная ориентация на декарбонизацию, обусловленная Парижским соглашением, формирует устойчивый рост спроса на ВИЭ. По данным МЭА, в 2024 году доля ВИЭ в глобальном производстве электроэнергии достигла 30% [21]. Однако углеводороды сохраняют более 50% мирового энергобаланса, а природный газ укрепляет позиции как переходное топливо, особенно в форме СПГ, спрос на который продолжает расти преимущественно за счет Азии. В России это отражается в проектах «Арктик СПГ-2» и развитии водородной энергетики.

- Увеличение потребности в электроэнергии и цифровизация.** Рост глобального потребления электроэнергии, вызванный развитием AI, дата-центров и электрификации транспорта. По прогнозам BloombergNEF, мировой спрос на электроэнергию вырастет на 75% к 2050 году [22]. Это стимулирует развитие технологий хранения энергии (литий-ионные батареи, проточные аккумуляторы) и интеллектуальных сетей, что актуально для России в свете задачи цифровизации сетей и развития распределенной генерации.

- Геополитические факторы.** Санкционные ограничения и трансформация цепочек поставок существенно влияют на энергетический рынок. Россия переориентировала экспорт углеводородов на Китай и Индию, что увеличило потребность в инфраструктуре (например, расширение «Силы Сибири»). Одновременно нарастает конкуренция на рынке СПГ со стороны США и Катара, что требует от российских проектов инноваций в логистике и технологиях сжижения для сохранения конкурентоспособности.

### 2.3. Тенденции технологического развития отраслей экономики России по теме

Наблюдается устойчивая взаимосвязь прогресса в ТЭК со смежными секторами экономики, что создает мультипликативный эффект от инвестиций в инновации:

- IT-сектор:** Развитие систем на основе AI и машинного обучения для прогнозной аналитики, оптимизации режимов работы и предотвращения аварий. Создание отечественных ERP-систем и платформ для управления активами ТЭК.

- Машиностроение:** Создание высокотехнологичного оборудования для ВИЭ (ветрогенераторы, солнечные панели), водородной энергетики (электролизеры) и освоения арктических территорий (спецтехника, оборудование для шельфовой добычи).

- ЖКХ:** Внедрение интеллектуальных систем учета, платформ на базе интернета, вещей для мониторинга сетей, цифровых двойников, направленных на повышение качества и надежности энергоснабжения потребителей.

- Агропромышленный комплекс:** Использование ВИЭ для энергоснабжения удаленных территорий и утилизация органических отходов с получением энергии и удобрений, что способствует развитию биоэнергетики.

- Транспорт и логистика:** Развитие электрического транспорта и инфраструктуры для него, а также оптимизация логистических цепочек поставки топлива с использованием AI.

### 2.4. Тенденции развития энергетической отрасли в России по теме

Основные внутренние тенденции развития российской энергетики до 2050 года:

- Развитие ВИЭ и атомной генерации.** Доля ВИЭ может вырасти до 12-15% к 2050 году. Атомная энергетика развивается в направлении АСММ (плавучие АЭС, наземные АСММ) и замкнутых ядерных циклов, что усиливает позиции «Росатома» на глобальном рынке.

- Цифровизация и внедрение интеллектуальных систем.** Фокус на внедрении AI, цифровых двойников и систем предиктивной аналитики для управления активами, оптимизации режимов работы и предотвращения аварий. Ключевой барьер – дефицит специалистов по цифровым технологиям.

- Модернизация инфраструктуры и повышение энергоэффективности.** Ключевая задача – снижение износа (до 50% к 2050 г.) и повышение КПД оборудования (внедрение ПГУ с КПД >60%). Государственные меры включают контракты на поставку мощности, но требуют оптимизации налогового регулирования.

- Развитие водородной энергетики.** Создание экспортно-ориентированной отрасли с фокусом на производство «зеленого» (на базе ВИЭ) и атомного водорода. Основные проблемы – санкции, зависимость от иностранных технологий и низкий внутренний спрос.

