

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА М. С. ОСИМИ**

УДК: 338.23:551.583

На правах рукописи



САИДОВА ШАХЛО НУРУЛЛОЕВНА

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ
КЛИМАТИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени доктора философии (PhD)- доктора
по специальности 6Д050607-Экономика промышленности и
энергетики

**Научный руководитель –
д.э.н., профессор АХРООВА А.Д.**

Душанбе – 2025г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	4
ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	22
1.1. Эволюция концептуальных и теоретических основ энергетической безопасности	22
1.2. Междисциплинарный подход к исследованию проблемы обеспечения энергетической безопасности	34
1.3. Угрозы энергетической безопасности и прогноз их развития	47
1.4. Методические основы управления энергетической безопасностью	57
ГЛАВА II. УЯЗВИМОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ	76
2.1. Глобальное потепление и его экономические последствия	76
2.2. Сравнительный анализ трендов экономического развития стран Центральной Азии	87
2.3. Вызовы к энергетической и водной безопасности стран Центральной Азии и механизмы адаптации к климатическим изменениям	97
2.4. Расчет климатической уязвимости территории Таджикистана и его гидроэнергетики	108
ГЛАВА III. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	120
3.1. Законодательная база обеспечения энергетической безопасности	120
3.2. Угрозы энергетической безопасности	130

3.3. Математическая модель расчета индекса энергетической безопасности в различных сценариях изменения климата	137
3.4. Моделирование влияния тарифной политики на электроэнергию на эффективность использования установленной мощности действующих гидроэлектростанций	149
3.5. Модель цифровой платформы энергосистемы	163
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	184
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	188
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	205
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	209
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	212
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	215
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	217
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	219
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.....	220
ПРИЛОЖЕНИЕ 8.....	221
ПРИЛОЖЕНИЕ 9.....	222

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЭС	-	Атомная электростанция
АБР	-	Азиатский банк развития
ВБ	-	Всемирный банк
ВВП	-	Валовый внутренний продукт
ВД	-	Внешний долг
ВИЭ	-	Возобновляемые источники энергии
ВМО	-	Всемирная метеорологическая организация
ВЭС	-	Ветровая электростанция
ГФУ	-	Гидрофторуглероды
ГЭС	-	Гидроэлектростанция
ЕС	-	Европейский Союз
ИИ	-	Искусственный интеллект
ИСЭ РАН	-	Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева Российской академии наук
КС-21	-	Конференция сторон-21
МАГАТЭ	-	Международное агентство по атомной энергии
МВт	-	Мегаватт
МГЭИК	-	Межправительственная группа экспертов по изменению климата
МКВК	-	Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия
Млн	-	миллион
Млрд	-	миллиард
МФСА	-	Международный фонд спасения Арала
МЭА	-	Международное энергетическое агентство
НАСА	-	Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства
ОНУВ	-	Определяемые на национальном уровне вклады

ООН	-	Организация Объединённых Наций
ОПЕК	-	Организация стран-экспортеров нефти
ОЭСР	-	Организация экономического сотрудничества и развития
РТ	-	Республика Таджикистан
США	-	Соединённые Штаты Америки
ТТУ	-	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
ЦА	-	Центральная Азия
ЦАРЭС	-	Центральноазиатский региональный энергетический рынок
ЦУР	-	Цели устойчивого развития
ЭБ	-	Энергетическая безопасность
AI	-	Artificial Intelligence (Искусственный интеллект)
AMS		Advanced Metering Systems (Современные системы учета)
CH ₄	-	метан
CO ₂	-	углекислый газ
CTI		Cyber Threat Intelligence (Киберугроза Интеллект)
G20	-	Группа двадцати
N ₂ O	-	азот
NDCs	-	Nationally Determined Contributions (Вклад, определяемый на национальном уровне)
UNFCCC	-	United Nations Framework Convention on Climate Change (Рамочная конвенция ООН об изменении климата)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В условиях стремительного технологического развития, роста населения и глобализации проблема обеспечения энергетической безопасности (ЭБ) приобретает особую актуальность. Рост глобального спроса на энергию, сопровождающийся сокращением запасов ископаемого топлива и усилением климатических вызовов, создает условия для трансформации мировых энергетических рынков в важнейшую платформу пересечения и противоборства геополитических интересов. Это придаёт проблеме ЭБ стратегическое значение и подчёркивает роль энергетического сектора как инструмента реализации внешнеполитических приоритетов государств. В настоящее время энергетические ресурсы используются в качестве мощного политического инструмента, социального и экономического средства давления на страны, обладающие возможностью их экспортировать (эмбарго на экспорт, политическое давление, реальные и потенциальные политические и военные конфликты между странами и т.д.).

Энергетическая безопасность, обеспечивая экономический рост и национальный суверенитет и являясь стратегическим приоритетом каждого государства, представляет собой многогранную проблему, включающую различные аспекты. Энергетическая нестабильность способна дестабилизировать внутренний рынок, увеличить затраты на производство и снизить инвестиционную привлекательность и конкурентоспособность страны. Доступ к надёжной и доступной энергии влияет на качество жизни населения и уровень социальной стабильности. Особая значимость проблемы ЭБ в значительной степени определяется нарастающими климатическими изменениями, динамика которых непосредственно зависит от уровня экологической и экономической эффективности процессов производства, трансформации и потребления энергетических ресурсов. Это предопределяет необходимость обеспечения энергетической безопасности, способной

адаптироваться изменяющимся условиям и требованиям международного сообщества.

Нестабильность энергетических рынков, увеличение потребления ресурсов и переход к «зелёной» экономике требуют активизации научных исследований в этой сфере. Особо значима роль экономической науки, без активного участия которой невозможно выстроить долгосрочную систему ЭБ, включающую эффективные механизмы управления рисками, оптимизации энергетической политики и обеспечения устойчивого развития экономики в условиях меняющейся энергетической среды.

Энергетическая безопасность Республики Таджикистан – стратегический приоритет государственной политики. В своём послании от 28.12.2024 года Президент Республики Таджикистан, Лидер нации, уважаемый Эмомали Рахмон «Об основных направлениях внутренней и внешней политики республики» отметил особую значимость устойчивого экономического развития, указал на необходимость предотвращения угроз национальной экономике, формирования «зеленой» экономики, цифровизации государственных услуг и широкого использования безналичных расчетов, что соответственно, требует обеспечения устойчивого развития отечественного энергетического комплекса, разработку мер адаптации его к климатическим изменениям [1].

В условиях глобальных вызовов изменения климата, кибератак, как угроз цифровизации, и растущего энергопотребления вопросы надежности и устойчивости энергетической системы приобретает особую значимость для РТ, энергетическая безопасность которой и ее экспортный потенциал в значительной степени зависят от эффективности отечественной гидроэнергетики.

Современные климатические тенденции, включая изменение природных осадков, потери водных ресурсов, обусловленные неэффективными режимами работы гидроэлектростанций (ГЭС) в следствие холостых сбросов воды, усилением интенсивности испарения ее с поверхности водохранилищ, угрозы сокращения площади ледников создают новые вызовы для экономической и

финансовой стабильности энергосистемы Таджикистана и его энергетической безопасности. Цифровизация энергосистемы страны требует надежной защиты от потенциальных кибератак, которые могут повлиять на надежность функционирования критически важной для страны энергетической инфраструктуры. Кроме того, рост спроса на социально значимые энергетические ресурсы, усиливает негативные последствия человеческой деятельности для окружающей среды, усугубляя тенденции изменения климата.

Исследования влияния климатических изменений, инвестиционной и тарифной политики, долговых обязательств, эффективности энергетической и связанной с ней водной дипломатии, киберугроз цифровизации на энергетическую безопасность Таджикистана сохраняют свою актуальность, требуют развития и научного обоснования конкретных рекомендаций. Настоящее диссертационное исследование направлено на решение актуальной проблемы обеспечения энергетической безопасности в условиях глобальных и региональных вызовов.

Степень научной разработанности изучаемой проблемы. Проблема ЭБ и влияния на нее климатических факторов активно исследуется на международном уровне и на уровне отдельных стран. Следует отметить активную позицию к проблеме ЭБ правительств и ученых на постсоветском пространстве. В суверенных государствах СНГ разработаны стратегические планы устойчивого развития энергетики, направленные на обеспечение энергетической безопасности. Ученые стран СНГ внесли значительный вклад в развитие теории энергетической безопасности, исследуя её различные аспекты: экономический, технологический, экологический, социальный и геополитический. Особый вклад внесли российские ученые - Н.И. Воропай, Б.Э. Бушуев, А.М. Мастепанов, Ю.Н. Руденко, Д. Ю. Кононов, А.Е. Шейндлин, Л.Д. Криворучский, Г.Ф. Ковалев, М.Б. Чельцов, С.М. Клименко, Е.В. Сеннова и другие [14, 17]. Особого внимания заслуживают научные исследования ученых Республики Беларусь, которая, к сожалению, не обеспечена

собственными энергетическими ресурсами. Это исследования Института энергетики Национальной академии наук Беларуси, Академии управления при Президенте Республики Беларусь, Белорусского государственного технического университета и др., значительный вклад в которые внесли Т.Г. Зорина, А.Б. Ольферович, В. Ф. Дашкевич и др. [23, 30, 42, 48].

Исследователями предпринимаются попытки сформулировать понятие «энергетическая безопасность», адаптируя его к условиям своих стран, например, А. В. Баитов [6]. В исследованиях О.Б. Скрипкина [34] подчеркивается значение энергетической независимости и диверсификации поставок энергоресурсов для снижения рисков внешних шоков. Его работы актуальны для стран с высокой зависимостью от импорта нефти и газа. В. М. Грибанич и А. А. Суханов рассматривают энергетическую безопасность через призму регионального развития, включая роль интеграционных процессов, таких как сотрудничество в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) [16]. Д.А. Абрамова анализирует экологические аспекты энергетической безопасности, включая вопросы влияния добычи и использования энергоресурсов на окружающую среду [12].

Если рассматривать ЭБ во взаимосвязи с экономической и национальной безопасностями, то можно выделить ее в качестве одного из основных аспектов обеспечения национальных интересов государства и его национальной безопасности. Поэтому многие учёные рассматривают энергетическую безопасность как неотъемлемую составляющую национальной безопасности государства, подчёркивая её критическую роль в обеспечении стабильности и суверенитета страны.

В Таджикистане активно проводятся научные исследования энергетической безопасности и устойчивого развития, однако они характеризуются своей незавершенностью, что связано с появлением новых аспектов и относительной новизной объектов исследования. Отдельные аспекты данной проблемы освещены в трудах таких авторов, как У.А. Абидов, А.Х. Авезов, М.М. Аламшоева, Х.О. Арифов, А.Д. Ахророва, Р.М.

Аминджанов, Ф.Дж. Бобоев, Т.Г. Валамат-Заде, Х.Р. Исайнов, С.Р. Расулов, Н. Гаффорзода и другие [5, 13, 18].

Несмотря на выраженный научный интерес отечественных ученых к исследованию проблемы ЭБ, влияние климата на нее практически не изучалось. Незавершенными остаются вопросы адаптации отечественной энергетики к глобальным и региональным вызовам, классификация угроз, методы управления ЭБ. Таджикские исследователи Ахророва А.Д., Абидов У.А., Бобоев Ф. Дж., Камилова Н.М. в своих исследованиях выделяют такие аспекты, как энергоэффективность и энергосбережение, диверсификация источников энергии, тарифная политика, внешние и внутренние заимствования, аккумулированные в отрасли, оценку рыночной стоимости и инвестиционную привлекательность энергетических объектов [45].

Связь исследования с научными программами и темами. Настоящее исследование и опубликованные автором работы непосредственно связаны с национальными и международными программами, направленными на обеспечение ЭБ и устойчивого развития в условиях климатических изменений и адаптации к современным вызовам. В частности, оно соответствует целям и задачам «Национальной стратегии развития Таджикистана до 2030 года», в которой подчеркивается актуальность проблемы ЭБ, важность модернизации гидроэнергетического сектора, внедрения инновационных технологий и адаптации к изменению климата. Исследование также учитывает положения «Концепции водной стратегии Республики Таджикистан», направленной на рациональное управление водными ресурсами и снижение водных потерь. Диссертация выполнена в рамках утвержденной темы научных исследований «Энергетическая безопасность и механизмы ее обеспечения» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. Работа опирается на международные инициативы в области устойчивого энергетического развития, включая цели Повестки дня ООН в области устойчивого развития до 2030 года (ЦУР-7: Доступная и чистая энергия), а также программы ВБ и АБР, направленные на развитие возобновляемой энергетики и повышение

энергоэффективности. Кроме того, исследование соответствует государственным и отраслевым программам цифровой трансформации экономики, включая мероприятия по внедрению интеллектуальных систем мониторинга и управления водно-энергетическими ресурсами, что отражено в Государственной программе цифровой экономики РТ. Важное место в работе занимает анализ рисков, связанных с кибербезопасностью энергетической отрасли, что соответствует приоритетам Национальной программы кибербезопасности и рекомендациям международных организаций по защите критической инфраструктуры. С научной точки зрения настоящее исследование продолжает и дополняет существующие научные разработки, связанные с адаптацией энергетики к изменяющимся климатическим условиям, что может рассматриваться как вклад в повышение эффективности использования энергетического потенциала, киберзащиты объектов энергетической инфраструктуры и совершенствование методов управления ЭБ Республики Таджикистан.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Целью диссертационной работы – оценить индекс энергетической безопасности Республики Таджикистан в условиях современного изменения климата, цифровизации энергетической отрасли и киберугрозы, несовершенства тарифной политики, весомого внешнего долга, который аккумулирован в энергетике, в том числе разработка научно-обоснованных методов и рекомендаций по приспособлению механизмов ее обеспечения к новым вызовам.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели в настоящем исследовании были определены следующие задачи:

- изучить эволюцию концептуальных и теоретических основ ЭБ, содержание и результаты научных исследований ученых по теме диссертации, систематизировать существующие подходы, уточнить понятия основных

категорий, систематизировать существующие угрозы и вызовы и спрогнозировать их развитие;

- сформулировать цель и задачи управления энергетической безопасностью, определить содержание методов и механизмов управления;

- выполнить анализ энергетической и водной политик стран Центральной Азии (ЦА) с целью выявления противоречий между безопасностью спроса и безопасностью предложения энергетических и водных ресурсов в регионе, обосновать приоритеты регионального сотрудничества, включая общий энергетический рынок, в качестве основы взаимного партнёрства для достижения целей устойчивого развития;

- выполнить оценку степени климатической уязвимости территории РТ и её гидроэнергетической отрасли, определить потенциальные климатические угрозы и обосновать направления адаптационного реагирования;

- проанализировать законодательную базу, связанную с обеспечением ЭБ, изучить международный опыт в этой области и обосновать возможность его использования в РТ;

- разработать математическую модель расчета индекса энергетической безопасности РТ при различных сценариях изменения климата;

- разработать и апробировать на материалах отечественной энергокомпании математическую модель оценки влияния тарифной политики на электроэнергию на эффективность использования установленной мощности действующих гидроэлектростанций;

- разработать концептуальную модель цифровой платформы энергосистемы РТ, обеспечивающей снижение потерь, повышение надежности энергосистемы и прозрачность процессов в энергетическом секторе.

Объект исследования. В качестве объекта исследования рассматриваются энергетический и связанный с ним водохозяйственный комплексы, как основа обеспечения ЭБ РТ.

Предметом исследования является совокупность экономических отношений в сфере производства и потребления электроэнергии, климатические условия, организационно-экономические механизмы обеспечения ЭБ Республики Таджикистан в контексте современных тенденций роста спроса на энергоносители, изменения климата, киберугроз цифровизации отрасли, геополитических и региональных вызовов, а также меры адаптации энергетической инфраструктуры к вызовам и угрозам.

Гипотеза исследования предполагает, что энергетическая безопасность РТ подвержена значительным рискам, связанным с выраженной уязвимостью ее к климатическим изменениям и тенденциям на внутреннем и внешнем энергетических рынках. Количественная оценка индекса ЭБ, внедрение предложенных механизмов адаптации, включающих методы управления энергетическими и водными ресурсами, совершенствование законодательной базы и использование регулирующей функции тарифов на электрическую энергию позволит повысить устойчивость энергетической системы страны, минимизировать потери воды и электроэнергии и, как следствие, повысить индекс ЭБ.

Этап, место и период исследования. Диссертация выполнена в 2021-2024 гг. на кафедре «Экономика и управление производства» Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими.

Теоретико-методологическая база исследования. В качестве теоретико-методологической базы настоящей диссертационной работы использованы научные разработки и положения, изложенные в трудах отечественных и зарубежных исследователей, работающих в области ЭБ, устойчивого развития, климатических тенденций и механизмов адаптации, законодательной и тарифной политики, цифровизации энергосистем и их кибербезопасности. В работе используются фундаментальные положения теории ЭБ и методов управления ею, системного анализа, методы математического моделирования, а также международный опыт в области

формирования и регулирования энергетической политики в условиях глобальных вызовов.

Методы исследования включают системный анализ, позволяющий выявить взаимосвязи между климатическими изменениями, ЭБ и экономической устойчивостью, математическое моделирование, включая разработку моделей оценки индекса ЭБ Республики Таджикистан при различных сценариях изменения климата и экономического ущерба холостых сбросов воды на ГЭС, сравнительный анализ, используемый для изучения международного опыта в области энергетической политики и кибербезопасности, экономико-статистические методы для оценки показателей экономического и энергетического развития, их влияния на энергетическую устойчивость страны, и пространственный анализ для моделирования климатических изменений и их воздействия на энергетический сектор, а также методы экспертных оценок для определения ключевых рисков и мер по адаптации к ним энергетических систем Таджикистана.

Информационная база исследования. В процессе выполнения исследования была задействована широкая информационно-аналитическая база, включающая Послания Основателя мира и национального единства – Президента РТ, национальные и отраслевые нормативно-правовые акты РТ, а также административно-правовые документы, касающиеся вопросов ЭБ и функционирования национального энергетического комплекса. В работе использованы научные труды отечественных и зарубежных исследователей, ресурсы сети Интернет, аналитические материалы таких международных организаций, как ООН, МЭА, ОПЕК, МАГАТЭ и другие. В качестве источников статистических данных применялись отчёты Агентства по статистике при Президенте РТ, Министерства энергетики и водных ресурсов РТ, Министерства финансов РТ, а также ОАХК «Барки Точик» (энергохолдинг).

Исследовательская база. Настоящее диссертационное исследование выполнено в Таджикском техническом университете имени академика М. С.

Осими на кафедре «Экономика и управление производством», которая обеспечила необходимую научно-методическую и организационную поддержку в ходе проведения работы.

Научная новизна настоящего исследования состоит в применении системного подхода к исследованию взаимосвязи и взаимовлияния между климатическими трансформациями и уровнем ЭБ Таджикистана, а также в разработке научно обоснованных рекомендаций по минимизации негативных последствий изменения климата и угроз цифровизации для его энергетики. К числу наиболее значимых результатов, определяющих научную новизну исследования, относятся:

1) авторская трактовка экономической категории «энергетическая безопасность», многоаспектность проблемы обеспечения энергетической безопасности и необходимость междисциплинарного подхода к ее исследованию, содержание и неоднозначность экономических категорий «энергетическая безопасность», «энергетическая независимость» и «энергетическая бедность»;

2) сформулированы цель и задачи управления энергетической безопасностью, определены содержание методов и механизмов управления, осуществлен глубокий анализ классификации угроз энергетической безопасности по категориям, и их взаимосвязь, выполнен прогноз вероятности их развития в будущем;

3) на основе анализа энергетической и связанной с ней водной политик выявлены противоречия между безопасностью спроса и предложения энергетических и водных ресурсов в странах ЦА и обоснован приоритет регионального сотрудничества, включая формирование общего энергетического пространства, как основы для устойчивого развития региона;

4) количественно и качественно оценена климатическая уязвимость территории Таджикистана и его гидроэнергетики, обоснованы меры по адаптации ее к изменяющимся климатическим условиям, в том числе эффективный энергетический менеджмент;

5) проанализирована законодательная база и ее роль в обеспечении энергетической безопасности, выполнена сравнительная оценка международных практик и нормативно-правовой базы Республики Таджикистан, предложены рекомендации по ее усовершенствованию;

6) разработана математическая модель расчета индекса энергетической безопасности Республики Таджикистан при двух сценариях изменения климата, предложены меры по приспособлению энергетической отрасли к изменениям климата, результаты апробированы;

7) на основе разработанной математической модели дана количественная оценка экономического ущерба упущенных возможностей повышения эффективности использования действующих генерирующих мощностей и энергетической безопасности на основе регулирования тарифной политики на электроэнергию;

8) разработана концептуальная модель цифровой платформы энергосистемы Республики Таджикистан, обеспечивающая снижение потерь, повышение надёжности энергосистемы и обеспечение прозрачности процессов в энергетическом секторе.

Основные положения исследования, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие теоретические, методические и прикладные результаты исследования:

- авторское определение понятия "энергетическая безопасность", учитывающее современные климатические, технологические, экономические и киберугрозы, обоснование необходимости и концептуальное содержание междисциплинарного подхода к исследованию проблемы ЭБ;

- принципы классификации угроз ЭБ и их содержание, прогноз вероятности их развития, цель, задачи и методы управления ЭБ, и их содержание;

- анализ экономического и энергетического благополучия стран ЦА, вызовы к их энергетической и водной безопасности, меры по обеспечению

устойчивого развития энергетической системы региона и развитию взаимовыгодного международного сотрудничества;

- расчет климатической уязвимости территории Таджикистана и его гидроэнергетики, комплекс мер по адаптации гидроэнергетики РТ к изменяющимся климатическим условиям;
- результаты анализа роли и содержания международного и отечественного законодательства в обеспечении энергетической безопасности, комплекс предложений по совершенствованию законодательной базы РТ;
- математическая модель расчета индекса энергетической безопасности РТ при различных сценариях изменения климата, превентивные стратегические меры управления рисками;
- методика оценки влияния тарифной политики на эффективность использования установленной мощности действующих гидроэлектростанций и результаты ее апробации, механизмы оптимизации тарифов для повышения экономической и финансовой устойчивости и инвестиционной привлекательности энергетического сектора;
- модель цифровой платформы энергосистемы Таджикистана и рекомендации по обеспечению защиты энергетической инфраструктуры от киберугроз.

Теоретическая и научно-практическая значимость диссертационного исследования. Выполненное исследование имеет как фундаментальное научное, так и прикладное значение, способствуя повышению энергетической безопасности РТ в условиях глобальных, региональных и отраслевых вызовов. Теоретическая и практическая значимость исследования состоит в определенном развитии теоретических основ ЭБ и методов управления ею, обосновании возможности применения разработанных методов, моделей, выводов и рекомендаций в государственной политике обеспечения ЭБ, водопользования, цифровизации энергетической инфраструктуры, адаптации ее к изменению климата.

Достоверность результатов исследования обеспечивается применением научно обоснованных методов, использованием проверенных данных и международного опыта, верификацией математических моделей и экспертной апробацией:

- разработанные математические модели количественной оценки климатической уязвимости и индекса энергетической безопасности, рекомендации по тарифному регулированию отрасли использованы государственными органами и энергетическими компаниями для оценки устойчивости энергосистемы и прогнозирования возможных рисков (Справка о внедрении Министерства энергетики и водных ресурсов РТ №11-344 от 19.02.2025);

- предложенные меры по адаптации гидроэнергетического сектора к изменениям климата могут быть использованы для оптимизации водно-энергетического баланса, снижения потерь воды и повышения эффективности работы гидроэнергетических объектов (Справка о внедрении, Нурекская ГЭС №61/132 от 21.08.2024);

- разработанная модель цифровой платформы энергосистемы РТ обеспечивает формирование базы данных, мониторинг и управление энергетическими ресурсами в реальном времени, что позволит повысить надежность и эффективность энергоснабжения;

- разработанные рекомендации по совершенствованию водной и энергетической политики стран ЦА могут быть применены межгосударственными структурами в региональном сотрудничестве в целях повышения устойчивости электроэнергетических систем и эффективности управления трансграничными водными ресурсами;

- меры по тарифному регулированию спроса на электроэнергию, наращиванию экспортного потенциала электроэнергетики могут быть применены для обеспечения экономической и финансовой устойчивости энергетического сектора, повышения инвестиционной привлекательности и

защиты потребителей (Справка о внедрении Министерства экономического развития и торговли РТ №11/2-178 от 27.02.2025);

- результаты исследования используются в образовательных процессах при подготовке специалистов в области энергетики, устойчивого развития и цифровых технологий (Справка о внедрении Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими, №27/289 от 14.03.2025г.).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация выполнена в соответствии со следующими разделами Паспорта номенклатуры специальностей научных работников (экономические науки) на соискание учёной степени доктора философии (PhD)- доктора по специальности 6Д050607-Экономика промышленности и энергетики: 1. Разработка новых и адаптация существующих методов, механизмов и инструментов функционирования экономики, организации и управления хозяйственными образованиями в промышленности и топливно-энергетическом комплексе. 2. Теоретико-методические вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности в промышленности и энергетике. 3. Ресурсная база развития промышленности и энергетики, проблемы рационального использования природных ресурсов, материально-технической базы, человеческого потенциала в промышленности и энергетике. 5. Методологические и методические подходы к решению проблем экономики, организации и управления промышленностью и энергетикой. Закономерности и тенденции функционирования и развития промышленности и энергетики. 8. Ценообразование на рынках энергоресурсов, электрической и тепловой энергии. Методы ограничения монопольного ценообразования. Антимонopolное регулирование рынков энергетических ресурсов. Тарифная политика в энергетике. 15. Промышленная и энергетическая политика: механизмы разработки, реализации, контроля. Управление структурными изменениями в промышленности и энергетике. 27. Проблемы энергетической безопасности и устойчивого экономического развития топливно-

энергетического комплекса. 33. Цифровые модели в экономике и управлении промышленными и энергетическими предприятиями. Оценка эффективности цифровизации управленческих и технологических процессов на предприятиях промышленности и топливно-энергетического комплекса. Разработка цифровых стратегий в промышленности и энергетике.

Личный вклад соискателя ученой степени в диссертационное исследование заключается в комплексном анализе совокупности условий и факторов, влияющих на ЭБ, выявлении основных угроз ЭБ страны. Автором разработаны и апробированы математические модели расчета климатической уязвимости страны и индекса ЭБ Республики Таджикистан при различных сценариях изменения климата, предложены научно обоснованные меры по адаптации энергетического сектора к климатическим изменениям. Разработана модель цифровой платформы энергосистемы РТ, направленная на повышение эффективности управления и обеспечение кибербезопасности.

Апробация и внедрение результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в научных статьях, прошли апробацию на научных конференциях и семинарах (г. Москва, Национальный исследовательский университет "МЭИ", г. Новосибирск, Новосибирский технический университет и г. Душанбе, Таджикский технический университет имени М.С.Осими), Международной школе тарифного регулирования (г. Казань, Казанский государственный энергетический университет), экспертных семинарах и рекомендованы к использованию ключевым органам государственного управления и энергетическим предприятиям для выработки энергетической политики и стратегических планов, образовательным учреждениям для использования в учебных программах.

Публикации по теме диссертации. Ключевые положения, изложенные в диссертационном исследовании, отражены в 17 научно-прикладных публикациях, включая 7 статей в перечне научных изданий, рекомендованных

ВАК при Президенте Республики Таджикистан, и 3 статьи в системе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Структура и объем диссертации. Диссертация включает введение, три содержательные главы, заключение, список использованной литературы, состоящий из 122 наименований. Общий объем работы составляет 204 страницы машинописного текста. Работа иллюстрирована 21 таблицей, 32 рисунками. В приложениях на 18 страницах содержатся материалы, отражающие результаты проведенного исследования, справки об их внедрении и результатах проверки текстового документа на наличие заимствований «Антиплагиат».

ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Эволюция концептуальных и теоретических основ энергетической безопасности

Энергетическая безопасность (ЭБ) как научное и практическое направление начала формироваться в XX веке под влиянием глобальных изменений в энергетическом секторе, кризисов и технологического прогресса. Термин "энергетическая безопасность" начал использоваться в 1940-1950-е годы в контексте экономических и военных целей, обозначая необходимость обеспечения стабильного снабжения углем и нефтью для восстановления экономики и поддержания военной мощи после Второй мировой войны. Этот период характеризуется повышенным вниманием политиков и экономистов к обеспечению энергоресурсами, диверсификации их поставок. Ранние подходы формирования концепции энергетической безопасности представлены в работах Гарольда Хотеллинга, которые заложили теоретическую основу для анализа истощаемых ресурсов, таких как нефть и газ, что позже стало важным элементом концепции энергетической безопасности [71].

Широкую известность этот термин приобрёл в начале 1970-х годов, когда произошёл энергетический кризис, вызванный введением нефтяного эмбарго странами-экспортёрами нефти против промышленно развитых западных государств. В ответ на этот кризис с целью урегулирования этой и возможных аналогичных ситуаций, было создано Международное энергетическое агентство (МЭА). В последующие годы понятие "энергетическая безопасность" претерпело значительные изменения, отражая новые вызовы и контексты.

Изучение процесса развития теории ЭБ позволило выделить несколько этапов в становлении и последующем ее развитии. Каждый из них отличается соответствующей системой взглядов на ЭБ в научном обществе.

I. Этап 1950–1970 гг. Этот период по сути является началом формирования концепции энергетической безопасности. Энергетическая

безопасность оценивалась как доступ к энергоресурсам, при этом основной акцент был на энергетической независимости страны. Первые исследования ЭБ появились после Второй мировой войны, когда промышленно развитые страны начали активно развивать свои энергетические системы. В этот период основное внимание уделялось обеспечению бесперебойного энергоснабжения.

Нефтяное эмбарго ОПЕК (Организация стран-экспортеров нефти) создало предпосылки для разработки национальных стратегий в западных странах. В 1970-е годы, в связи с нефтяными кризисами, энергетическая безопасность стала синонимом "обеспечения стабильности поставок нефти" [35]. Это нашло отражение в работах Джеймса Шлезингера, первого министра энергетики США, который акцентировал внимание на необходимости диверсификации поставок нефти [72].

II. Этап 1980-1990 гг. Характерным для этого периода является учет новых вызовов, связанных с развитием концепции устойчивости энергетической инфраструктуры, появлением первых экологических инициатив, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду. Этот период положил начало международному сотрудничеству в области энергобезопасности. Термин ЭБ стал охватывать более широкий спектр аспектов, включая экономику, геополитику и экологию, соответственно изменилось его толкование в работах международных организаций и отдельных исследователей. Так, в 1980-е годы МЭА определило энергетическую безопасность как «обеспечение достаточных поставок энергии по доступной цене». Это толкование впервые включило в себя экономический аспект ЭБ. В 1987 году в докладе Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (ООН) «Наше будущее», возглавляемой Харлем Брундтланд, была выдвинута идея устойчивого развития, в том числе энергетики [73]. Научные исследования ЭБ этого периода характеризуются появлением новых аспектов. Например, Джозеф Найем ввел концепцию "уязвимости" в теорию энергетической безопасности, связывая ее с возможностью воздействия внешних угроз на энергетические системы [74].

III. Этап 2000–2010-е годы. В первом десятилетии XXI века вопросы энергетической безопасности стали напрямую связываться с изменением климата, экологической устойчивостью и социальным развитием. В 2005 году в докладе МЭА был введен термин "устойчивая энергетическая безопасность", акцентирующий внимание на долгосрочной надежности энергоснабжения и минимизации экологических последствий. На этот период приходится ряд международных инициатив. Например, в 2010 году в докладе МЭА была подчеркнута роль возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в обеспечении энергетической безопасности, включая диверсификацию источников энергии и сокращение зависимости от импорта.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата в своих докладах 2007, 2014 гг. связала энергетическую безопасность с необходимостью борьбы с глобальным потеплением [75, 76].

Одним из значимых событий стало проведение в 2007 году Национальной лабораторией Айдахо теста «Аврора» под руководством Перри Педерсона [68]. Этот эксперимент продемонстрировал, как кибератака может физически повредить компоненты электросети, подчеркнув необходимость защиты энергетической инфраструктуры от подобных угроз.

IV. Этап 2010-е годы – настоящее время. В последние десятилетия концепция ЭБ продолжает развиваться в контексте цифровизации, устойчивого развития и геополитической напряженности. К новым аспектам научных исследований ЭБ можно отнести исследования Л.В. Массель и др [26], которые включают в понятие ЭБ кибербезопасность энергетической инфраструктуры.

В контексте современных мировых климатических, экономических и политических изменений ЭБ является ключевым фактором устойчивого развития. «Устойчивое развитие» — это общепризнанный и, пожалуй, самый распространенный термин современности начиная с последнего десятилетия XX века. Пристальное внимание исследователей из различных сфер науки к вопросам устойчивого развития на фоне относительного благополучия было обусловлено тем, что человеческое общество осознало последствия

приближающихся угроз своему развитию. Примечательно, что впервые идея устойчивого развития была инициирована наиболее развитыми странами, экономика которых имела выраженные тенденции роста потребления ресурсов, в том числе энергетических, интенсивного разрушительного влияния на окружающую среду.

Проблема энергетической безопасности получила глубокое освещение в научных исследованиях, проводимых учеными различных стран мира. Их работы охватывают широкий спектр аспектов проблемы энергетической безопасности, включая технические и технологические, экономические, экологические, социальные и геополитические. За последние годы среди специалистов сформировалось общее понимание сути и содержания взаимосвязи ЭБ с устойчивым развитием. Среди зарубежных ученых, внёсших значительный вклад в её изучение, можно отметить таких авторов, как американские ученые - Дэниел Ергин, Эми Джаффе, Майкл Т. Кларенс, Джеймс Хансен; представители европейской науки - Клаус-Дитер Борхардт, Симоне Тальяпьетра, Фатих Бироль, Жан-Мишель Глуах, Анн-Софи Корбуа, Андреас Голдтау, Кэролайн Дикинсон. Американские учёные внесли значительный вклад в разработку концепции энергетической безопасности, уделяя внимание таким аспектам, как надёжность поставок, диверсификация источников энергии и национальная безопасность. Что касается стран Европы, вопрос ЭБ рассматривается через призму устойчивого развития, климатических изменений и зависимости от импорта энергоресурсов.

В последнее десятилетие активизировалось внимание международных энергетических организаций. В 2015 году Организацией Объединённых Наций была принята Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, в рамках которой сформулированы 17 Целей устойчивого развития (ЦУР). Вопросы энергетической безопасности нашли своё отражение в ЦУР 7, направленной на обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надёжным, устойчивым и современным источникам энергии. Обеспечение устойчивым энергоснабжением 770 миллионов человек в мире, которые все

еще не имеют доступа к электроэнергии, является ключевым шагом к достижению ЦУР 7 [93]. Достижение этой цели способствует:

- увеличению доли ВИЭ в глобальном энергетическом балансе;
- повышению энергоэффективности во всех секторах экономики;
- содействие развитию энергетической инфраструктуры и внедрению современных технологических решений, обеспечивающих устойчивое энергоснабжение, с акцентом на потребности развивающихся государств.

В свою очередь эти достижения способствуют повышению индекса энергетической безопасности, снижению зависимости от ископаемых видов топлива и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

В 2021 году в докладе МЭА особое внимание уделено энергетическому переходу и роли водорода в снижении зависимости от ископаемого топлива.

Концепция устойчивого развития включает три взаимосвязанных аспекта: экономический, экологический и социальный. В данном контексте энергетическая безопасность:

- способствует обеспечению стабильности энергоснабжения для всех категорий потребителей;
- содействует достижению целей устойчивого развития (ЦУР), в частности цели № 7;
- поддерживает международные усилия по снижению углеродного следа и замедлению глобального потепления.

Вместе с тем, следует отметить, что сегодня нельзя утверждать о том, что современное общество имеет четкий взгляд на устойчивое развитие. Теоретико-методологическая база и понятийный аппарат под влиянием различных условий, в том числе климатических изменений, находятся на стадии своего формирования и развития.

Изучение опубликованных работ показало, что исследования в сфере энергетической безопасности отличаются значительной методологической неоднородностью. Это проявляется, прежде всего, в многообразии исследовательских подходов к решению проблем, обусловленных различиями

в трактовке экономических процессов, возникающих в условиях ограниченного доступа к энергетическим ресурсам. Кроме того, в ряде работ недостаточно учтено влияние климатических рисков на устойчивое развитие в целом и на энергетическую стабильность в частности. По отдельным вопросам в научной литературе наблюдаются острые дискуссии, близкие по характеру к полемике между представителями неореалистических и неолиберальных школ. Наряду с этим, конструктивистский подход предлагает иную интерпретацию энергетической безопасности, акцентируя внимание на значении дискурса, идей и социальных представлений.

В целом, современные научные исследования в области ЭБ можно условно классифицировать по нескольким ключевым направлениям:

- экономические теории ЭБ, подчеркивающие её роль как основы стабильности и устойчивости национальной экономики. Надёжные энергопоставки, доступность энергии и диверсификация источников являются критически важными для снижения зависимости от импорта и обеспечения экономического роста;
- геополитические аспекты ЭБ, включающие изучение зависимости стран от внешних поставок энергоресурсов, а также роль энергетических ресурсов в региональных и глобальных конфликтах;
- экологические исследования, фокусирующиеся на влиянии энергетического сектора на окружающую среду и необходимости перехода к низкоуглеродной экономике.

Международное сотрудничество также является ключевым элементом обеспечения глобальной энергетической безопасности и вносит существенное влияние в трактовку ее понятия с позиций международной стабильности. Важным направлением научного поиска становится продвижение идей трансграничного энергобаланса, совместного планирования энергетической инфраструктуры и обмена технологиями между странами [80]. В статье Н.В. Пахомова подробно рассматриваются примеры трансграничного сотрудничества, такие как интеграция инфраструктуры и обмен технологиями.

Эти меры способствуют повышению устойчивости энергосистем и созданию более стабильного энергобаланса [91, 92, 10, 59, 11].

Современные исследования отмечают, что увеличивающаяся зависимость от ВИЭ требует разработки новых механизмов гарантированного энергоснабжения, обеспечивающих адаптацию энергосистем для обеспечения их устойчивости. Примером является использование цифровых технологий, таких как искусственный интеллект и системы машинного обучения, для управления энергетическими системами. Например, В. Давтян и Ю. Валеевой рассматривают механизмы, направленные на повышение надёжности децентрализованных энергосистем и снижение воздействия на окружающую среду [7]. Использование цифровых технологий позволяет повысить эффективность прогноза энергопотребления, оптимизировать распределение ресурсов и снижать риски сбоев и нехватки энергии. В исследовании [90] подчёркивается, что использование ИИ значительно сокращает углеродный след энергетического сектора, тем самым поддерживая цели устойчивого развития. Однако при этом не исключается вероятность угроз кибератак. Киберугрозы представляют новые риски для энергетической безопасности. В работе А.Г. Масселя и Д. Гаскова [117] обсуждаются меры по повышению киберзащиты энергосистем, включая внедрение современных систем мониторинга и защиты данных. Эти стратегии становятся особенно важными в условиях цифровизации энергетического сектора [118].

И. С. Щепанский, исследователь из Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», в своей работе подчёркивает, что энергетическая безопасность является ключевым элементом национальной безопасности России. Он выделяет экономико-политические, технологические, природоохранные и правовые аспекты, влияющие на энергетическую безопасность, и рассматривает её в контексте национальных приоритетов [40].

А.М. Мамедов и Н.С. Яровая в своей статье подчёркивают, что энергетическая безопасность не может существовать отдельно; она является частью национальной безопасности и должна рассматриваться в её контексте.