- Распределенная генерация и энергосервисные модели.** Рост доли малой генерации в новых мощностях до 30-40%. Развитие данного направления сдерживается высокой стоимостью накопителей и отсутствием стандартов.

- Импортонезависимость и технологический суверенитет.** Ускоренная локализация производства критического оборудования (газовые турбины, системы автоматизации) и разработка отечественных аналогов, стимулируемая санкционным давлением.

## 2.5. Риски развития экономики и энергетики в России по выбранной теме

Выделены ключевые риски, препятствующие инновационному развитию:

- Технологические:** Зависимость от иностранных технологий (65%), отсутствие собственных аналогов в высокотехнологичных сегментах (например, микроэлектроника для систем управления, катализаторы), уязвимость к кибератакам в условиях цифровизации.

- Экономические и финансовые:** Снижение инвестиционной привлекательности из-за высокой капиталоемкости, неопределенности окупаемости и регуляторных рисков; высокая стоимость капитала из-за санкций; зависимость бюджета от нефтегазовых доходов.

- Внешнеполитические:** Волатильность цен на энергоносители; санкционное давление, ограничивающее доступ к технологиям и финансам; ужесточение конкурентной борьбы на внешних рынках; рост логистических издержек из-за разворота на восточные рынки; трансграничное углеродное регулирование (СВАМ).

- Внутренние институциональные:** Бюрократические барьеры и долгие сроки согласования проектов; износ генерирующих мощностей и сетевой инфраструктуры; дефицит квалифицированных кадров; недостаточная координация между бизнесом, наукой и государством; разрыв между научными разработками и их коммерциализацией.

- Экологические:** Высокий углеродный след (1,8 млрд. т CO<sub>2</sub>-экв. в 2024 г.); международное репутационное давление; риски, связанные с новыми технологиями (утечки при захоронении CO<sub>2</sub>, производстве водорода).

## 2.6. Не менее 3-х (трех) кейсов отдельных организаций отрасли

Проанализированы успешные кейсы внедрения инновационных технологий, иллюстрирующие потенциал и направления развития.

**Кейс 1. ПАО «НК «Роснефть»** – установка локального регулирования давления нагнетательных скважин. Разработана инженерным центром «РН-Пурнефтегаз». Установка управляет объёмами закачки для поддержания пластового давления, может подключаться к нескольким скважинам и обслуживаться без остановки закачки. Результат: экономия электроэнергии 1,2 млн кВт\*ч/год на скважине, экономический эффект ~12 млн руб./год. Проект демонстрирует потенциал оптимизации добычи за счет собственных разработок [6].

**Кейс 2. ГК «РусГидро»** – внедрение систем бережливого производства (5S, карты потока создания ценности, диаграмма «спагетти»). Методы позволяют оптимизировать процессы проведения работ и увеличить рационально используемые производственные площади. Результат: сокращение продолжительности реконструкции гидроагрегата на 18% (с 330 до 270 дней), сокращение среднего ремонта ГТУ с 54 до 45 дней, увеличение выпуска металлоконструкций на 13%. Опыт демонстрирует целесообразность тиражирования практик бережливого производства в ТЭК [10].

**Кейс 3. ГК «Росатом»** – плавучая атомная теплоэлектростанция «Академик Ломоносов». Единственная в мире ПАТЭС, расположенная в Певеке. Имеет два энергоблока с реакторами КЛТ-40С мощностью 70 МВт и 50 Гкал/ч. Результат: выработка >900 млн кВт\*ч, сокращение поставок угля в 4 раза (с 75 тыс. т до 17,5 тыс. т), снижение выбросов ~390 тыс. т

CO<sub>2</sub>, создание новых рабочих мест. Проект открывает возможности для энергоснабжения удаленных регионов и развития арктических проектов [2].