Они отмечают, что энергетика является одной из базовых отраслей экономики, от состояния и развития которой зависит продуктивность всего хозяйственного механизма [32]. Н.А. Кулагина, Н.Б. Голованова и Ю.Г. Графов в своей работе отмечают, что энергетическая безопасность играет важную роль в обеспечении национальной и экономической безопасности, особенно в условиях цифровых трансформаций и современных вызовов [28].

В. Л. Уланов и Е. Ю. Уланова исследуют влияние внешних и внутренних угроз на национальную энергетическую безопасность, подчёркивая её значимость для национальной безопасности России [33].

Одними из первых отечественных ученых, проявивших интерес к проблеме энергетической безопасности, явились А.Д. Ахророва, У.А. Абидов, Р.М. Аминджанов, Ф.Дж. Бобоев, К.А. Доронкин, Н.К. Каюмов, Н.Х. Хоналиев и другие. В своих работах они акцентируют внимание на необходимости диверсификации источников энергии, снижении зависимости от внешних поставок, а также эффективном управлении внутренними ресурсами, отмечая, что обеспечение энергетической безопасности должно быть не только технической, но и экономической и институциональной задачей [9, 21, 27, 37, 41, 43, 44, 45]. В частности, Н.К. Каюмов, устойчивое энергетическое развитие республики связывает с необходимостью эффективного управления водными ресурсами. Он рассматривает вопросы собственности и суверенитета над водными ресурсами как важнейшие аспекты национальной безопасности, а также предлагает привлекать соседние страны к инвестициям в совместные проекты по управлению водно-энергетическими ресурсами [27].

Отмеченная выше эволюция теории ЭБ соответственно сопровождалась и постепенное преобразование самого определения этого понятия «энергетическая безопасность». В современных условиях энергетическая безопасность трактуется как многокомпонентная категория, охватывающая такие важнейшие аспекты, как экономическая доступность энергии, стабильность и надёжность её поставок, экологическая сбалансированность,

социальная справедливость, а также защита энергетической инфраструктуры на технологическом уровне.

Кроме того, в настоящее время термин «энергетическая безопасность» трактуется в различных контекстах:

➤ *на уровне страны.* По мнению Международного энергетического агентства, энергетическая безопасность страны — это способность удовлетворять текущие и будущие потребности в энергии при минимизации рисков перебоев в поставках [79].

➤ *на уровне континента, интеграционного формирования.* Согласно докладу Европейской комиссии, опубликованному в 2014 году, под энергетической безопасностью понимается «обеспечение устойчивого и надежного энергоснабжения для всех государств-членов ЕС через диверсификацию источников и маршрутов поставок» [80].

➤ *на уровне мирового сообщества.* В докладе ООН за 2015 года энергетическая безопасность рассматривается как обеспечение доступа к надёжным и устойчивым источникам энергии, способным удовлетворить потребности мирового сообщества при одновременном минимизации экологических и социальных рисков [47].

➤ *на уровне отдельного человека.* По мнению Дж. Стерна [81], энергетическая безопасность индивидуума — это доступ к необходимому количеству энергии по доступной цене для обеспечения базовых потребностей, таких как освещение, отопление и приготовление пищи.

Следует отметить, что учеными и политиками часто используется и термин «энергетическая независимость», и некоторые из них отождествляют это и предыдущее понятия. Автор настоящего исследования придерживается позиции, что эти понятия не тождественны, и считает, что «энергетическая безопасность» и «энергетическая независимость» — два взаимосвязанных, но различающихся по сути понятия, которые описывают подходы к обеспечению энергоснабжения. Мы считаем, что энергетическая безопасность должна быть ориентирована прежде всего на управление рисками, связанными с изменениями на международных энергетических рынках, а энергетическая

независимость — на самообеспечение. При этом энергетическая безопасность предполагает активное международное сотрудничество, тогда как энергетическая независимость делает акцент на национальных усилиях.

Энергетическая безопасность на наш взгляд подразумевает надежное и устойчивое обеспечение энергией с минимизацией рисков, связанных с внутренними и внешними факторами, предусматривая диверсификацию источников энергии и маршрутов поставок энергетических ресурсов, минимизацию последствий угроз аккумуляирования внешних инвестиций в стратегически значимых энергетических объектах.

Энергетическая независимость, на наш взгляд означает способность государства удовлетворять свои энергетические потребности за счет освоения и эффективного использования национальных энергетических ресурсов, минимизируя зависимость от импорта.

Следует отметить существование различных подходов к формированию содержания энергетической политики в странах и их интеграционных формированиях. Так Европейский Союз, акцентирует внимание на сотрудничестве между входящими в него странами, диверсификации поставок и снижении зависимости от отдельных поставщиков. США активно развивают сланцевую нефть и газ для достижения независимости от импорта энергоносителей. Таджикистан активно развивает «зеленую энергетику» на основе сооружения крупных и малых ГЭС, создает локальные системы энергоснабжения на базе ВИЭ.

Приведем позиции некоторых ученых. Так, Дэвид Диз и Джозеф Най, отмечают, что энергетическая безопасность требует диверсификации источников и маршрутов [82]. Дэниел Ергин [115] в своих трудах отмечает, что энергетическая независимость может быть экономически нецелесообразной в условиях глобализации. А вот Д. Хельм [83], пишет, что устойчивое развитие невозможно без сбалансированного подхода, включающего элементы обоих понятий, подчеркивает роль рынков электроэнергии, интеллектуальных систем управления и децентрализации в обеспечении энергетической безопасности.

Следует отметить, что понятия «энергетическая безопасность» и «энергетическая независимость» неоднозначно представлены в законодательстве разных стран. В законодательстве США: акцент сделан на энергетической независимости через развитие сланцевых технологий и налоговые стимулы для национальных производителей. В законодательстве ЕС энергетическая безопасность закреплена в энергетической политике, направленной на диверсификацию поставок и развитие ВИЭ. В Китайской народной республике понятия энергетической безопасности и энергетической независимости интегрированы посредством развития собственных внутренних энергетических ресурсов и активной энергетической дипломатии [89].

Таким образом, проведённый анализ позволяет утверждать, что понятия «энергетическая безопасность» и «энергетическая независимость» представляют собой самостоятельные концепции, каждая из которых отражает различные аспекты энергетической политики государства. Несмотря на различия, в практической плоскости они нередко пересекаются и дополняют друг друга. В условиях современных вызовов особую значимость приобретает их комплексное рассмотрение в целях достижения надёжного, устойчивого и экологически сбалансированного энергоснабжения.

Вопрос энергетической безопасности также тесно сопряжён с феноменом энергетической бедности. Под энергетической бедностью понимается ситуация, при которой отдельные лица или домохозяйства лишены доступа к достаточному объёму энергетических ресурсов, необходимому для удовлетворения базовых жизненных потребностей — таких как обогрев жилища, освещение, приготовление пищи и использование элементарной бытовой техники. Причины этого явления заключаются не только в низком уровне доходов населения, но также в ограниченной развитости энергетической инфраструктуры и низкой энергоэффективности жилищного фонда.

Можно выделить три группы факторов, провоцирующих энергетическую бедность:

- *экономические*, которые проявляются в высокой стоимости энергоресурсов относительно доходов населения;

- *инфраструктурные*, ограниченный доступ к энергоснабжению в сельских и удаленных регионах;

- *технологические*, обусловлены низкой энергоэффективностью жилья и используемого оборудования.

Связь энергетической бедности с энергетической безопасностью проявляется в:

- *социальной стабильности*: энергетическая бедность снижает качество жизни, может стать источником социальной напряженности, особенно в регионах с высокой зависимостью от импорта энергоресурсов;

- *экономических последствиях*: недоступность энергии для населения снижает производительность труда, провоцирует миграционные процессы и ограничивает развитие экономики;

- *политической значимости*: государства, стремящиеся к энергетической безопасности, должны учитывать потребности в энергетических ресурсах всех слоев общества, чтобы избежать неравенства и укрепить социальное доверие.

Мерами по снижению энергетической бедности и повышению, связанной с ней энергетической безопасности, могут быть:

- разработка программ субсидирования поставок энергоресурсов для уязвимых групп населения, например льготные тарифы на электроэнергию;

- инвестиции в энергетическую инфраструктуру, предусматривающие создание локальных систем энергоснабжения на базе ВИЭ, расширение сетей энергоснабжения в удаленных районах;

- повышение энергоэффективности путем модернизации зданий, использования энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии.

В результате можно заключить, что категории «энергетическая безопасность» и «энергетическая бедность» представляют собой важнейшие

направления формирования энергетической политики на глобальном, региональном и национальном уровнях. Комплексный подход к их взаимосвязанному рассмотрению способствует не только повышению надёжности и устойчивости систем энергоснабжения, но и обеспечивает более справедливый и равноправный доступ к энергетическим ресурсам для всех слоёв населения.

1.2. Междисциплинарный подход к исследованию проблемы обеспечения энергетической безопасности

В современных условиях, характеризующихся ростом энергопотребления, ограниченностью ресурсов и усилением риска климатических изменений, проблема ЭБ приобретает новое звучание, требуя развития и в некоторой степени даже пересмотра концепции и методологических подходов. Исследования в этой области продолжают развиваться, предлагая решения, направленные на стабильное и экологичное энергетическое будущее.

Многогранность проблемы обеспечения энергетической безопасности обусловлена многообразием используемых различными исследователями принципов ее классификации. ЭБ классифицируется в зависимости от уровня её применения, объекта обеспечения, характера угроз и многих других факторов. Это многообразие позволяет охватить различные аспекты устойчивого энергоснабжения и определить ключевые направления политики и, соответственно отразить это в самом ее понятии.

На основании изучения и анализа различных подходов исследователей нами предлагается классификация энергетической безопасности (ЭБ), которая представлена на рис.1.1 и может быть использована в современных условиях. В перспективе классификационные признаки могут быть изменены в зависимости от текущих и перспективных условий. Содержание ЭБ в зависимости от соответствующего классификационного признака:



Источник: Составлено автором

Рисунок 1.1 - Классификация энергетической безопасности (ЭБ) в современных условиях

– По уровню применения: глобальная ЭБ ориентирована на устойчивость мировых энергетических рынков и сотрудничество стран; региональная сфокусирована на защите интересов групп стран, таких как Европейский Союз; национальная направлена на удовлетворение энергетических потребностей отдельного государства, а локальная направлена на обеспечение энергетической устойчивости отдельных территорий или объектов.

– По объекту обеспечения: технологическая безопасность предусматривает надежность энергетической инфраструктуры, предотвращение аварий. *Экономическая доступность* направлена на поддержание приемлемых цен на энергоресурсы. *Экологическая безопасность* учитывает минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, а *социальная защищённость* обеспечивает равный доступ населения к энергоресурсам.

– По видам энергоресурсов: *традиционные источники* сталкиваются с проблемой истощения запасов, *атомная энергетика* требует строгого контроля безопасности, а *возобновляемые ресурсы* сталкиваются с вызовами нестабильности генерации.

– По временной перспективе: *краткосрочная* направлена на решение текущих проблем, таких как перебои в поставках, а *долгосрочная* ориентирована на стратегическое планирование и развитие устойчивой энергетической системы.

– По характеру угроз: *внутренние риски* связаны с износом инфраструктуры и нехваткой инвестиций, *внешние* — с геополитическими конфликтами и зависимостью от импорта. *Киберугрозы* связаны с атаками на системы управления энергоснабжением.

На наш взгляд предложенная классификация энергетической безопасности позволяет систематизировать задачи и методические подходы, механизмы для её обеспечения. Это в свою очередь требует привлечения знаний из различных областей и даёт возможность разрабатывать

обоснованные стратегии, учитывающие совокупные особенности энергетики страны, отраслей и долгосрочные перспективы, включая защиту экологии и цифровизацию энергосистем. Глобальное стремление к устойчивому энергетическому будущему предопределяет интеграцию исследований ученых из различных областей науки.

Выполненный в предыдущем разделе диссертации анализ толкования учеными понятия «энергетическая безопасность», показал, что они зачастую недостаточно акцентируют внимание на его междисциплинарности: экологических аспектах, таких как переход на возобновляемые источники энергии, снижение углеродного следа и учёт климатических изменений, гарантированная водообеспеченность ГЭС, энерго- и ресурсосбережение и др. Определения, как правило, используют обобщённый термин «угрозы», не классифицируя их по типам (внешние, внутренние, природные, технологические), что затрудняет разработку конкретных стратегий. Часто наблюдается чрезмерная ориентация на экономическую доступность энергоресурсов, без учёта социальных, гуманитарных и инновационных аспектов. Кроме того, такие определения редко учитывают современные вызовы, связанные с цифровизацией, такие как киберугрозы для стратегически значимой энергетической инфраструктуры и необходимость её модернизации. Как правило они сосредоточены на текущих реалиях, упуская такие перспективы в развитии, как развитие водородной энергетики и малых ядерных реакторов.

Осознавая важность многоуровневого контекста ЭБ, мы считаем целесообразным не ограничиваться только страновыми интересами без учёта глобального и регионального сотрудничества и международных вызовов. Кроме того, следует указать на недопустимость отсутствия баланса между краткосрочными и долгосрочными целями, что снижает стратегическую глубину подхода к решению задач энергетической безопасности.

Несмотря на устойчивый интерес со стороны как отечественных, так и зарубежных исследователей, теоретическая база и понятийный аппарат в

области энергетической безопасности продолжают находиться в процессе формирования. Ряд фундаментальных теоретико-методологических вопросов до настоящего времени остаётся открытым. Среди них — уточнение сущностных характеристик энергетической безопасности, систематизация возможных угроз, а также разработка научно обоснованных инструментов для их предотвращения и снижения потенциальных рисков. Незавершёнными остаются и исследования, посвящённые методам управления ЭБ.

Применительно к проблеме энергетической безопасности Таджикистана, энергосистема которого состоит преимущественно из климатически уязвимых гидроэлектростанций (96%), отечественные ученые А.Д. Ахророва, У.А. Абидов, Х. О. Арифов, Х.Р. Исайнов, Н.К. Каюмов, Н.Х. Хоналиев, Р.М. Аминджанов, Ф. Дж. Бобоев и другие акцентируют свое внимание на диверсификации генерирующих источников, климатической уязвимости ГЭС, оценке рыночной стоимости энергетической инфраструктуры, влиянии внешнего долга на устойчивое энергетическое развитие. При этом недостаточно реализован комплексный междисциплинарный подход, отсутствуют завершённые исследования, которые могли бы служить основой для выработки научно обоснованной стратегии повышения энергетической безопасности страны.

Это дает основание полагать, что, хотя существующие в настоящее время формулировки понятия «энергетическая безопасность» обеспечивают базовое понимание самой проблемы, их улучшение необходимо для учета современных вызовов при решении текущих задач и разработке обоснованных междисциплинарными исследованиями стратегических документов обеспечения энергетической безопасности.

Автор на основании изучения и критического анализа существующих в настоящее время различных интерпретаций, предлагает отказаться от универсальной трактовки понятия «энергетическая безопасность».

На уровне отдельной страны или интеграционного формирования нескольких стран:

энергетическая безопасность – это возможность общества, государства или интеграционных формирований (группы государств) обеспечить устойчивое, доступное, экологически безопасное и экономичное энергоснабжение для нынешнего и перспективного тренда, минимизируя риски, связанные с истощением ресурсов, привлечением внешних источников финансирования энергетики, геополитической нестабильностью, технологическими и техническими угрозами изменениями климата и цифровизации.

На наш взгляд это определение отражая многоаспектность проблемы, включает в себя несколько ключевых аспектов: истощение запасов органических ресурсов и их доступность, обеспечение физических и экономических условий для равного доступа к энергоресурсам для всех слоев населения и отраслей экономики, управление ограниченностью ресурсов, климатические тренды, использование энергетических ресурсов в качестве политического давления, глобальный переход к энергоэффективным технологиям и рационализации потребления.

На уровне отдельной личности:

энергетическая безопасность — это состояние, при котором человек имеет гарантированный и справедливый доступ к набору энергоносителей, обеспечивающему базовые жизненные условия (освещение, отопление, пищеприготовление, транспорт), поддержание комфортного уровня жизни, реализацию его социально-экономической активности и который не противоречит национальным интересам и принципам глобальной энергетической устойчивости.

Автор считает, что данное определение отражает не только совокупный интерес отдельной личности, включающий физическую и экономическую доступность энергоносителей, автономность и самообеспечение, информационную осведомленность и адаптацию, но и их связь с национальными и глобальными интересами, включающими экологическую и социальную ответственность.

Следует отметить, что автономность и самообеспечение энергоносителями предполагает способность и возможность человека частично или полностью обеспечивать себя энергоресурсами самостоятельно, гибко реагировать на изменения условий внешней энергетической среды (кризисы, изменения цен, природные катаклизмы или технологические сбои), минимизируя ограничения со стороны централизованных систем энергоснабжения. Последнее позволяет ограничить использование энергии из централизованных источников и использовать энергию из природных источников, например таких как солнце, сельскохозяйственные отходы и другие.

Таким образом проблема обеспечения энергетической безопасности является многогранной, что требует междисциплинарного подхода к ее исследованию. В современном научном обществе сложилось устойчивое убеждение, многократно подтвержденное на практике, что только на стыке наук возможно получение действительно нового знания, проясняющего подлинную сущность рассматриваемых объектов. Именно с этим связано широкое распространение новых подходов к исследованию, именуемых междисциплинарностью, предусматривающих «...анализ сфер, находящихся между интеллектуальными полями отдельных дисциплин» [29]. В этой связи для обеспечения устойчивого развития и минимизации рисков, связанных с доступом к энергетическим ресурсам экономические, политические, инженерные, экологические, правовые и социальные аспекты энергетической безопасности должны рассматриваться комплексно.

Каждая из дисциплин, используя собственную методологию, свои теоретические допущения, вносит свой вклад в совокупные научные знания об объекте и предмете исследования. Автор настоящего исследования проблемы ЭБ, придерживаясь междисциплинарного подхода к ее изучению, считает, что кооперация различных областей научных знаний может быть иллюстрирована рисунком 1.2.



Источник: составлено автором

Рисунок 1.2 - Энергетическая безопасность: междисциплинарный подход к исследованию

Как видно из рисунка значение междисциплинарного подхода к исследованию ЭБ заключается не только в том, что он обеспечивает более глубокое изучение этой проблемы, но и в том, что он позволяет по-новому сформулировать проблему, открывает новые аспекты исследования. Конечно, это не означает, что при этом подходе предпринимается попытка создать универсальную и единую методологию. Однако интеграция экономических, экологических, социальных, инженерных, политических и других знаний на основе методологической основы может не только получить комплексно научно обоснованные решения по обеспечению ЭБ, но и открыть новые направления в изучении этой проблемы.

Междисциплинарный характер проблемы энергетической безопасности проявляется в различных аспектах отраслевых наук, которые можно охарактеризовать следующим образом:

Экономические науки. Энергетическая безопасность анализируется как составляющая экономической устойчивости. Научные исследования акцентируются на:

- *доступности энергетических ресурсов.* Важным фактором является обеспечение стабильного снабжения энергетическими ресурсами при минимальных затратах. Например, для Европейского союза диверсификация поставок газа стала приоритетной задачей после газовых кризисов 2006 и 2009 годов, а программа освоения ВИЭ заняла лидирующие позиции в энергетической политике в результате международных призывов к снижению углеродного следа и введенных санкций относительно российских углеводородов [93];

- *регулировании ценовой политики на энергетические ресурсы.* Колебания цен на нефть и газ оказывают значительное влияние на экономику импортозависимых стран. В 2022 году рост цен на энергоносители привёл к увеличению инфляции в ЕС на 8,1% [85]. Особый аспект предоставляет тарифная политика в электроэнергетике;

- *развитии альтернативных источников энергии.* Согласно данным

МЭА, инвестиции в возобновляемую энергетику в 2023 году составили \$1,7 трлн, что на 13% больше, чем годом ранее [86, 8-с.].

Помимо вопросов доступности ресурсов, ценовой политики и развития возобновляемых источников энергии, экономические науки уделяют внимание инвестиционным механизмам, энергетической эффективности, моделям рыночного ценообразования и анализу макроэкономических рисков.

Политология и международные исследования.

- *Политология изучает* государственную политику в энергетическом секторе, вопросы международного сотрудничества, энергетической дипломатии и геополитики, конфликты.

Энергетическая безопасность в политологии рассматривается в контексте:

- *геополитические интересы и конкуренция за ресурсами.* Примером может служить борьба за контроль над углеводородами в регионе Каспийского моря, где взаимодействуют интересы России, Китая, Ирана и западных стран [22, 159-167с]. Ярким примером может служить и регион ближнего востока.

- *энергетическая дипломатия.* Страны используют энергоресурсы как инструмент политического влияния с экономическими и социальными последствиями. Россия, например, в 2022 году сократила поставки газа в Европу, что вызвало необходимость поиска альтернативных маршрутов [87], диверсификации поставщиков энергоносителей и их видов.

- *угрозы энергетического давления.* По данным доклада МЭА за 2023 год, около 30% мировых энергетических конфликтов связано с геополитическими факторами [54].

Технические и инженерные науки. К техническим и инженерным наукам относятся такие дисциплины, как энергетика, электротехника, механика, материаловедение, автоматизация и робототехника, ядерная, гидротехническая и экологическая инженерия, информационные технологии и моделирование и другие. Их вклад в обеспечение энергетической безопасности заключается в:

- *создании устойчивых, надежных и эффективных технологий генерации, передачи энергии.* Например, Федеративная Республика Германия активно развивает технологию "зелёного водорода" для снижения зависимости от ископаемого топлива [112].

- *развитие интеллектуальных сетей (smart Grids).* Так, благодаря этим исследованиям в странах ОЭСР уровень энергоэффективности повысился на 2,3% в 2022 году после внедрения смарт-сетей и модернизации инфраструктуры [31, 584-594с].

- *обеспечение доступности энергии и снижении экологических рисков.*

- *изучении свойств материалов и разработке инновационных материалов для создания энергосберегающих технологий.*

- *разработке прочных и легких материалов для ветрогенераторов, солнечных панелей и аккумуляторов.* Ярким примером являются научные достижения в области ВИЭ и их практическое внедрение в Китайской народной республике, являющейся мировым лидером в этой области. В этой стране в 2023 году мощность солнечных электростанций увеличилась на 20% [54].

Экологические и климатические науки, охватывая широкий спектр дисциплин, включающих: экологию, климатологию, метеорологию, физику атмосферы и другие, играют ключевую роль в решении вопросов энергетической безопасности и устойчивого развития. Они предоставляют знания и инструменты для оценки воздействия окружающей среды, прогнозирования климатических изменений и разработки решений, направленных на минимизацию экологических рисков. Эти науки обеспечивают переход к устойчивым моделям производства и потребления энергии, обеспечивают баланс между экономическим развитием, как основой стабильности, и объемами потребления энергетических ресурсов.

Основные направления исследований включают:

- *переход на экологически чистые источники энергии.* Согласно отчёту

ООН, для достижения целей Парижского соглашения к 2030 году объём выбросов CO₂ должен сократиться на 45% [55, 14-с].

- *снижение углеродного следа.* Например, внедрение ветряных электростанций в Дании позволило снизить углеродные выбросы на 33% за последние 10 лет [88].

- *защита окружающей среды.* Исследования показывают, что гидроэнергетика, представителем которой является "Нурукская ГЭС" в Таджикистане, играет ключевую роль в обеспечении экологически чистой энергии [17].

Юридические науки. Среди них выделяются следующие основные направления: конституционное право, административное право, гражданское право, международное право, экологическое право, энергетическое право, трудовое право, финансовое право, право интеллектуальной собственности.

Правовые аспекты энергетической безопасности включают:

- *основы государственного устройства, права и обязанности граждан, включая доступ к энергетическим ресурсам.*

- *государственное регулирование энергетического сектора.*

- *международное сотрудничество.* Например, Энергетическая хартия обеспечивает правовую базу для международного сотрудничества в энергетическом секторе [52].

- *защиту инвестиций в энергетическую инфраструктуру.*

- *национальное законодательство в области энергетики.* Например, Федеративная Республика Германия приняла Закон о возобновляемых источниках энергии, стимулирующий инвестиции в зелёную энергетику [63].

- *обеспечение прозрачности и контроля в энергетическом секторе.*

- *защиту энергетической независимости.* Многие страны внедряют механизмы правовой защиты стратегических энергетических объектов [54].

Социальные науки изучают поведение, структуру и процессы, формирующие человеческое общество. Соответственно значима их роль в

обеспечении энергетической безопасности, поскольку вопросы производства, распределения и потребления энергии напрямую связаны с выделением экономических аспектов.

Социология исследует вопросы социальной справедливости, доступности энергоресурсов и влияния энергетической политики на социальное благополучие:

- *Доступность энергии.* По данным Всемирного банка, около 770 млн человек в мире не имеют доступа к электроэнергии, что остаётся важной проблемой [64].

- *Влияние на благосостояние населения.* В 2022 году рост цен на энергоносители в развивающихся странах привёл к увеличению уровня бедности [58].

- *Социальные риски.* Энергетические кризисы могут вызывать протесты. Например, в Казахстане в 2022 году повышение цен на сжиженный газ вызвало массовые беспорядки [59]. Повышение тарифов на электрическую энергию в Кыргызстане спровоцировало «оранжевую революцию».

- *Образование и информированность.* Образование, как и наука, играет ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности и продвижении энергетического развития [60].

В настоящее время многоаспектная проблема энергетической безопасности приобрела особую важность и актуальность в научных исследованиях экономических отношений, складывающихся на различных уровнях: межгосударственном, национальном и отраслевом.

Таким образом, энергетическая безопасность становится неотъемлемым элементом устойчивого развития, требует междисциплинарного подхода к исследованию, объединяет в себе экономическую стабильность, экологическую устойчивость и социальную справедливость.

1.3. Угрозы энергетической безопасности и прогноз их развития

Возрастающая зависимость от энергетических ресурсов, изменение климата, дефицит природных ресурсов и геополитические конфликты создают новые вызовы «угрозы» для энергетики как мировой и континентальной, так и отдельной страны.

Исследования показали неоднозначное толкование угроз представителями науки различных областей. Наиболее распространенным толкованием угрозы является: потенциальная или реальная опасность, способная нанести вред (ущерб) человеку, обществу, государству или определенной системе. Угроза может быть направлена на физическую безопасность, экономическую стабильность, экологическую ситуацию, информационную сферу и другие жизненно важные области.

Ключевой особенностью угрозы является ее потенциальный характер: даже если вред еще не причинен, наличие опасных факторов уже требует анализа и разработки мер предосторожности. Для эффективного управления рисками важно не только идентифицировать угрозы, но и разработать стратегии их минимизации.

В данном параграфе рассмотрены основные угрозы энергетической безопасности, их взаимосвязи и сделан прогноз. В таблице 1.1 приведена классификация угроз энергетической безопасности по категориям.

Как видно из таблицы 1.1 наиболее критичными угрозами являются изменение климата, кибератаки и дефицит редкоземельных металлов, так как они оказывают долгосрочное и мультипликативное (каскадное) влияние на всю энергетическую систему. Особая значимость угроз, связанных с доступом к редкоземельным металлам обусловлено их использованием в электромобилях, солнечных батареях, ветряных турбинах, а также в смартфонах, компьютерах. Эта зависимость имея не только экономический, но и экологический и геополитический характер, уже в ближайшей

перспективе может оказаться более значительной, чем зависимость общества от нефти.

Таблица 1.1 - Классификация основных угроз энергетической безопасности по категориям

№	Категория угроз	Описание
1	Природные угрозы	Изменение климата, засухи, снижение уровня воды, стихийные бедствия.
2	Технологические угрозы	Износ энергосистем, кибератаки, сбои автоматизированных сетей.
3	Геополитические угрозы	Монополизация энергетических технологий, энергетические конфликты.
4	Экономические угрозы	Дефицит редкоземельных металлов, нестабильность цен на энергорынках.
5	Социальные угрозы	Энергетическая бедность, недоверие к возобновляемым источникам энергии.
6	Цифровые угрозы	Полная зависимость от IT-систем, манипуляции энергетическими рынками.

Источник: Составлено автором

Известно, что основная часть месторождений редкоземельных металлов находится на территории Китая. Кроме того, существует значительная по своим масштабам экологическая угроза их использования.

На основании изученной литературы для определения вероятности развития угроз используется методика экспертной оценки, приведённая в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Методика оценки вероятности угроз и их влияния на энергетическую безопасность

Метрика	Как оценивалось?	Примеры
Вероятность (%)	Анализ текущих трендов, темпы изменений, исторические данные	Если угроза уже активно развивается, ее вероятность высокая (например, изменение климата – 95%)
Влияние (%)	Масштаб возможных последствий, каскадный эффект, ущерб экономике	Например, кибератаки (95%) могут привести к массовым отключениям генерирующих источников, что критично для всего мира

Источник: Составлено автором

Результаты анализа угроз текущих трендов и их вероятностей развития в будущем, приведенные в таблице 1.3, свидетельствуют о том, что для каждой угрозы предусматривается два ключевых параметра: вероятность реализации в процентах и уровень влияния на систему энергоснабжения.

Таблица 1.3 - Анализ угроз текущих трендов и их вероятностей развития в ближайшие 25 лет

УГРОЗА	ВЕРОЯТНОСТЬ (%)	ВЛИЯНИЕ (%)	ОЖИДАЕМЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА	95	90	Засухи, снижение уровня воды, рост энергопотребления
ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КРИЗИС	85	80	Потери генерации ГЭС, рост цен на энергию
ДЕФИЦИТ ЛИТИЯ	80	85	Замедление ВИЭ, рост стоимости аккумуляторов
КИБЕРАТАКИ НА ЭНЕРГОСИСТЕМУ	90	95	Коллапс энергосетей, блэкауты
БУДУЩИЕ «ЛИТИЕВЫЕ ВОЙНЫ»	75	85	Геополитическая нестабильность, торговые войны

Источник: Составлено автором

Для понимания глубинных взаимосвязей между угрозами используется системный анализ, который позволил выявить взаимосвязи угроз и точки наибольшей уязвимости (рис. 1.3).



Источник: Составлено автором

Рисунок 1.3 - Прогноз вероятности ключевых угроз энергетической безопасности

1) Изменение климата:

С нашей точки зрения, изменение климата представляет собой наиболее серьезную угрозу для энергетической безопасности, вероятность которой в ближайшем будущем оценивается в 95%. Об этом показывают исторические данные. За последние 100 лет средняя температура уже повысилась на 1,2°C, что рассматривается автором во второй главе, а прогнозы указывают на ее дальнейший рост на 2–3°C. Этот процесс уже оказывает ощутимое влияние на водные ресурсы, приводя к засухам, изменению водных циклов и снижению уровня рек. В результате в ряде стран сокращается выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях, что подчеркивает растущую уязвимость энергетического сектора перед изменяющимся климатом. Глобальная выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях в первой половине 2023 года снизилась на 8,5% (-177 ТВт·ч) из-за засух, вероятно, усугубленных изменением климата. Это снижение стало самым крупным за последние два десятилетия [94]. Особенно значительное падение произошло в Китае, на долю которого пришлось три четверти мирового сокращения выработки на ГЭС (-129 ТВт·ч). Дефицит гидроэнергии привел к росту производства электроэнергии из ископаемого топлива, что не позволило глобальному уровню выбросов сократиться. Если бы выработка гидроэлектроэнергии осталась на уровне первой половины 2022 года, производство электроэнергии из ископаемых источников могло бы снизиться на 168 ТВт·ч, а выбросы сократились бы на 2,9% (-119 млн тонн CO₂).

На наш взгляд, влияние этой угрозы нельзя недооценивать, поскольку оно охватывает не только энергетику, но и ключевые аспекты экономики и социальной стабильности. Снижение доступности водных ресурсов приведет к росту затрат на охлаждение атомных и тепловых электростанций, что скажется на себестоимости производства электроэнергии. Кроме того, ожидается значительное увеличение энергопотребления в периоды жары, поскольку население и промышленные объекты будут нуждаться в интенсивном охлаждении воздуха. Это создаст дополнительную нагрузку на

энергосистемы, усугубляя риск перегрузок и перебоев в энергоснабжении. Важно учитывать, что изменение климата также окажет негативное влияние на сельское хозяйство, что в свою очередь может спровоцировать рост цен на продовольствие и усилить экономическую нестабильность.

Анализируя прогноз на 2050 год, можно сделать вывод, что вероятность реализации климатической угрозы остается крайне высокой. Уже сегодня можно наблюдать разрушительные последствия климатических изменений для энергетической системы, а в будущем их влияние станет еще более значительным. В этом контексте критически важным считается разработка и внедрение стратегий адаптации, включая эффективное управление водными ресурсами, модернизацию энергетической инфраструктуры и ускоренный переход на устойчивые источники энергии. Без этих мер энергосистемы окажутся под серьезной угрозой, а климатический фактор станет определяющим в формировании глобальной энергетической политики.

2) Гидроэнергетический кризис:

Гидроэнергетический кризис с вероятностью 85% представляет собой одну из ключевых угроз для энергетической безопасности в ближайшие десятилетия. Ожидается снижение уровня рек и водохранилищ из-за изменений в гидрологическом цикле, вызванных глобальным потеплением. В жарких регионах процесс испарения воды усилится, что приведет к уменьшению объемов воды, доступных для работы гидроэлектростанций. Уже сегодня можно наблюдать признаки этого кризиса: например, в 2023 году Франция была вынуждена отключить ряд атомных электростанций из-за недостатка охлаждающей воды [95], что демонстрирует прямую зависимость энергетической системы от водных ресурсов.

Влияние этой угрозы оценивается в 80%, поскольку во многих странах гидроэнергетика является основным источником электроэнергии. В Таджикистане, Кыргызстане, Норвегии, Бразилии и Канаде ГЭС составляют значительную долю в общем энергобалансе, что делает их энергосистемы особенно уязвимыми перед климатическими изменениями. Снижение

выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях приведет к росту зависимости от ископаемого топлива, что не только усилит нагрузку на угольные и газовые электростанции, но и спровоцирует рост цен на электроэнергию. В результате возможны перебои в энергоснабжении, увеличение стоимости производства и снижение доступности электричества для населения и бизнеса.

Прогноз на 2050 год подтверждает, что страны, зависящие от гидроэнергии, будут вынуждены инвестировать в альтернативные источники энергии, в том числе водородная энергетика и новые системы хранения электроэнергии, чтобы компенсировать потери мощности на ГЭС и минимизировать последствия климатических изменений.

3) Дефицит лития:

Дефицит лития с вероятностью 80% представляет собой одну из ключевых угроз для глобальной энергетики. Уже сегодня добыча лития становится проблемой, а согласно отчету консалтинговой компании [78] к 2050 году спрос на этот ресурс прогнозируется в 20 раз выше текущего уровня. 85% мировых запасов лития сосредоточены в Боливии, Австралии, Чили, Китае и Латинской Америке, что создает сильную энергетическую зависимость для других стран и делает цепочки поставок уязвимыми перед геополитическими рисками. При отсутствии альтернативных технологий стоимость батарей для возобновляемых источников энергии и электромобилей неизбежно возрастет, что может замедлить переход на чистую энергетику.

Влияние этой угрозы оценивается в 85%, поскольку нехватка лития способна серьезно замедлить развитие возобновляемых источников энергии, делая их менее доступными и экономически оправданными. Это, в свою очередь, усилит зависимость стран от ископаемого топлива, что поставит под угрозу планы по снижению выбросов углерода и декарбонизации экономики.

Выполняемый прогноз на 2050 год свидетельствует о том, что литий может стать «новой нефтью», а борьба за его добычу приведет к усилению геополитической напряженности. Уже сегодня наблюдается повышенный

интерес мировых держав к контролю над крупнейшими месторождениями, что может перерасти в торговые конфликты и экономическое давление на зависимые их импорта страны. Таким образом, без стратегического управления ресурсами и разработки альтернативных технологий хранения энергии возможно обострение глобального кризиса, связанного с нехваткой лития.

4) Кибератаки на энергосистему:

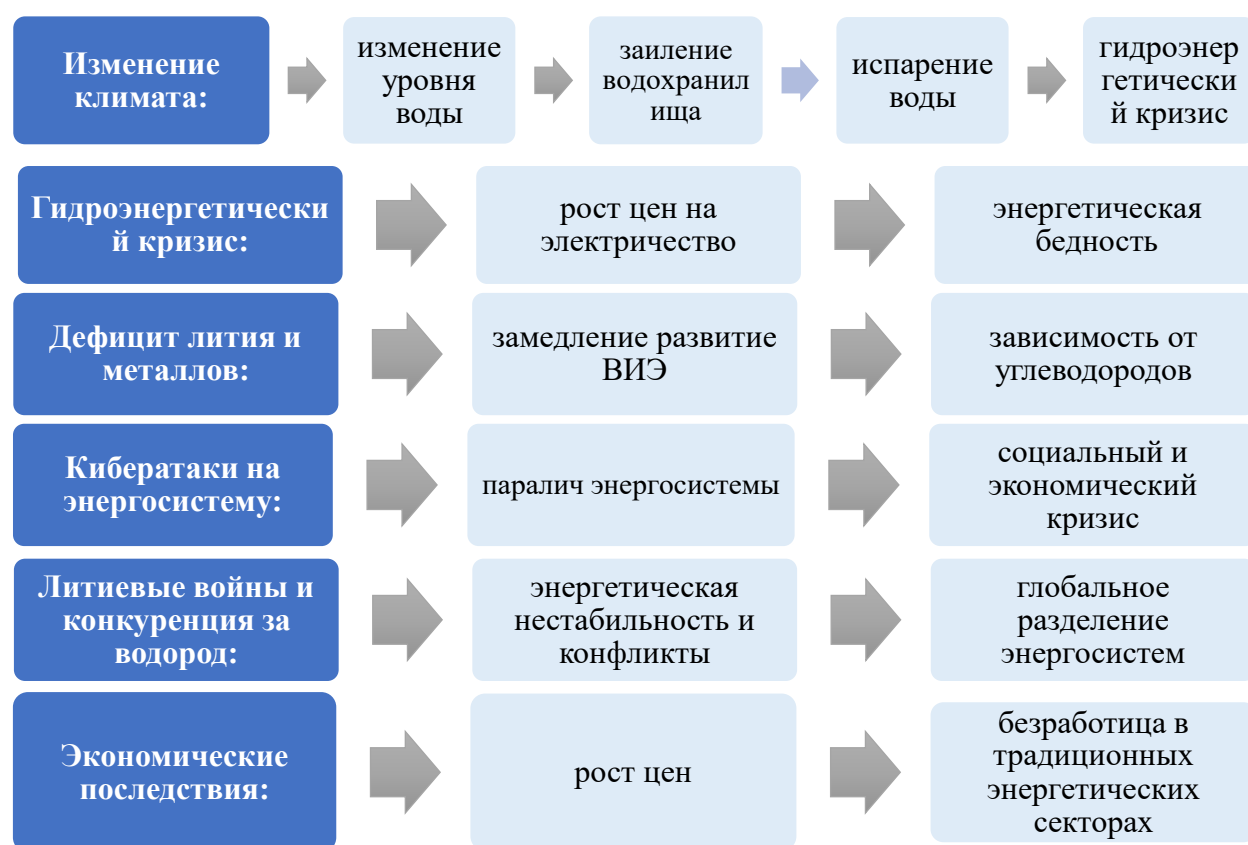
Кибератаки на энергосистему с вероятностью 90% становятся одной из самых серьезных угроз для глобальной безопасности, представляя собой новую форму энергетической войны. С 2015 по 2023 годы количество атак на энергетическую инфраструктуру возросло в три раза, что свидетельствует о растущей заинтересованности хакерских группировок и государств в использовании цифровых атак как инструмента дестабилизации. Уже были зафиксированы случаи массовых отключений электроэнергии в результате кибератак, например, в Украине и США, что подчеркивает реальность данной угрозы. Современные энергосистемы становятся все более интеллектуальными, автоматизированными и подключенными к цифровым платформам, что делает их одновременно более эффективными, но и уязвимыми перед киберугрозами.