## **2.7. Формирование перечня основных стратегических и тактических условий**

Сформированы стратегические и тактические условия для 9 типов обстановки (социальная, политическая, административная, экономическая, экологическая, технологическая, коммерческая, рыночная, правовая). Ключевые стратегические условия: экономическая устойчивость, технологический суверенитет, долгосрочная энергетическая стратегия, развитие ВИЭ и атомной энергетики. Ключевые тактические условия: инфраструктурная поддержка, создание "регуляторных песочниц", налоговые льготы, подготовка кадров.

## **3. Сценарный анализ**

### **3.1. Подробное описание каждого из разработанных сценариев развития будущего энергетики по выбранной теме**

#### **3.1.1. Инновационный / Позитивный сценарий**

Данный сценарий предполагает формирование в России целостной национальной инновационной системы в ТЭК, основанной на принципах государственно-частного партнерства и активной интеграции в глобальные технологические цепочки на условиях суверенитета.

Оценка сценарных внешних и внутренних факторов: Макроэкономическая стабильность (рост ВВП >2,5%), расширенный доступ к технологиям через стратегические альянсы со странами БРИКС, ЕАЭС, скоординированная и предсказуемая государственная политика, высокий уровень инвестиций в НИОКР (>1% ВВП), формирование технологических альянсов и экспортно-ориентированных технологических платформ. Цифровизация становится центральным элементом отраслевого развития.

#### **Прогноз ключевых параметров развития отрасли:**

- **Уровень глубокой цифровизации:** рост до 68% к 2050 году, массовое внедрение AI и цифровых двойников.
- **Доля ВИЭ в энергобалансе:** рост до 12-15% к 2050 году, с перспективой до 20% за счет гибридных систем и развития накопителей.
- **Средний КПД генерирующего оборудования:** значительный рост за счет массового внедрения ПГУ (КПД >60%) и вывода из эксплуатации устаревших ТЭС.
- **Технологическая зависимость:** снижение до 20-30% за счет локализации производства критического оборудования (турбины >100 МВт, системы автоматизации).
- **Снижение аварийности:** на 40% к 2035 году за счет повсеместного внедрения предиктивного анализа и цифровых двойников.
- **Снижение энергоемкости ВВП:** на 40% к 2050 году.

Рекомендации по формированию государственной энергетической политики: Создание Национального центра инноваций ТЭК как ключевого координатора; увеличение финансирования НИОКР до 2% ВВП к 2030 году с фокусом на водород, CCS и AI; запуск федеральной программы «Водородные долины» с экспортной ориентацией на АТР; внедрение «зеленых» тарифов и выпуск климатических облигаций; формирование «регуляторных песочниц» для тестирования AI и цифровых двойников к 2027 году; разработка отраслевых стандартов для водородной энергетики и виртуальных электростанций.

Рекомендации по формированию политики компаний отрасли: Активное инвестирование в корпоративные венчурные фонды и стартапы; внедрение стандарта «Умный завод» с цифровыми двойниками как обязательного элемента новых производств; развитие собственных компетенций в области водородной энергетики, CCS и энергоаудита; переход на дуальную модель подготовки кадров в тесном партнерстве с ВУЗами и ССУЗами; формирование отраслевых консорциумов для совместной разработки и локализации критических технологий.

### **3.1.2. Консервативный / Базовый сценарий**

Сценарий предполагает сохранение существующих тенденций и инструментов политики без кардинальных системных изменений.

Оценка сценарных внешних и внутренних факторов: Умеренные темпы роста ВВП (1,5-2,0%), частично ограниченный доступ к технологиям, сохранение действующих мер поддержки (СПИК 2.0, ДПМ ВИЭ), фрагментарная координация между ведомствами. Развитие кооперации с производителями из Китая, Индии, Ирана, ограниченный трансфер технологий.