Влияние кибератак на энергосистему оценивается в 95%, поскольку отключение энергоснабжения в крупном городе или промышленном центре может привести к экономическому и социальному хаосу. Нарушение работы энергосистем способно парализовать транспортную инфраструктуру, остановить работу больниц, промышленных предприятий и банковского сектора, что приведет к значительным экономическим потерям и угрозе безопасности населения. Дестабилизация энергоснабжения стратегически важных объектов может стать катализатором масштабных кризисов, включая перебои в поставках продовольствия и топлива.

Существующие прогнозы на 2050 год показывают, что энергетическая война будущего будет вестись не с помощью ракет и танков, а через атаки

вирусов и хакерских программ, способных вывести из строя критически важные энергосистемы. В этой связи защита энергосистем должна стать приоритетом для государств, энергетических компаний и международных организаций. Без значительных инвестиций в кибербезопасность, развитие технологий защиты от цифровых угроз и создание международных механизмов координации киберобороны энергетическая инфраструктура останется одной из самых уязвимых сфер, а потенциальные атаки могут привести к катастрофическим последствиям.

Данные рисунка 1.4 иллюстрируют эффект взаимосвязей ключевых угроз энергетической безопасности, демонстрируя каскадное влияние климатических, экономических и технологических факторов.



Источник: Составлено автором

Рисунок 1.4 - Каскадный эффект взаимосвязи угроз энергетической безопасности

Как видно из рисунка, изменение климата оказывает прямое воздействие на уровень воды в водохранилищах, что, в свою очередь, приводит к усилению процессов испарения воды и снижению эффективности КПД ГЭС. В свою очередь гидроэнергетический кризис, создает предпосылки для энергетического дефицита, что влечет за собой рост цен на электроэнергию и повышенный риск энергетической бедности в уязвимых регионах.

Также прослеживается взаимосвязь между дефицитом лития и редкоземельных металлов и замедлением развития возобновляемых источников энергии. Рост цен на ключевые материалы, представленный на рисунке, формирует барьеры для производства аккумуляторов и систем хранения энергии, что препятствует широкому распространению ВИЭ и увеличивает зависимость энергосистем от традиционных углеводородных источников.

Еще одним значимым фактором, отраженным на рисунке, является угроза кибератак на энергосистему. Как показано, цифровизация энергетического сектора сопровождается повышением уязвимости к внешним вмешательствам, что может привести к параличу энергосистемы и системному кризису в случае координированных атак на критически важную инфраструктуру.

Кроме того, рисунок демонстрирует, что в долгосрочной перспективе возможны геополитические конфликты, вызванные конкуренцией за стратегически важные ресурсы. В частности, показано, как будущие "литиевые войны" и борьба за лидерство в водородной энергетике могут привести к глобальному разделению энергосистем. Это подтверждает необходимость разработки международных механизмов регулирования и стратегического планирования энергетической политики.

Таким образом, представленный рисунок визуализирует комплексный характер угроз энергетической безопасности, подчеркивая важность системного подхода к разработке механизмов адаптации и управления рисками.

**Таблица 1.4 – Стратегические меры предотвращения рисков
энергетической безопасности**

Угрозы	Рекомендации	Описание
Изменение климата	Развитие адаптивных энергосистем	Переход на децентрализованные и устойчивые энергосети, умные сети.
	Инвестиции в ВИЭ с учетом региональных климатических рисков	Развитие солнечной и ветровой энергетики в зонах с низкими климатическими рисками.
Гидроэнергетический кризис	Системы уменьшения испарения воды	Применение покрытий на водохранилищах, развитие плавающих солнечных панелей.
	Оптимизация водопользования	Разработка систем замкнутого водооборота на АЭС и ТЭС.
Дефицит лития и металлов	Развитие альтернативных аккумуляторов	Разработка батарей на натрии, графене, переработка использованных батарей.
	Расширение добычи и переработки	Создание новых цепочек поставок, инвестиции в переработку редкоземельных металлов.
Будущие «литиевые войны»	Создание международного литиевого соглашения	Разработка глобальных механизмов управления ресурсами лития и кобальта.
Конкуренция за водород	Развитие водородной инфраструктуры	Создание международных проектов по транспортировке и хранению водорода.
Кибератаки на энергосистему	Кибербезопасность энергетики	Развитие систем защиты умных сетей, создание центров быстрого реагирования на атаки.
Глобальное разделение энергосистем	Гармонизация энергетической политики	Создание единых стандартов для энергосетей и взаимного доступа к ресурсам.
Рост цен на энергию	Энергоэффективность и инновации	Внедрение новых технологий для снижения энергопотребления и потерь.
Безработица в традиционных энергетических секторах	Программы переквалификации	Подготовка кадров для работы в новых энергетических секторах (ВИЭ, водород, умные сети).

Источник: Составлено автором

На основе вышеприведённого анализа нами предлагается стратегические меры предотвращения рисков энергетической безопасности. Как видно из таблицы 1.4 включают три ключевых направления: политические и экономические меры, технологические решения и социальные программы. В рамках политических и экономических мер предлагается внедрение

глобальных стандартов энергоэффективности и углеродного регулирования, создание международных соглашений по контролю за редкоземельными металлами, а также развитие программ адаптации экономики к изменениям в энергетическом балансе. Технологические решения направлены на развитие альтернативных технологий хранения энергии, включая натриевые и графеновые батареи, защиту энергосетей от кибератак с интеграцией искусственного интеллекта в системы предсказания угроз, а также применение гидрогелевых покрытий и технологий сохранения воды для минимизации испарения.

Социальные программы предполагают подготовку кадров для работы в новых технологических условиях, разработку программ социальной поддержки, ориентированных на создание рабочих мест в сфере возобновляемых источников энергии.

1.4. Методические основы управления энергетической безопасностью

Толкование понятия «управление» за последние десятилетия претерпело изменения в результате социальных, экономических, климатических и технических перемен, охвативших все страны. В этой связи в настоящее время отмечается соответствующий переход от традиционного понятия «управление», определенного строго в рамках концепции «страна-государство», к расширенной концепции «управления», обусловленной признанием существования различных уровней (глобального, международного, регионального, местного) и аспектов (экологического, экономического, энергетического, политического и других) управления, взаимосвязанных и взаимобуславливающих друг друга. Вместе с тем исследование показывает, что всех их, по сути, объединяет единственная цель – достижение устойчивого развития. При этом под устойчивым развитием понимается такое развитие, которое направлено на удовлетворение социальных, политических и экономических потребностей общества, на формирование способностей противостоять или адаптироваться к угрозам и

вызовам, имеющим различную природу. Устойчивое развитие, другими словами, направлено на минимизацию степени уязвимости общества, обусловленной изменением климата и связанных с этим негативных последствий.

Изменение климата требует пересмотра традиционных подходов к управлению энергетической безопасностью и направлено на обеспечение энергоснабжения, снижение зависимости от внешних источников и учет экологических вызовов. Эффективное управление энергетической безопасностью позволяет минимизировать риски дефицита энергоресурсов, поддерживать экономическую стабильность и возможности устойчивого развития.

Теория управления энергетической безопасностью базируется на стратегическом и риск-ориентированном подходах. К основным элементам теории управления энергетической безопасностью могут быть отнесены:

- Анализ и прогнозирование рисков в энергетическом секторе и связанных с ним секторах экономики (например, водохозяйственная система).
- Разработка стратегий и программ по обеспечению энергетической безопасности.
- Систематический мониторинг состояния энергетической инфраструктуры.
- Координация действий между всеми заинтересованными сторонами (например, производители и потребители энергоносителей, водопользователи и т.д.).

К основным принципам управления энергетической безопасностью можно отнести следующие:

- *Комплексность*: охват всех элементов энергетического комплекса, включая добычу (производство), переработку, транспорт и потребление энергетических ресурсов.
- *Системность*, что предполагает интеграцию энергетической безопасности в общую систему национальной безопасности.

- *Гибкость*, предусматривающую способность и возможность адаптироваться к изменяющимся условиям и новым угрозам.
- *Сбалансированность*: учет экономических, экологических и социальных интересов.
- *Прозрачность*: доступность информации о деятельности всех структурных элементов энергетического комплекса для заинтересованных сторон.
- *Интеграция и энергетическая дипломатия*: сотрудничество на международном уровне и взаимодействие между государством, частным сектором и международными организациями.
- *Гибкость*: способность адаптироваться к изменяющимся внутренним и внешним условиям.
- *Превентивность*: предупреждение рисков и угроз энергетической безопасности.

В соответствии с особой социальной значимостью доступа к энергоносителям, целью управления энергетической безопасностью на наш взгляд является *обеспечение гарантированного доступа к экологически чистым энергоносителям на основе устойчивого функционирования энергетического комплекса, предусматривающего минимизацию рисков и угроз, связанных с производством, транспортом, хранением и использованием энергетических ресурсов.* Поставленная цель управления энергетической безопасностью достигается успешным решением следующих задач:

- обеспечение бесперебойного энергоснабжения всех отраслей экономики и населения;
- снижение зависимости от импорта энергоресурсов;
- поддержание конкурентоспособности энергетического комплекса, включая эффективное использование производственных мощностей, качество производимых энергоносителей;
- развитие возобновляемых источников энергии и реализация политики энергосбережения;

- защита объектов энергетической инфраструктуры от природных катаклизмов и киберугроз;
- минимизация экологического воздействия энергетической отрасли на окружающую среду;
- эффективная кадровая политика.

Теоретические подходы к управлению энергетической безопасностью описаны в работах многих ученых. Так Ловинс А. Б. [116] акцентирует свое внимание на мерах повышения энергетической эффективности, считая их основным механизмом снижения рисков. Исследования Соломин Д.В. [36] посвящены государственному регулированию энергетической безопасности. Анализу угроз энергетической безопасности в условиях глобализации и соответствующим методам управления ими посвящены исследования Багиров А. Т. [15], Д. Хельм в своей работе [119] приводит экономический анализ энергетических рынков и стратегий управления с акцентом на энергетическую безопасность. Особый интерес представляет оценка влияния экономического роста на энергетическую безопасность, представленная Дэвид Стерн в статье [120].

В странах Центральной Азии также проводятся институциональные научные исследования в области управления энергетической безопасностью. Например, исследования Казахского института стратегических исследований (КИСИ), посвященные анализу энергетической безопасности в условиях перехода к ВИЭ, а также разработки коллектива ученых Университета им. Назарбаева, касающиеся гидроэнергетики и трансграничного управления водными ресурсами. Национальный институт энергетики Республики Узбекистан разрабатывает стратегии повышения энергоэффективности и снижению зависимости от ископаемых ресурсов. Известны исследования кыргызских ученых, посвященные оценке потенциала гидроэнергетики и её интеграции с соседними странами. В Таджикистане заметный вклад в обеспечение энергетической безопасности вносят ученые Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. Их исследования посвящены техническим и экономическим аспектам управления

энергетической безопасностью, включая локальные системы энергоснабжения на основе ВИЭ, использование искусственного интеллекта в управлении режимами работы энергетических установок, энергосбережение и энергоэффективность, управление внешним долгом, аккумулированным в электроэнергетике, разработку стратегических программ устойчивого развития национальной энергетики. Настоящее исследование по сути является их развитием в плане взаимосвязи энергетической безопасности и климатических тенденций.

Управление энергетической безопасностью как показывает исследование представляет собой многогранную задачу, требующую создания комплексных планов действий, применения профилактических инструментов и согласования усилий между поставщиками электроэнергии (производители), потребителями, а также организациями, занимающимися транспортировкой и переработкой этих ресурсов. Автором настоящего исследования на основании изучения международного опыта и мнений экспертов предпринята попытка систематизировать существующие в международной практике методы управления энергетической безопасностью.

Методы управления энергетической безопасностью можно разделить на несколько категорий в зависимости от их направленности:

• **Институциональные методы**, к основным задачам которых можно отнести:

- разработка и реализация законов, регулирующих все сферы энергетики (добыча, транспортировка, использование и охрана энергетической инфраструктуры);
- формирование государственной политики в области энергетики, включая разработку стратегий и планов долгосрочного развития энергетического сектора;
- создание эффективной структуры государственных и регулирующих органов;
- разработка национальной стратегии энергетической безопасности для минимизации рисков, связанных с энергетическими угрозами;

- определение приоритетов и долгосрочных целей в энергетическом секторе;
- регулирование и контроль на основе создания нормативно-правовой базы для регулирования энергетических рынков;
- надзор за соблюдением стандартов безопасности и устойчивости;
- мониторинг и анализ рисков, предусматривающих оценку внутренних и внешних угроз (геополитические конфликты, технологические аварии, природные катастрофы);
- анализ уязвимости энергетической инфраструктуры;
- разработка планов и организация мер на чрезвычайные аварийные ситуации;
- координация и сотрудничество направленные на взаимодействие между государственными органами, частным сектором и международными партнерами;
- межведомственное и международное сотрудничество для координации действий в области энергетической безопасности.

• **Экономические методы** направлены на:

- субсидирование стратегически важных подсистем энергетического комплекса;
- регулирование тарифов на электрическую энергию, имеющей социальную значимость, для обеспечения ее доступности и стабильности цен
- введение налоговых льгот для стимулирования инвестиций в энергетическую инфраструктуру;
- развитие механизмов государственно-частного партнерства.

• **Административные методы** управления энергетической безопасностью включают:

- лицензирование и сертификацию энергетических компаний;
- введение ограничений (квот) и нормативов по использованию энергетических ресурсов;

- определение стандартов энергоэффективности для промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства;

- контроль за выполнением требований безопасности.

- **Технологические методы** направлены на:

- внедрение инновационных технологий с целью повышения эффективности производства, преобразования и использования энергоресурсов;

- развитие и модернизация энергетической инфраструктуры, включая цифровизацию энергетических систем;

- использование систем мониторинга и раннего предупреждения.

- **Энергетическая дипломатия**, предусматривает установление международных соглашений и договоренностей для регулирования совместного использования ресурсов, например таких, как вода и энергия. Примером могут быть соглашения по управлению трансграничными водными ресурсами в Центральной Азии.

- **Информационно-аналитические методы** включают:

- анализ рисков и прогнозирование угроз;

- обеспечение информационной прозрачности и обмена данными между ключевыми участниками;

- разработка образовательных программ и повышение квалификации кадров.

- **Методы управления рисками реализации угроз:**

- идентификация и оценка потенциальных угроз;

- разработка стратегий минимизации последствий кризисных ситуаций;

- создание резервов ресурсов и диверсификация их поставок.

Следует отметить, что использование соответствующих методов управления энергетической безопасностью предполагает наличие соответствующих структурных компонентов.

Например, *институциональные методы управления энергетической безопасностью* предусматривают создание и функционирование

государственных органов - Министерств и ведомств, определяющих энергетическую политику, регулирующих органов - агентства по контролю за энергетическими рынками, службы надзора за энергетической инфраструктурой, международных организаций, государственных и частных энергетических компаний, ПЭС, производителей и дистрибьюторов энергии, финансовых организаций - инвестиционные институты и консорциумы, научно-исследовательских институтов и образовательных учреждений - экспертные центры, аналитические агентства, университеты, занимающиеся подготовкой и повышением квалификации кадров для энергетического сектора. В современных условиях следует отметить особый статус международных организаций, координирующих действия стран в рамках единой политики. Последнее весьма актуально на наш взгляд в Центральной Азии. Страны этого региона для сохранения устойчивого развития должны придерживаться единых принципов в управлении энергетической и связанной с ней водной безопасностью. Заслуживает в этом плане опыт управления энергетической безопасностью ЕС, где функционирует Агентство по сотрудничеству регуляторов энергетики (ACER).

Таким образом, институциональное управление энергетической безопасностью страны — это сложный многоуровневый процесс, направленный на обеспечение надежности, устойчивости и независимости энергетического сектора. Оно предполагает активное взаимодействие государственных и частных структур, эффективное использование правовых, экономических и управленческих механизмов, а также готовность к оперативному реагированию на новые вызовы и угрозы.

К экономическим методам управления энергетической безопасностью может быть отнесены тарифная и инвестиционная политики. Регулирование тарифов на электрическую энергию, являясь инструментом экономического регулирования, направлено на обеспечение доступности электроэнергии и поддержку инвестиций в энергетическую инфраструктуру. Инвестиционная политика направлена на привлечение капитала в развитие энергетической инфраструктуры и внедрение инновационных технологий. Государственное

регулирование деятельности естественных монополий, которое относится к институциональным и экономическим методам, предусматривает контроль за деятельностью компаний, занимающихся транспортировкой и распределением энергии, чтобы предотвратить злоупотребления. Государственная политика в области энергетики, являясь выражением комплексного подхода, объединяющего институциональные, стратегические и экономические методы, направлена на обеспечение баланса между энергетической независимостью, экологической устойчивостью и экономической эффективностью.

В зависимости от геополитических условий, уровня экономического развития и наличия ресурсной базы можно выделить несколько инструментов и механизмов управления энергетической безопасностью, которые получили распространение в международной практике. Основными из них являются:

- *Диверсификация источников энергии*, предусматривающая вовлечение в хозяйственный оборот различных видов энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь, атомная энергия, ВИЭ). Примером могут быть страны ЕС, которые, как было отмечено выше, проводят активную политику диверсификации поставок газа, включая импорт СПГ и развитие альтернативных трубопроводов. Заслуживают внимания и меры, предпринимаемые странами Центральной и Юго-восточной Азии, Ближнего Востока по развитию программ освоения солнечной энергии.

- *Инвестирование в энергетическую инфраструктуру*, предусматривающие финансирование проектов модернизации и развития электрических сетей, хранилищ и линий электропередачи и трубопроводов.

- *Стимулирование энергоэффективности*. Эти методы включают разработку и введение в практику стандартов энергоэффективности для промышленности, строительства зданий, транспорта и других сфер экономики.

- *Создание стратегических резервов*. Эти методы, направлены на формирование запасов нефти, газа, воды и других ресурсов для использования в кризисные периоды.

- Развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которое направлено на развитие солнечной, ветровой и гидроэнергетики.

Как и на любой управленческий процесс, на эффективность управления энергетической безопасностью могут оказывать различные ограничения. Эти ограничения имеют различную природу и интенсивность проявления их в определенной мере зависит от того на каком иерархическом уровне осуществляется управление. Наиболее значимые ограничения представлены на рисунке 1.5.