#### **Прогноз ключевых параметров развития отрасли:**

- **Уровень глубокой цифровизации:** рост до 50% к 2030 году, внедрение происходит в основном в крупных компаниях.
- **Доля ВИЭ:** умеренный рост в рамках госпрограмм (до 12 ГВт к 2050 году), основа генерации – газовые и угольные ТЭС.
- **Средний КПД ТЭС:** повышение до 48% к 2030 году за счет модернизации до средних параметров и роста доли ПГУ.
- **Технологическая зависимость:** снижение до 30-40% за счет локализации отдельных производств (турбины малой/средней мощности).
- **Энергоемкость ВВП:** снижение на 1-1,5% в год.

Рекомендации по формированию государственной энергетической политики: Ускорение цифровой трансформации через внедрение отечественных ERP-систем; расширение мер СПИК 2.0 (требование локализации 70% для критического оборудования); развитие дуального образования и создание центров компетенций; введение «зеленых» тарифов для проектов с низкой углеродоемкостью; оптимизация налогового регулирования для стимулирования модернизации.

Рекомендации по формированию политики компаний отрасли: Внедрение предиктивного обслуживания на ключевых активах; оптимизация генерации через замену наиболее устаревших агрегатов и внедрение когенерации; активное участие в отраслевых консорциумах; фокус на операционной эффективности и снижении издержек; развитие партнерств с китайскими и индийскими компаниями для получения технологий.

### **3.1.3. Негативный / Пессимистичный сценарий**

Сценарий предполагает сохранение неблагоприятных условий, низкой институциональной активности и усиление системных кризисов.

Оценка сценарных внешних и внутренних факторов: Низкие темпы роста ВВП (<1,0%), ограниченный доступ к технологиям, фрагментарная и неустойчивая поддержка инноваций, дефицит инвестиций, сохранение санкционного давления, утечка квалифицированных кадров, усиление киберугроз.

#### **Прогноз ключевых параметров развития отрасли:**

- **Уровень глубокой цифровизации:** сохраняется на уровне ~15%, усиливается зависимость от импорта ПО.
- **Доля ВИЭ:** незначительный рост, инвестиционные риски ограничивают развитие.
- **Износ оборудования:** сохраняется на высоком уровне (60% и выше), растут потери в сетях.
- **Технологическая зависимость:** сохраняется на уровне 65% и выше.

- **КПД оборудования:** снижается из-за старения инфраструктуры и преобладания устаревших ТЭС.
- **Энергопотребление:** растет из-за увеличения доли трудноизвлекаемых ресурсов и высоких потерь.

Рекомендации по формированию государственной энергетической политики: Срочная программа модернизации инфраструктуры с приоритетом на цифровые решения (IoT-датчики, предиктивная аналитика); создание фонда технологического обновления с налоговыми льготами; перезапуск отраслевого образования с гарантией трудоустройства; упрощение регуляторных процедур для энергокомпаний; создание отраслевого CERT-центра для противодействия киберугрозам.

Рекомендации по формированию политики компаний отрасли: Фокус на операционной эффективности и минимизации издержек; внедрение доступных энергосберегающих технологий; разработка планов по минимизации рисков, включая кибербезопасность и кадровый голод; консервация наиболее перспективных инновационных проектов до улучшения конъюнктуры.

#### 4. Заключение

Проведенное комплексное исследование позволило не только констатировать наличие системных вызовов, стоящих перед российским ТЭК, но и выработать детальную дорожную карту по их преодолению. Ключевой вывод заключается в том, что преодоление структурных проблем – критического износа основных фондов (64,43%), устойчивой технологической зависимости (65%) и структурного кадрового дефицита (заполненность учебных мест 48%) – невозможно без формирования целостной национальной инновационной системы. Эта система должна быть основана на принципах тесной межсекторальной координации, долгосрочного стратегического планирования и создания взаимодополняющих мер поддержки, сфокусированных на ключевых точках роста.