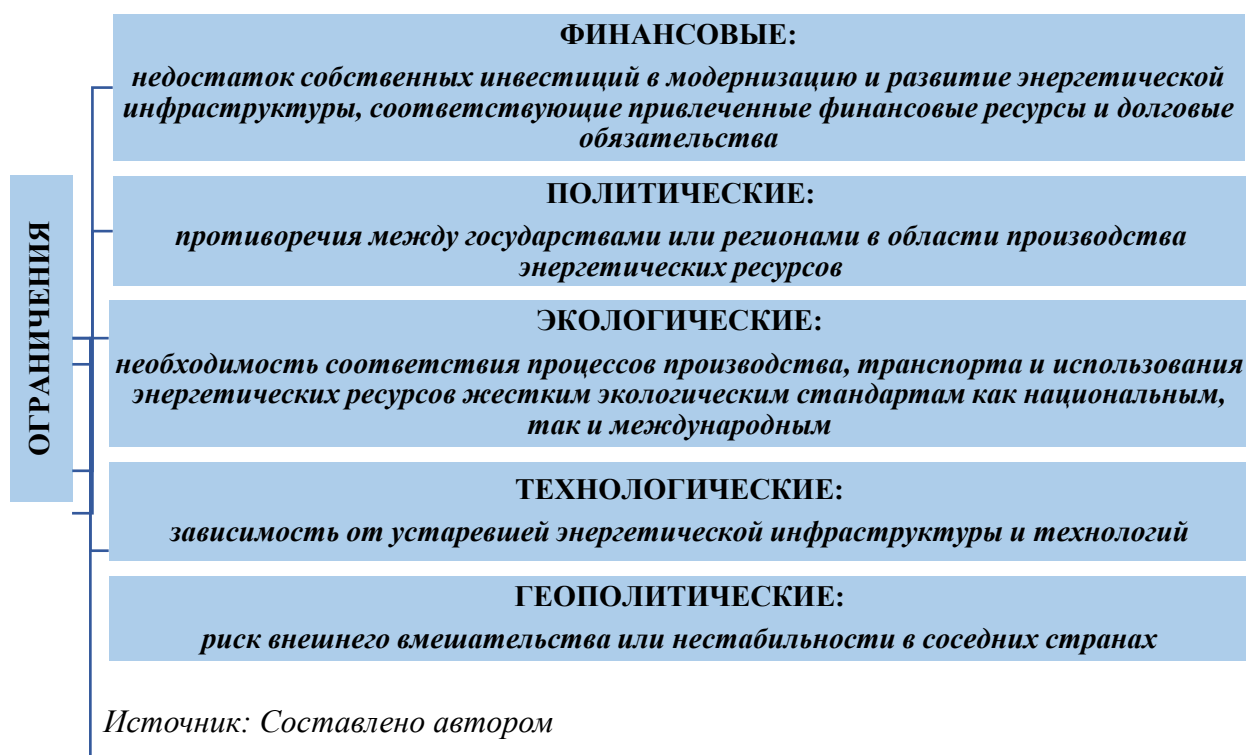


Рисунок 1.5 - Ограничения, влияющие на эффективность управления энергетической безопасностью

Глобализация энергетических рынков, выраженная подверженностью энергетической безопасности политическим, климатическим и финансовым рискам и другие факторы, отмеченные в предыдущей главе, предопределили прямое и косвенное участие международных организаций в управлении энергетической безопасностью интеграционных формирований, отдельных континентов, сообществ производителей энергетических ресурсов, что иллюстрируется на рисунке 1.6.



Источник: Составлено автором

Рисунок 1.6 - Прямое и косвенное участие международных организаций в управлении энергетической безопасностью

Эффективность мер по обеспечению энергетической безопасности, инициируемых правительствами отдельных стран, зависит от их приверженности перечисленным выше основным принципам, минимизации ограничений, а также активного участия в инициативах международных организаций. Именно это позволяет обеспечить устойчивое энергетическое развитие в условиях современных вызовов.

В международной практике уже накоплен некоторый опыт управления энергетической безопасностью. Например, в ЕС реализованы меры по созданию внутреннего энергетического рынка, что обеспечивает диверсификацию поставок энергоносителей. Инвестиции в освоение ВИЭ осуществляются через специальные программы, такие как Horizon Europe. Что касается США, значительные инвестиции в создание стратегических резервов

энергоносителей и соответствующую инфраструктуру делают страну независимой от внешних шоков.

Однако несмотря на развитую энергетическую инфраструктуру и инновации, обеспечивающие энергетическую безопасность, экологические аспекты управления часто уступают экономическим. Опыт КНР по управлению энергетической безопасностью свидетельствует о его направленности на освоение ВИЭ и реализацию программ повышения энергоэффективности и энергосбережения. Однако в этой стране слабыми аспектами управления энергетической безопасности остаются выраженная зависимость экономики от угля и высокая степень загрязнения окружающей среды выбросами продуктов его сгорания, что ограничивает рост индекса энергетической безопасности.

Особая роль энергетической безопасности в обеспечении устойчивого развития как на глобальном уровне, так и в масштабах отдельных стран и регионов, способствовала формированию ряда международных организаций, деятельность которых ориентирована на комплексное изучение актуальных энергетических проблем. Их исследования охватывают такие ключевые направления, как доступность энергетических ресурсов, риски для энергетической и экологической безопасности в условиях изменения климата, снижение углеродного следа, а также расширение использования возобновляемых источников энергии. Все эти аспекты направлены на достижение целей устойчивого и экологически ориентированного развития энергетического сектора.

В настоящее время существует множество международных энергетических институтов и организаций, которые играют ключевую роль в координации энергетических политик и обеспечении устойчивости мировых энергетических рынков. В приложение 1 приведены некоторые из них.

Анализ деятельности приведенных в приложении 1 международных энергетических организаций и институтов позволил выделить следующие ключевые направления их специализации и деятельности:

– **Глобальная координация и сотрудничество.** Международные энергетические организации играют ключевую роль в координации усилий между государствами, международными корпорациями и другими заинтересованными сторонами. Это сотрудничество играет важную роль в решении ключевых глобальных вызовов, включая обеспечение стабильного и устойчивого энергоснабжения, продвижение экологически чистых источников энергии, а также снижение риска возникновения энергетических противоречий и конфликтов.

– **Обеспечение энергетической безопасности.** Ряд международных организаций, включая Международное энергетическое агентство (МЭА) и Организацию стран – экспортёров нефти (ОПЕК), активно участвуют в стабилизации глобальных энергетических рынков. Их деятельность направлена на снижение зависимости от внешних поставок энергии, обеспечение надёжности энергоснабжения и минимизацию рисков сбоев в энергетических цепочках как на национальном, так и на международном уровнях.

– **Содействие устойчивому развитию энергетического сектора.** Организации, такие как IRENA и UN-Energy, активно продвигают политику использования возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности и сокращение выбросов углерода, что способствует устойчивому доступу к экологически чистым энергоносителям и продвижения к целям к зеленой энергетике, обеспечения энергетической безопасности.

– **Научные исследования и инновации.** Многие институты и форумы, например, ERI или GERC, занимаются научными исследованиями и разработками в области новых технологий и решений, направленных на повышение энергоэффективности и снижение экологических рисков.

– **Региональная специализация и разнообразие подходов.** Организации, такие как ЕСЭП и Азиатский форум энергетической безопасности, подчеркивают важность регионального подхода, отражающего

уникальные потребности в энергоносителях и вызовы в различных частях мира, включая геополитические особенности, доступ к ресурсам и уровень технологического развития.

– *Роль в управлении конфликтами.* Организации, такие как Энергетическая Хартия или Форум стран-экспортеров газа, предоставляют платформу для урегулирования споров и снижения напряженности между странами, особенно в условиях конкурентной борьбы за энергоресурсы.

– *Энергетическая дипломатия и интеграция рынков.* Эти институты способствуют развитию энергетической дипломатии, интеграции национальных и региональных энергетических рынков, что ведет к укреплению взаимной зависимости в области доступа к энергетическим ресурсам, поиска взаимовыгодных политических и экономических инструментов снижения рисков экономических и политических кризисов.

Вовлекая в свои научные исследования научных экспертов из различных стран, эти международные структуры, как правило, рассматривают энергетическую безопасность через призму стабилизации энергетических рынков, содействия устойчивому энергетическому развитию, эффективного международного сотрудничества, развития технологий, мониторинга и аналитики, регулирования и стандартизации.

Таким образом, выполненное исследование свидетельствует о том, что международные энергетические организации объединяет стремление к созданию устойчивой, безопасной и предсказуемой глобальной энергетической системы. Они служат платформами для сотрудничества, решения конфликтов и поиска сбалансированных решений в области энергоснабжения, экологии и технологий.

В странах Центральной Азии также реализуются программы по освоению ВИЭ, совместные проекты по управлению водными ресурсами, что напрямую связано с энергетической безопасностью стран, на территории которых они формируются. В регионе ЦА, несмотря на наличие многообразных инициатив, направленных на повышение индекса энергетической

безопасности, их реализация ограничивается дефицитом финансовых ресурсов, отсутствием эффективной координации и согласованной политики в области энергетики и водных ресурсов. Многие аспекты управления энергетической безопасностью, в том числе климатическая уязвимость, зависимость от экспортной политики и мировых цен на энергетические ресурсы как в целом региона, так и отдельных его стран остаются актуальными.

Результаты выполненного SWOT-анализа деятельности в ЦА, направленной на повышение энергетической безопасности, иллюстрируется данными таблицы 1.5.

Таблица 1.5 - SWOT-анализ управления энергетической безопасностью в Центральной Азии

Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> • Значительный гидроэнергетический потенциал. • Региональные инициативы по развитию возобновляемой энергетики. • Наличие крупных инфраструктурных проектов (например, Рогунская ГЭС). 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Недостаточная координация между странами. ○ Ограниченные финансовые ресурсы. ○ Зависимость от устаревших технологий. ○ Выраженная зависимость от органического топлива 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Развитие трансграничных энергетических проектов. ■ Привлечение международных инвестиций. ■ Внедрение новых технологий и ВИЭ. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Усиление конкуренции за водные ресурсы ■ Геополитическая нестабильность ■ Последствия изменения климата для гидроэнергетики и ■ Внешний долг, аккумулированный в электроэнергетике

Источник: Составлено автором

Результаты выполненного анализа позволили обобщить имеющиеся недостатки существующих методов управления энергетической безопасностью региона ЦА, основными из которых являются:

- низкий уровень региональной координации, что выражается отсутствием согласованных действий между странами региона;
- выраженная зависимость от ископаемых ресурсов органического топлива, в том числе импортируемого;
- ограниченное освоение возобновляемых источников энергии;
- недостаток инвестиций, финансирование развития и модернизации энергетической инфраструктуры осуществляется в основном за счет внешних кредитных ресурсов, что повышает ее уязвимость;
- политическая нестабильность, обусловленная негативным влиянием внутренних и внешних конфликтов на поставки энергетических и водных ресурсов.

На основании выполненного анализа можно сделать следующие рекомендации по повышению эффективности управления энергетической и водной безопасностью в странах ЦА:

- Развивать ВИЭ и стимулировать инвестиции в энергоэффективные технологии.
- Создать региональные институты для координации энергетической и водной политики стран региона.
- Повысить эффективность управления таким аспектом энергетической безопасности, как интеграция климатических рисков в энергетические и водные стратегии всех стран региона.
- Использовать эффективные практики управления энергетической безопасностью на основе привлечения инвестиций в инновационное развитие энергетических и водохозяйственных систем, включая международные гранты и финансовые ресурсы частных инвесторов.
- Активно использовать эффективные инженерные методы управления энергетической безопасностью, предусматривающие инновационные технологии производства, хранения и транспортировки энергии и модернизации электрических сетей.
- Укрепление регионального сотрудничества через многосторонние соглашения.

- Создание единых стандартов и нормативов для энергетического сектора на региональном уровне.
- Проведение регулярного мониторинга и оценки рисков для адаптации национальных и региональных стратегий.
- Интеграцию ученых региона на проведении междисциплинарных научных исследований, направленных на обеспечение водной и энергетической безопасности, разработке и продвижению политики устойчивого социально-экономического развития всех стран региона на основе эффективного использования водных и энергетических ресурсов региона.
- В системе подготовки кадров для энергетического сектора обеспечить реализацию образовательных программ устойчивого энергетического развития.

Таким образом, методы управления энергетической безопасностью требуют адаптации их с одной стороны к условиям конкретной страны, а с другой должны предусматривать их координацию межгосударственными структурами. При этом следует отметить, что эффективность методов управления повышается благодаря институциональной поддержке. Центральная Азия, как регион с высоким потенциалом, может добиться значительного прогресса за счет укрепления региональной координации, внедрения ВИЭ и интеграции климатических рисков в энергетическую политику.

Выводы по первой главе

Эволюция теории энергетической безопасности и ее понятийного аппарата отражает изменения глобальных вызовов и приоритетов. От первоначального акцента на стабильности поставок нефти концепция расширилась до междисциплинарного подхода, включающего экологические, социальные и технологические аспекты. Одним из главных призывов является поиск сбалансированной политики между экономическим развитием,

устойчивостью и национальной безопасностью. В будущем энергетическая безопасность останется ключевым направлением для обеспечения устойчивого развития в условиях глобальных, региональных и страновых изменений.

Энергетическая безопасность эволюционировала от узкого понимания, связанного с обеспечением поставок традиционных энергоресурсов (нефть, газ, уголь), к более широкому понятию, включающему: возобновляемую энергетику; вопросы климатической безопасности; цифровизацию и киберзащиту энергетической инфраструктуры.

Различия в подходах к определению энергетической безопасности среди учёных обусловлены различными акцентами, которые они делают в своих исследованиях, а также спецификой рассматриваемых аспектов и контекстов. Одни исследователи концентрируют внимание на защите национальных интересов, другие подчёркивают необходимость глобального сотрудничества, учитывая взаимозависимость энергосистем различных стран.

Экономическая и экологическая составляющие также становятся предметом дискуссий. Некоторые специалисты считают основным критерием доступность энергоресурсов по приемлемой цене, что важно для поддержания стабильности экономики. В то же время другие акцентируют внимание на переходе к экологически чистым источникам энергии и их интеграции в повестку устойчивого развития.

Имеют место расхождения в подходе к временным перспективам. Краткосрочные планы фокусируются на оперативных мерах для предотвращения перебоев в поставках и других текущих угрозах. Долгосрочные подходы направлены на развитие стратегических решений, включая внедрение инновационных технологий и подготовку к новым вызовам.

Определение угроз также становится предметом споров. Традиционно акцент делается на экономических, геополитических и технических рисках. Однако современные вызовы, такие как кибератаки, изменение климата и цифровизация, часто остаются в стороне.

Наконец, вопрос доступности энергии может рассматриваться как на уровне государства, так и общества и отдельной личности. В первом случае речь идёт о стабильном обеспечении энергией ключевых отраслей и национальной безопасности, а во втором — о доступе к ресурсам для всех слоёв населения, включая борьбу с энергетической бедностью.

Таким образом, различия в подходах к определению энергетической безопасности отражают её сложность и многоаспектность. Эти разногласия обогащают научный дискурс и открывают новые возможности для разработки более сбалансированных и универсальных стратегий в этой сфере.

Необходимо отметить, что энергетическая безопасность требует комплексного подхода. Только согласованные действия правительств, бизнеса и научного сообщества позволят минимизировать риски и обеспечить стабильное развитие мировой энергетики.

Все перечисленные методы управления энергетической безопасностью в работе взаимосвязаны и усиливают друг друга при условии их комплексного применения. Законодательство и государственная политика служат основой, на которой строятся тарифное регулирование, инвестиционная политика и институциональные меры. Для повышения эффективности требуется четкая координация между всеми используемыми методами и учет современных вызовов, таких как изменение климата и геополитические риски. Поэтому управление энергетической безопасностью требует комплексного подхода, включая международное сотрудничество, модернизацию инфраструктуры и активное использование возобновляемых источников энергии. Учитывая уникальные вызовы Центральной Азии, необходимы дальнейшие усилия для координации усилий стран по обеспечению водно-энергетической безопасности и привлечения международной поддержки соответствующих проектов и программ.

ГЛАВА II. УЯЗВИМОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ

2.1. Глобальное потепление и его экономические последствия

Климатические изменения являются одной из наиболее острых глобальных проблем современности, последствия которой распространяются далеко за пределы отдельных государств и требуют согласованных международных усилий. Глобальное потепление — это процесс постепенного увеличения средней температуры Земли, который обусловлен как естественными процессами, так и антропогенной деятельностью. Ученые-климатологи установили, что человеческая деятельность является основным фактором глобального потепления, наблюдаемого за последние два столетия [96]. На сегодняшний день средняя температура Земли повысилась на $1,1^{\circ}\text{C}$ по сравнению с концом XIX века, до начала промышленной революции. Это делает современный климат самым теплым за последние 100 000 лет. Десятилетие с 2011 - 2020 гг. стало самым жарким за всю историю наблюдений, а каждое из последних четырех десятилетий превышало по температуре предыдущее, начиная с 1850 года [97].

Несмотря на то, что изменение климата нередко отождествляется с повышением среднегодовых температур, потепление представляет собой лишь один из множества взаимосвязанных элементов этого сложного и многогранного процесса. Поскольку Земля представляет собой взаимосвязанную систему, изменения в одном элементе неизбежно вызывают цепную реакцию в других сферах. В наши дни изменение климата приводит к ряду серьезных последствий, включая экстремальные засухи, дефицит водных ресурсов, масштабные лесные пожары, повышение уровня мирового океана, наводнения, ускоренное таяние полярных льдов, разрушительные ураганы и снижение биоразнообразия.

Согласно Межправительственной группе экспертов по изменению климата, с середины XX века основным фактором глобального потепления являются выбросы парниковых газов, вызванные деятельностью человека, включая сжигание ископаемого топлива, вырубку лесов и промышленную активность [98]. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) США подтверждает, что повышенная концентрация углекислого газа (CO_2) и других парниковых газов, таких как метан (CH_4) и закись азота (N_2O), приводит к изменению климата, способствуя нагреву атмосферы и океанов [99]. Согласно отчету Всемирной метеорологической организации (ВМО), глобальное потепление оказывает значительное влияние на устойчивое развитие человечества. Оно вызывает более частые и интенсивные экстремальные погодные явления, повышение уровня моря и изменения в распределении осадков, что угрожает продовольственной безопасности и биоразнообразию [100].

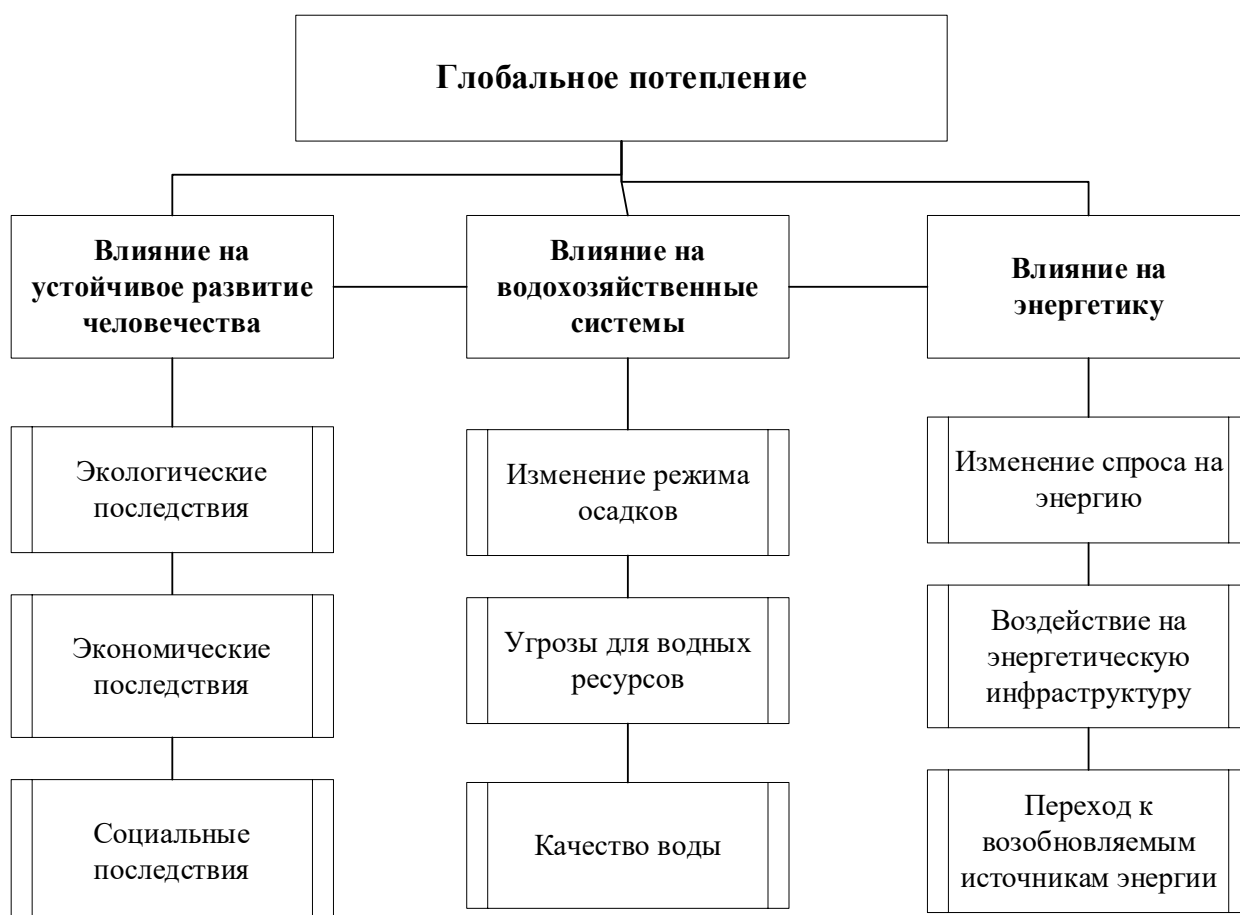
Программа ООН по окружающей среде отмечает, что изменение климата влияет не только на экологические, но и на экономические и социальные системы. В частности, изменение погодных условий приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, увеличению миграции населения и ухудшению здоровья людей. Существенное влияние изменение климата оказывает на энергетику [101].