Анализ сценарных условий позволил выделить четыре критические точки входа инноваций с четкой привязкой к целевым горизонтам планирования, реализация которых позволит перевести отрасль на траекторию опережающего развития:

**Цифровая трансформация и кибербезопасность.** Данное направление является инфраструктурной основой для всех остальных преобразований. Ключевыми мерами должны стать: создание «регуляторных песочниц» для апробации технологий искусственного интеллекта и цифровых двойников к 2027 году; развертывание ИИ-платформ на 100% критических объектов ТЭК; разработка и внедрение единой национальной ERP-системы на базе отечественного ПО. Это позволит к 2030 году сократить потери в сетях на 5-7%, а аварийность – на 10-15%.

**Технологический суверенитет.** Преодоление импортозависимости требует не просто локализации сборки, а создания полных инновационно-производственных цепочек. Необходимо достижение уровня локализации производства критического оборудования в 42% к 2030 году и 70% к 2040 году. Это требует увеличения финансирования НИОКР до 2% ВВП, создания сети инжиниринговых центров мирового уровня и формирования технологических альянсов с партнерами по БРИКС+.

**Развитие низкоуглеродной генерации.** Это направление является стратегическим ответом на глобальный энергопереход. Целевыми ориентирами являются: формирование не менее 3–5 производственных кластеров ВИЭ к 2035 году с полным циклом (от производства компонентов до сервиса); запуск федеральной программы «Водородные долины» с ориентацией на экспорт в АТР; внедрение технологий CCS на 5-7 крупнейших ТЭС к 2035 году. Это позволит не только снизить углеродный след, но и создать новые экспортные отрасли.

**Кадровое обеспечение.** Без решения кадрового вопроса все технологические инициативы обречены на провал. Необходим полный переход на дуальную модель образования в профильных специальностях ТЭК к 2030 году, создание Национальной академии «Энерджинет» для подготовки специалистов по новым технологиям, а также введение системы грантов и стипендий для привлечения талантливой молодежи.

В рамках инновационного сценария определены следующие ключевые показатели результативности (КРП) с численным описанием, которые должны быть взяты за основу при формировании государственных программ:

**Рост производительности труда в ТЭК:** +35% к 2040 году (относительно уровня 2025 года).

**Доля экспорта высокотехнологичных решений и услуг ТЭК:** ≥15% в общем экспорте продукции ТЭК к 2035 году.

**Снижение аварийности в электросетевом комплексе:** -40% к 2035 году (по индексу SAIDI).

**Снижение энергоемкости ВВП:** на 40% к 2050 году.

**Доля ВИЭ в энергобалансе:** 12-15% к 2050 году.

**Снижение технологической зависимости:** до 20-30% к 2050 году.

Реализация инновационного сценария требует беспрецедентного уровня координации усилий государства, бизнеса и научно-образовательных учреждений. Ключевую координирующую роль должен выполнять Национальный центр инноваций ТЭК, наделенный соответствующими полномочиями и ресурсами. Государство должно обеспечить формирование стабильной и благоприятной регуляторной среды, долгосрочных налоговых и финансовых стимулов для частных инвестиций в НИОКР, а также создать механизмы страхования технологических рисков. Бизнес-сообщество призвано выступать основным драйвером внедрения прорывных технологических решений и формирования устойчивого спроса на инновационную продукцию через механизмы промышленного партнерства и корпоративных венчурных фондов. Образовательные и научные учреждения должны осуществить глубокую перестройку образовательных программ под перспективные потребности ТЭК, обеспечить подготовку кадров необходимой квалификации и развернуть фундаментальные исследования по перспективным направлениям энергетики.

Таким образом, стратегия для России должна быть направлена на создание стимулирующей регуляторной среды, предоставление долгосрочных налоговых и финансовых стимулов, а также на активное продвижение российских технологических решений на глобальных рынках, в первую очередь в рамках партнерства со странами БРИКС, ЕАЭС и ШОС. Только через консолидацию ресурсов, синхронизацию действий всех заинтересованных сторон и последовательную реализацию намеченных планов возможно достижение стратегических целей энергетического развития, обеспечение глобальной конкурентоспособности российского ТЭК и укрепление позиций России как одного из лидеров мировой энергетики к 2050 году.

### Список литературы

1. Анализ развития энергетической отрасли в России: основные игроки, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] / DV-Consulting. — URL: <https://dv-consulting.ru/analiz-energeticheskoy-otrasli/> (дата обращения: 17.05.2025).
2. АЭС малой мощности. [Электронный ресурс] // Росатом. — URL: <https://rusatom-overseas.com/ru/smr/> (дата обращения: 26.04.2024).
3. В России появилась следящая за Солнцем электростанция [Электронный ресурс] // ИнфоТэк. — URL: ? (дата обращения 26.04.2025).
4. Нефтяная скважина без ремонта и с экономией: как новая технология меняет добывчу [Электронный ресурс] // Money Times. — URL: <https://www.moneytimes.ru/news/rosneft-innovacia-skvazhiny/52171/> (дата обращения: 26.04.2024).
5. Разложили по полочкам: бережливое производство на предприятиях РусГидро. [Электронный ресурс] // РусГидро. — URL: <https://rusatom-overseas.com/ru/smr/> (дата обращения: 26.04.2024).
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12.04.2025 № 908-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года» [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал Правительства России. — URL: <LWYISENa10uBrrBoyLQqAAOj5eJYIA60.pdf> (дата обращения: 15.04.2025).
7. Российский рынок цифровизации ТЭК [Электронный ресурс] // TAdviser. — URL: <https://www.tadviser.ru/> (дата обращения: 16.05.2025).
8. Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития [Электронный ресурс] / Ассоциация развития возобновляемой энергетики. — М.: АРВЭ, 2024. — URL: [https://rreda.ru/upload/iblock/c86/ck53fb9u065billscovlumxq02gqvkcx/202408\\_RREDA\\_annual\\_RES\\_report.pdf](https://rreda.ru/upload/iblock/c86/ck53fb9u065billscovlumxq02gqvkcx/202408_RREDA_annual_RES_report.pdf) (дата обращения: 15.05.2025).
9. Статистические данные Ассоциации развития возобновляемой энергетики [Электронный ресурс] // АРВЭ. — URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/> (дата обращения: 10.07.2025).
10. Big Data и AI Day 2025 [Электронный ресурс] // TAdviser. — URL: <https://www.tadviser.ru> (дата обращения: 16.05.2025).
11. World Energy Outlook 2023 [Электронный ресурс] / International Energy Agency. — URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (дата обращения: 01.06.2025).
12. Global Energy Perspective 2023 [Электронный ресурс] / McKinsey. — URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023#> (дата обращения: 17.05.2025).
13. Hydrogen Insights 2024 [Электронный ресурс] // Hydrogen Council. — URL: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2024> (дата обращения: 03.07.2025).
14. «Renewables 2024» [Электронный ресурс] / International Energy Agency. — URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2024/global-overview> (дата обращения: 01.07.2025).
15. New Energy Outlook 2025: Electricity Demand to Rise 75% by 2050 [Электронный ресурс] // Rinnovabili. — URL: <https://www.rinnovabili.net/business/utilities/new-energy-outlook-2025-electricity-demand-to-rise-75-by-2050> (дата обращения: 01.07.2025)
16. Energy Transition Investment Trends 2024 [Электронный ресурс] / BloombergNEF. — London: BloombergNEF, 2024. — URL: <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/global-clean-energy-investment-jumps-17-hits-1-8-trillion-in-2023-according-to-bloombergnef-report> (дата обращения: 01.07.2025)
17. Carbon Market Watch [Электронный ресурс]. — URL: <https://carbonmarketwatch.org/> (дата обращения: 16.06.2025).