Таким образом «глобальное потепление» — это процесс постепенного увеличения средней температуры земли, вызванный как естественными процессами, так и антропогенной деятельностью, особенно выбросами парниковых газов в результате использования ископаемых топлив, вырубки лесов и промышленной деятельности. Это явление оказывает значительное влияние на устойчивое развитие и безопасность человечества, энергетический сектор и водохозяйственные системы, что иллюстрируется рисунком 2.1.

Экологические последствия изменения климата проявляются, в частности, в ускоренном таянии ледников, росте уровня мирового океана, деградации экосистем и риске исчезновения отдельных видов растений и

животных. Подобные процессы представляют серьёзную угрозу для сохранения биологического разнообразия и устойчивости природных экосистем, которые играют ключевую роль в обеспечении функционирования и воспроизводства жизненно важных природных ресурсов.

Социальные последствия климатических изменений выражаются в учащении и усилении экстремальных природных явлений, включая засухи, наводнения, ураганы и другие стихийные бедствия. Эти процессы негативно сказываются на условиях жизни населения, способствуют разрушению инфраструктуры, вынужденной миграции и увеличению числа конфликтов, связанных с ограниченным доступом к жизненно важным природным ресурсам.



Источник: Составлено автором

Рисунок 2.1 - Блок-схема воздействия глобального потепления на экономику

Экономические последствия сводятся к повышению цен на ресурсы, повреждению инфраструктуры, снижению объемов сельскохозяйственного производства и увеличению затрат на восстановление после катастроф.

Влияние на энергетику проявляется в изменении спроса на энергоресурсы, что обусловлено ростом потребности в электроэнергии в летний период для охлаждения зданий и поддержания нормальных условий жизни, что создаст дополнительную нагрузку на энергетические системы и требует увеличения генерирующих мощностей. Глобальное потепление влияет на возможности использования традиционных (нефть, уголь, газ) и возобновляемых источников энергии. Например, снижение количества осадков, ухудшая питание рек, может снизить выработку электрической энергии на ГЭС, а повышение температуры может снизить эффективность работы тепловых электростанций. Может снижаться уровень ЭБ в разных регионах мира, что может привести к дефициту ресурсов, негативно влиять на глобальные и региональные энергетические рынки, ценообразование, экономическую и политическую стабильность.

Влияние на водохозяйственную систему проявляется в изменении климатических зон, увеличении частоты и интенсивности осадков в некоторых регионах, а в других — к засухам, также усиливается испарение с поверхности водоёмов. Это в свою очередь влияет на доступность воды для сельского хозяйства, населения, энергетики и промышленности. Таяние ледников и снежных покровов сокращает запасы пресной воды в горных районах, а повышение температуры может вызвать снижение уровня воды в реках и озерах, что затруднит водоснабжение и водоотведение. Инфраструктура водоснабжения и водоотведения может пострадать от изменений в водных режимах, повышения уровня океанов и наводнений. Для обеспечения устойчивости водохозяйственной системы необходимы соответствующие системы управления, включая использование водосберегающих технологий, перераспределение водных потоков, улучшение инфраструктуры.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что проблема глобального потепления, проявляясь во всех секторах экономики, требует комплексного подхода к исследованию, обуславливает необходимость разработки и реализации устойчивых и адаптивных стратегий обеспечения не только энергетической, но и водной, продовольственной безопасности. Для более глубокого понимания проблемы глобального потепления и его последствиями для устойчивого развития энергетики и водохозяйственной системы, нами рассмотрены несколько ключевых взаимосвязанных теоретических аспектов:

Как отмечено выше, глобальное потепление — это долгосрочный процесс увеличения средней температуры Земли в результате антропогенных (человеческих) и природных факторов, включающих повышение концентрации парниковых газов в атмосфере, таких как углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O) и водяной пар. Газы в атмосфере, задерживая тепло, обеспечивают поддержание температуры Земли на уровне, подходящем для жизни. Однако антропогенные выбросы парниковых газов усиливают этот эффект, что приводит к повышению температуры. Несмотря на глобальный характер проблемы, связанной с выбросами парниковых газов, их объемы существенно различаются по странам. Хотя все регионы мира вносят вклад в изменение климата и ощущают его последствия, наибольшая доля эмиссий приходится на ограниченное число государств. Так, по данным на 2020 год, около 50% всех мировых выбросов парниковых газов приходилось лишь на семь крупнейших эмитентов: Китай, США, Индию, Европейский союз, Индонезию, Россию и Бразилию.

В работе показаны существующие разногласия между обеспечением надежности потребления электроэнергии и воды, а также стабильности поставок данных ресурсов в регионе, что негативно сказывается на долгосрочном развитии энергетического сектора и управления водными ресурсами. Климат меняется, и это серьезно сказывается на безопасности государств и всего мира. Рост температуры на планете, более частые стихийные бедствия, изменение режима выпадения осадков и таяние ледников

приводят к истощению природных ресурсов. В результате этих перемен возникают социальные и экономические проблемы, зараждаются конфликты и усиливается неустойчивость в регионах, наиболее чувствительных к последствиям изменения климата. Уменьшение количества воды из-за таяния ледников и модификации характера выпадения осадков усугубляет дефицит водных запасов в районах, где вода критически важна для земледелия и производства электроэнергии. Данное развитие событий способно вызвать столкновение внутри государств и повысить уровень напряжения между странами, так что ведет к увеличению геополитической нестабильности.

Изменение климата способствует усилению миграционных потоков. Массовая миграция, в свою очередь, может приводить к социальным и политическим напряжениям как в принимающих странах, так и в странах исхода, что усугубляет региональную и международную безопасность. Рост числа беженцев и внутренне перемещенных лиц создает дополнительные вызовы для государственных систем управления, требуя от них не только гуманитарных, но и комплексных мер по интеграции мигрантов и стабилизации ситуации.

В долгосрочной перспективе изменения климата могут стать катализатором перераспределения геополитической силы. Страны, обладающие значительными запасами водных и энергетических ресурсов, могут получить стратегические преимущества, что, однако, ведет к усилению конкуренции за доступ к этим ресурсам. В условиях глобального потепления и ухудшения климатических условий вопросы энерго- и продовольственной безопасности становятся одними из главных факторов национальной безопасности, способными влиять на формирование внешнеполитических стратегий государств.

Международные соглашения по изменению климата направлены на снижение выбросов парниковых газов и адаптацию к последствиям глобального потепления. Рамочная конвенция ООН (UNFCCC, 1992) об изменении климата была создана с целью установления основ международного сотрудничества в борьбе с изменением климата. Она была

подписана 154 странами на Саммите Земли в Рио-де-Жанейро, включая США, Россию, Китай, страны ЕС и развивающиеся страны. Конвенция стала платформой для будущих переговоров и соглашений, таких как Киотский протокол и Парижское соглашение [122].

Международные соглашения, такие как Парижское соглашение, направлены на снижение выбросов парниковых газов и смягчение последствий изменения климата, однако их выполнение требует скоординированных усилий всех стран мира. В рамках таких соглашений страны вынуждены адаптировать свои национальные стратегии, интегрируя вопросы изменения климата в систему государственной безопасности, что подразумевает развитие механизмов управления природными ресурсами, модернизацию инфраструктуры и повышение устойчивости экономики к климатическим рискам.

В настоящее время для исследования процесса изменения климата, прогнозирования последствий его воздействия на различные сектора экономики используются математические модели и разрабатываются соответствующие стратегии, на основе использования механизмов адаптивного управления осуществляется постоянная корректировка стратегий и действий в ответ на климатические тренды.

Таким образом изменение климата является многоаспектной угрозой для безопасности, провоцируя дефицит ключевых природных ресурсов, усугубляя продовольственную, энергетическую и водную безопасность, способствует возникновению социальных конфликтов и миграционных потоков, а также ведет к дестабилизации инфраструктуры. Для смягчения этих последствий необходимо принимать комплексные меры, включающие модернизацию систем управления ресурсами, в том числе энергетическими, развитие адаптационных программ, усиление международного сотрудничества и выполнение обязательств по международным климатическим соглашениям. Только таким образом можно обеспечить устойчивость и безопасность в условиях быстро меняющегося климата.

В настоящее время на глобальном уровне уже функционируют международные институциональные механизмы и соглашения, направленные

на противодействие климатическим изменениям и достижение устойчивого развития. К числу таких инструментов относятся Цели устойчивого развития, Рамочная конвенция ООН об изменении климата и Парижское соглашение. Киотский протокол, предшествовавший Парижскому соглашению, был ориентирован на установление обязательных квот по сокращению выбросов парниковых газов для промышленно развитых стран.

В рамках международного сотрудничества выделяются три ключевых направления климатической политики: снижение объемов парниковых выбросов, адаптация к уже проявляющимся последствиям изменения климата, а также обеспечение финансирования мероприятий, необходимых для адаптационных процессов.

Одним из важнейших путей декарбонизации экономики выступает трансформация энергетического сектора — переход от использования ископаемых видов топлива к возобновляемым источникам энергии, таким как солнечная и ветровая. Это способствует существенному сокращению антропогенных выбросов, провоцирующих потепление. Следует также отметить расширение числа государств, взявших на себя обязательства по достижению углеродной нейтральности к 2050 году, что рассматривается как необходимое условие удержания роста глобальной температуры на уровне ниже 1,5°C. Реализация этой цели требует существенного сокращения потребления угля, нефти и природного газа.

Реализация мер по противодействию климатическим изменениям требует существенных финансовых ресурсов, как со стороны государств, так и со стороны частного сектора. Одним из ключевых элементов международной климатической политики является выполнение промышленно развитыми странами своих финансовых обязательств по мобилизации 100 миллиардов долларов ежегодно в пользу развивающихся государств. Эти средства предназначены для поддержки процессов адаптации к изменяющимся климатическим условиям и содействия переходу к экологически устойчивой "зелёной" экономике.

На сегодняшний день Парижское соглашение ратифицировано 194 странами, что свидетельствует о широком международном консенсусе в

вопросах климатической политики. Документ обязывает государства-участники предпринимать меры по сокращению национальных выбросов парниковых газов, а также совместно работать над адаптацией к уже проявляющимся климатическим последствиям. Одним из ключевых достижений соглашения стало формирование механизма прозрачного мониторинга и отчётности, позволяющего отслеживать прогресс стран в достижении климатических целей. Реализация положений Парижского соглашения играет важную роль в достижении Целей устойчивого развития, выступая в качестве стратегической основы — своеобразной «дорожной карты» — для глобальных действий в сфере смягчения и адаптации к изменению климата.

Кигальская поправка к Монреальскому протоколу 2016 года была принята с целью сокращения использования гидрофторуглеродов (ГФУ), мощных парниковых газов, применяемых в холодильных установках и кондиционерах. Поправка была подписана более чем 170 странами. Она считается одним из наиболее успешных соглашений по борьбе с климатическими изменениями, с прогнозируемым сокращением глобального потепления на 0,5 °C к 2100 году.

Климатический пакт Глазго, 2021 года был принят с целью усиления климатических обязательств, данных в рамках Парижского соглашения. Он включает призыв к постепенному сокращению использования угля и субсидий на ископаемые топлива, усиление финансовой поддержки развивающихся стран и обязательства по уменьшению выбросов метана. Документ был принят на COP26 и поддержан более чем 190 странами.

В международной практике противостояния изменению климата широко применяются двусторонние и региональные соглашения. В 2021 году США и Китай сделали совместное заявление о намерении сотрудничать в сокращении выбросов метана и развитии возобновляемой энергетики. Европейский Союз реализует стратегию «Зеленый курс», направленную на достижение углеродной нейтральности к 2050 году, а также развивает региональные инициативы, такие как Европейская система торговли выбросами. В 2023 году на Африканском климатическом саммите

обсуждались вопросы климатической справедливости и финансовой помощи Африке для борьбы с последствиями изменения климата.

Объективная необходимость международного сотрудничества обусловлена тем, что, во-первых, развитые страны исторически несут больше ответственности за выбросы, как правило, не выполняя обязательства по финансированию адаптационных мер в развивающихся странах. Во-вторых, нестабильность политической обстановки в ключевых государствах также оказывает влияние на выполнение международных климатических обязательств. Национальные политические решения отдельных стран могут значительно ослаблять глобальные усилия по борьбе с изменением климата. Например, выход США из Парижского соглашения в 2017 году, инициированный администрацией Дональда Трампа, стал тревожным сигналом для многих государств, демонстрируя, насколько уязвимыми могут быть международные договоренности. Хотя США вернулись в соглашение при президенте Джо Байдене, этот случай показал, что глобальные климатические инициативы могут зависеть от внутривнутриполитических факторов отдельных стран. Такой прецедент снижает доверие к международным климатическим механизмам и заставляет другие страны пересматривать свою позицию, опасаясь недостаточной поддержки со стороны ключевых участников.

Различия в климатических обязательствах между развитыми и развивающимися странами продолжают оставаться предметом международных дискуссий. Развитые государства исторически прошли через индустриализацию, сопровождавшуюся значительными выбросами парниковых газов, что в итоге привело к современному климатическому кризису. В то же время развивающиеся страны настаивают на справедливом распределении обязательств, указывая на то, что именно развитые экономики должны брать на себя основную нагрузку по сокращению выбросов и финансированию адаптационных мер. Это подтверждается в аналитическом отчете Международного центра по развитию миграционной политики, где подчеркивается необходимость сбалансированного распределения

международного финансирования между проектами по адаптации и смягчению последствий изменения климата [38]. Однако в последние десятилетия страны с быстроразвивающейся экономикой, такие как Китай и Индия, также стали значительными источниками загрязнения, что усложняет вопрос о том, какие государства должны нести большую ответственность. Международные переговоры, например в рамках Рамочной конвенции ООН [102] об изменении климата, часто заходят в тупик именно из-за этих разногласий: развитые страны требуют активного участия развивающихся экономик, в то время как последние подчеркивают историческую ответственность индустриально развитых государств.

Еще одной ключевой проблемой является недостаток финансирования программ по адаптации к изменению климата в странах, которые особенно уязвимы перед его последствиями. Парижское соглашение 2015 года [60] закрепило обязательство развитых стран ежегодно выделять по 100 миллиардов долларов [103] для поддержки развивающихся государств в их климатических инициативах. Однако на практике этот объем финансирования либо не достигается, либо распределяется неравномерно. Кроме того, значительная часть выделяемых средств поступает в виде займов, а не грантов, что увеличивает долговую нагрузку на страны, нуждающиеся в помощи. В результате многие проекты по адаптации, включая укрепление инфраструктуры, улучшение систем водоснабжения или внедрение устойчивых сельскохозяйственных практик – либо реализуются с задержками, либо остаются невыполненными. Это особенно критично для стран, которые внесли минимальный вклад в изменение климата, но несут наибольшие потери от его последствий.

Для преодоления этих препятствий необходимы более устойчивые механизмы контроля, прозрачность выполнения обязательств и долгосрочные стратегии, направленные на укрепление доверия между государствами. В докладе Всемирного банка подчеркивается важность разработки новых

источников финансирования мер в области изменения климата и необходимости комплексного подхода к решению этой проблемы [61].

В комплексе такие факторы, как дисбаланс в распределении климатических обязательств между странами, ограниченность финансовых ресурсов и наличие политической нестабильности, значительно затрудняют развитие эффективного международного сотрудничества в сфере противодействия изменению климата. Для эффективного решения этих вопросов необходимы более устойчивые механизмы контроля, прозрачность выполнения обязательств, а также долгосрочные стратегии, направленные на укрепление доверия между государствами. Только при комплексном подходе можно добиться реального прогресса в снижении климатических рисков и создании более устойчивого будущего.

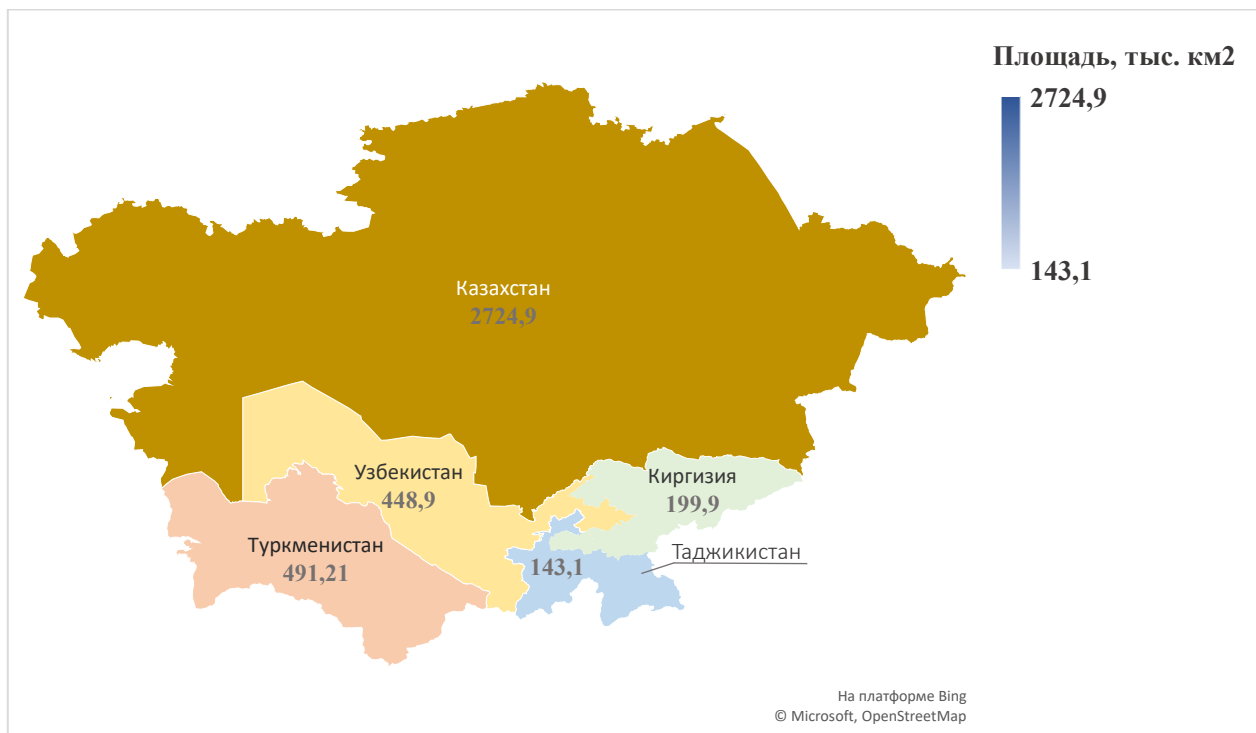
2.2. Сравнительный анализ трендов экономического развития стран Центральной Азии

В состав Центральной Азии входит несколько стран, такие как Казахстан, Киргизстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан (рисунок 2.2), каждая из которых имеет свои уникальные особенности. В целом, экономика этих стран зависит от экспорта природных ресурсов, что делает их уязвимыми к изменениям в мировых ценах и климата. Экономика стран ЦА претерпела значительные изменения с момента распада Советского Союза, в настоящее время страны региона можно разделить на две группы:

Первая группа - Экспортеры нефти и газа: Казахстан, Туркменистан и Узбекистан. Эти страны получают основной доход от добычи и экспорта углеводородов. Казахстан активно привлекает иностранные инвестиции в инфраструктуру, машиностроение, переработку нефти и химию.

Вторая группа - Импортеры нефтепродуктов: Кыргызстан и Таджикистан. Их экономика зависит от сельского хозяйства,

горнодобывающей промышленности, внешней помощи и денежных переводов мигрантов.



Источник: Составлено автором на основе данных <https://en.wikipedia.org/>

Рисунок 2.2 - Карта стран Центральной Азии

Природные ресурсы играют ключевую роль в экономическом развитии стран Центральной Азии. Данные таблицы 2.1 показывают, что каждая страна региона обладает уникальными природными ресурсами, однако уровень их освоения и вклад в экономику существенно различаются. Казахстан, являясь крупнейшим ресурсным центром региона, обладает наибольшими запасами углеводородов среди стран ЦА, включая 30 млрд баррелей нефти и 2,3 трлн м³ природного газа, занимает лидирующие позиции в мире по запасам урана (15% мировых запасов), а также имеет крупные месторождения цветных и редкоземельных металлов, таких как цинк, свинец и хром.

Страна является одним из ведущих экспортеров урана, меди и других полезных ископаемых [104].

Таблица 2.1 - Основные природные ресурсы стран Центральной Азии и степень их освоения до 2023г.

Страна	Основные ресурсы	Вклад в ВВП (%)	Степень освоения запасов (%)
Казахстан	<ul style="list-style-type: none"> • Нефть и природный газ: ориентировочно 30 млрд баррелей нефти и 2,3 трлн м3 газа • Уголь: 170,2 млрд тонн • Уран: 906 800 тонн (15% мировых запасов) U3O8 • Цветные и редкие металлы: (свинец, цинк, хром и др.) 	Сырьевой сектор (нефть, газ, уголь, металлы) составляет порядка 30–35% ВВП, при этом экспорт сырья занимает существенную долю доходов экономики	Нефть – около 70%; природный газ – около 60%; уголь – около 50%; уран – около 50%; освоение запасов металлов варьируется от 30% до 60%
Узбекистан	<ul style="list-style-type: none"> • Природный газ: оценка запасов порядка 1,86 трлн м3 • Золото: 382 тонн • Медь и серебро: значимые месторождения • Уголь: ~2 млрд тонн 	Основной вклад в экономику обеспечивают природный газ и драгоценные металлы, что составляет ориентировочно 25–30% ВВП (выраженная зависимость от экспорта газа и золота)	Природный газ – освоено около 60%; золото – около 50%; медь и серебро – около 40%; уголь – около 40%
Туркменистан	<ul style="list-style-type: none"> • Природный газ: оценка запасов – примерно 17,5 млрд м3 (занимает 4-е место в мире по запасам природного газа после России, Ирана и Катара) • Нефть: около 82 млн тонн • Сера, йод, бром: запасы сравнительно невелики 	Природный газ является доминирующим ресурсом – его добыча и экспорт составляют приблизительно 40–45% ВВП, остальные ресурсы имеют незначительный вклад	Природный газ – освоено около 50%; нефть – около 40%; другие минералы (сера, йод, бром) – освоение порядка 20%
Кыргызстан	<ul style="list-style-type: none"> • Золото: более 4 тыс. тонн • Уголь: около 312,6 млн тонн • Гидроэнергетический потенциал: общий технический потенциал оценивается в 142 млрд кВт·ч/год. 	Ресурсный сектор (золото, уголь, гидроэнергетика) составляет около 20–25% ВВП, причём золото является важным экспортным ресурсом	Освоены запасы золота – около 60%; угля – около 30%; гидроэнергетических ресурсов – около 50% от технического потенциала
Таджикистан	<ul style="list-style-type: none"> • Гидроэнергетический потенциал: общий гидроэнергетический потенциал оценивается примерно в 527 млрд кВт·ч/год • Золото: 500 тонн • Серебро, свинец, бор • Сурьма: (10% мировых запасов) • Уран: в Таджикистане находятся 14-16% мировых запасов урана* 	Гидроэнергетические ресурсы являются ключевым ресурсом для страны (96% от общей выработки сосредоточено на ГЭС, вклад энергетического сектора в ВВП около 15–20%)	Гидроэнергетика – освоено примерно 6% от общего технического потенциала; освоенность запасов золота и серебра – около 40%; урана и полиметаллов – около 20%

* Согласно официальным данным, в Таджикистане находятся 14-16% мировых запасов урана. Однако в отчетах международных организаций по производству и запасам урана республика не числится. Это связано с прекращением добычи урана в годы независимости и отсутствием статистики в этой отрасли.

Источник: Составлено автором

Сырьевой сектор (нефть, газ, уголь, металлы) составляет 30–35% ВВП Казахстана, при этом экспорт сырья играет ключевую роль в формировании доходов государства. Наиболее активно используются нефтяные запасы (около 70% освоения) и природный газ (60%). Казахстан обладает потенциалом для развития металлургической отрасли и агропромышленного комплекса. Страна имеет место развитый финансовый сектор, однако уровень развития финансовых рынков Казахстана уступает развитым странам [105]. Страна активно инвестирует в цифровую экономику, создавая IT-хабы, развивая электронное правительство и внедряя технологии в государственное управление.

Узбекистан занимает промежуточное положение между сырьевой экономикой и промышленно ориентированным развитием. В его недрах залегают значительные запасы природного газа (1,86 трлн м³), золота (382 тонны), меди, серебра и угля (~2 млрд тонн). В отличие от Казахстана и Туркменистана, экономика страны меньше зависит от нефти, однако природный газ и драгоценные металлы остаются основными ресурсами. Узбекистан демонстрирует самые высокие темпы экономического роста в регионе (5-6% в год) и активно проводит реформы в экономике, включающие ее либерализацию, привлечение иностранных инвестиций. Страна имеет развитый перерабатывающий сектор, а именно текстильную и автомобильную промышленность. Аграрный сектор ориентирован на выращивание хлопка, овощей и фруктов, которые экспортируются в Россию, Китай и страны Европы [25]. В Узбекистане активно развивается транспортная инфраструктура, включая новые железнодорожные и автотранспортные коридоры, связывающие страну с Китаем, Ираном, Афганистаном.

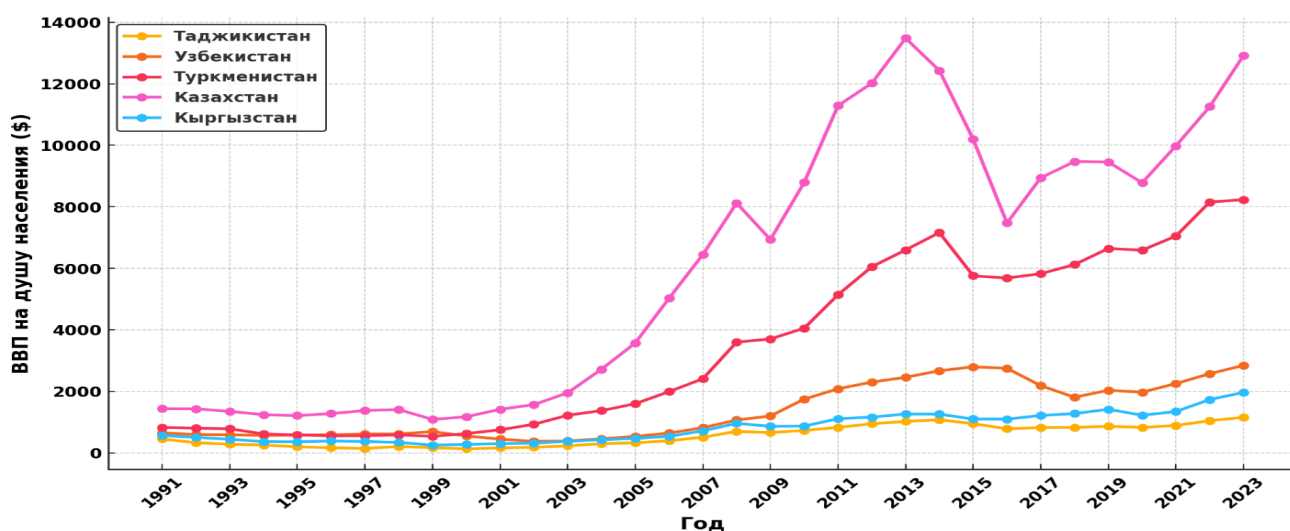
Туркменистан занимает четвертое место в мире по запасам природного газа (17,5 трлн м³), что делает его экономику одной из самых зависимых от цен на рынке газа. Помимо этого, страна располагает 82 млн тонн нефти, а также запасами серы, йода и брома. Природный газ, являясь ключевым ресурсом, формирует 40–45% ВВП страны, тогда как другие полезные

ископаемые имеют значительно меньший вклад. Степень освоения газа составляет 50%, нефти – 40%, а запасы таких минералов как сера, йод и бром, используются лишь на 20%, что подтверждает слабую диверсификацию экономики страны и её высокую зависимость от экспорта газа. Экономика Туркменистана остается закрытой и централизованной. В стране ограничен доступ для иностранных инвесторов, инвестиции в экономику возможны только через государственные структуры. Вместе с тем в Туркменистане успешно реализуются инфраструктурные проекты, например, транспортный коридор Туркменистан – Казахстан – Иран. Несмотря на наличие природных ресурсов, в стране сталкивается с проблемами высокой инфляции, нестабильностью банковской системы и отсутствием реальной экономической диверсификации

Кыргызстан характеризуется наименее развитой экономикой в регионе, которая ориентирована на сельское хозяйство, денежные переводы мигрантов и малый бизнес. Значительная часть населения (около 40%) занята в сельском хозяйстве. Страна, в отличие от своих соседей, не обладает крупными запасами нефти и газа, но имеет значительные запасы золота (более 4 тыс. тонн), угля (~312,6 млн тонн) и огромный гидроэнергетический потенциал (142 млрд кВт·ч/год), значительная часть которого остается не освоенной. Ресурсный сектор, включающий золото, уголь и гидроэнергетику, формирует 20–25% ВВП, при этом золото является основным экспортным ресурсом. Освоение запасов золота составляет 60%, угля – 30%, а гидроэнергетического потенциала – 50%. Последнее может быть сферой привлечения инвестиций в энергетический сектор и экспорта экологически чистой электроэнергии. Инвестиционная привлекательность страны низкая из-за политической нестабильности. Малый бизнес преимущественно ориентирован на торговлю и частное предпринимательство [67]. Кыргызстан активно развивается в сфере цифровых технологий, внедряя системы электронного управления и цифровые платежи.

Таджикистан – это страна с самой слабой экономикой в ЦА, однако имеющая значительный потенциал в гидроэнергетике и сельском хозяйстве. Гидроэнергетический потенциал страны оценивается в 527 млрд кВт·ч/год, занимая 8-е место в мире. Страна располагает значительными запасами золота (500 тонн), серебра, свинца, бора, а также занимает 2-е место в мире по запасам сурьмы (10% мировых запасов) и обладает 14–16% мировых запасов урана. Гидроэнергетика является ключевым сектором энергетического комплекса страны, обеспечивая 80–90% выработки электроэнергии, однако её вклад в ВВП составляет лишь 15–20%, что свидетельствует о слабой монетизации данного сектора. Освоенность гидроэнергетического потенциала составляет всего 6%, месторождений золота и серебра – 40%, урана и полиметаллов – 20%, что указывает на значительный потенциал развития гидроэнергетики и горнодобывающей промышленности. Денежные переводы трудовых мигрантов преимущественно из России в отдельные годы составляли до 30% ВВП страны. Сельское хозяйство, несмотря на его масштабы, характеризуется низкой производительностью. Правительством страны принимаются меры по повышению инвестиционной привлекательности экономики, обеспечивающие развитие энергетической и транспортной инфраструктуры, горнодобывающей промышленности.

Экономическое благополучие страны наглядно иллюстрируется размером ВВП на душу населения. Как видно из рисунка 2.3, страны Центральной Азии демонстрируют различные темпы экономического развития. Казахстан демонстрирует наивысший уровень ВВП на душу населения среди стран Центральной Азии, который достиг \$12,92 тыс. в 2023 году. Экономический рост стал особенно заметным с начала 2000-х годов, что обусловлено эффективным использованием природных ресурсов, развитием нефтяного сектора и привлечением иностранных инвестиций.



Источник: Составлено автором на основе данных Всемирного банка

Рисунок 2.3 - Тренды ВВП на душу населения в странах Центральной Азии в с 1991 – 2023 гг., в долларах США

Однако кризисы 2008 и 2016 годов оказали значительное влияние на экономику, в особенности падение цен на нефть в 2016 году. Несмотря на восстановление после пандемии 2020 года, темпы роста замедлились, что указывает на необходимость дальнейшей диверсификации экономики.

Туркменистан, второй по уровню ВВП на душу населения в регионе, демонстрирует нестабильные темпы его роста, что связано с высокой зависимостью от экспорта природного газа. В 2023 году этот показатель составил \$8,23 тыс. однако на графике видны резкие колебания, что свидетельствует о воздействии как внутренних экономических факторов, так и внешних, связанных с изменением цен на мировых рынках энергоресурсов. Экономический подъем до 2014 года сменился замедлением роста в последующие годы, а восстановление после 2020 года остается неустойчивым.

Узбекистан демонстрирует устойчивый рост ВВП на душу населения, достигший \$2,85 тыс. в 2023 году. В отличие от Туркменистана, экономика страны менее подвержена резким скачкам, что свидетельствует о ее большей устойчивости и диверсификации. Особенно заметное ускорение

экономического роста началось после 2016 года, когда были проведены ключевые реформы, отмеченные выше.

Кыргызстан и Таджикистан остаются странами с наименьшим ВВП на душу населения в регионе. В 2023 году данный показатель составил \$1,97 тыс. для Кыргызстана и \$1,16 тыс. для Таджикистана. Оба государства испытали глубокий экономический спад в 1990-х годах, вызванный постсоветским кризисом, при этом экономика Таджикистана дополнительно пострадала в результате гражданской войны (1992–1997гг). В последующие десятилетия наблюдается медленный, но стабильный рост, однако экономики этих стран остаются уязвимыми из-за высокой зависимости от денежных переводов трудовых мигрантов и низкой инвестиционной активности.

Как видно из таблицы 2.2 в 2023 году экономика стран ЦА демонстрировала устойчивый рост, несмотря на глобальные экономические вызовы, такие как инфляционное давление, геополитическая нестабильность и изменения в глобальной торговле. Однако между странами региона сохраняются значительные различия в темпах роста, уровне инфляции, безработицы и бюджетной стабильности. Казахстан показал рост ВВП на уровне 5.6%, что стало возможным благодаря инвестициям в нефтегазовый сектор и цифровую экономику. Узбекистан с ростом 5.0% продолжает экономическую либерализацию, расширяя частный бизнес и увеличивая экспорт. Кыргызстан демонстрирует рост ВВП на уровне 6.0%, чему способствовало восстановление добывающей промышленности и развитие сферы торговли. Лидером по экономическому росту стал Таджикистан с показателем 8.3%, что объясняется увеличением инвестиций в гидроэнергетику и активным развитием инфраструктурных проектов.

Инфляция остается серьезной проблемой для региона. В Казахстане она достигла 14.0%, что является самым высоким показателем среди стран Центральной Азии. Это связано с ростом цен на продовольственные товары, энергоресурсы и последствиями санкционной политики в соседних странах.

**Таблица 2.2 - Макроэкономические показатели стран Центральной Азии
в 2023 году**

Показатель	Казахстан	Узбекистан	Кыргызстан	Таджикистан
Рост ВВП, %	5,6	5,0	6,0	8,3
Инфляция, %	14,0	9,0	9,2	5,1
Безработица, %	4,9	8,0	5,0	2,0
Государственный долг, % ВВП	24,8	36,4	48,0	31,1
Дефицит бюджета, % ВВП	2,7	3,0	2,3	0,8

Источник: Составлено автором на основе материалов Всемирного банка

В Кыргызстане и Узбекистане инфляция удерживается на уровне около 9%, что выше мировых средних значений, но уже представляет собой улучшение по сравнению с 2022 годом. Самый низкий уровень инфляции – 5,1% – наблюдается в Таджикистане, где правительство активно контролирует цены на основные товары и предоставляет субсидии на энергоресурсы.

Уровень безработицы в странах региона также демонстрирует существенные различия. Казахстан и Кыргызстан показывают относительно стабильный рынок труда с показателями 4,9% и 5,0% соответственно, чему способствуют рост малого бизнеса и государственные инвестиционные программы. В Узбекистане уровень безработицы составляет 8,0%, что связано с недостаточным количеством рабочих мест в промышленности и высоким уровнем безработицы среди молодежи. В Таджикистане официально зарегистрирована самая низкая безработица – 2,0%, однако это объясняется высокой долей неформального трудоустройства и массовой миграцией рабочей силы в Россию.

Государственный долг в процентном соотношении к ВВП также варьируется в зависимости от страны. Кыргызстан имеет самый высокий уровень государственного долга – 48,0% от ВВП, что обусловлено значительным привлечением внешних кредитов для финансирования инфраструктурных проектов. В Узбекистане этот показатель составляет 36,4%, в Таджикистане – 31,1%, а в Казахстане – 24,8%. Последние два

государства придерживаются более осторожной долговой политики, что снижает риски финансовой нестабильности в будущем.

Дефицит государственного бюджета в 2023 году оставался умеренным в большинстве стран региона. В Казахстане он составил 2,7% от ВВП, в Узбекистане – 3,0%, в Кыргызстане – 2,3%. Наименьший дефицит бюджета наблюдается в Таджикистане – 0,8%, что свидетельствует о жесткой фискальной политике и контроле государственных расходов.

В целом, проведенный анализ подтверждает, что с начала 2000-х годов все страны ЦА вышли на траекторию экономического роста, однако темпы и устойчивость этого роста существенно различаются. Дальнейшие перспективы экономического развития стран ЦА во многом будут определяться их способностью эффективно использовать и диверсифицировать ключевые природные ресурсы. Казахстану и Узбекистану необходимо диверсифицировать национальные экономики, что обеспечит снижение их зависимости от сырьевого экспорта. Туркменистану следует развивать перерабатывающую промышленность и диверсифицировать экспорт газа. Наименее развитым странам Кыргызстану и Таджикистану для обеспечения энергетической безопасности критически важно продолжить освоение гидроэнергетического потенциала, обеспечить полное удовлетворение спроса на электроэнергию как на внутреннем рынке, так и наращивать объемы ее экспорта. Сферой инвестиций в этих странах должны быть инфраструктурные проекты для добычи полезных ископаемых. Эффективное использование природных ресурсов станет решающим фактором в определении экономической устойчивости стран Центральной Азии в долгосрочной перспективе. Для дальнейшего устойчивого развития странам региона необходимо принять меры по укреплению макроэкономической стабильности. Казахстану следует сосредоточиться на борьбе с инфляцией и снижении зависимости от нефтяного сектора. Узбекистану необходимо расширять программу создания рабочих мест и привлекать новые инвестиции в промышленность. Кыргызстану важно оптимизировать государственный долг и повысить инвестиционную привлекательность. Таджикистану следует диверсифицировать экономику и

снизить зависимость от денежных переводов мигрантов, развивая внутренний рынок труда. Центральная Азия остается регионом с высоким потенциалом, но его реализация требует структурных реформ и эффективного управления ресурсами.

2.3. Вызовы к энергетической и водной безопасности стран Центральной Азии и механизмы адаптации к климатическим изменениям

Обеспечение устойчивого и равноправного доступа к энергетическим и водным ресурсам определяется не столько их физическим наличием, сколько качеством реализуемой государственной политики в соответствующих секторах, а также способностью эффективно управлять и использовать имеющиеся ресурсы. В контексте Центральной Азии данная задача приобретает ещё и региональное измерение, подразумевающее совместную ответственность государств за достижение социальной справедливости в распределении энергетических благ, сокращение углеродной нагрузки, рациональное водопользование, а также формирование действенных механизмов адаптации к нарастающим климатическим рискам.

Анализ данных, представленных в таблице 2.3, свидетельствует о диспропорциональном распределении энергетических ресурсов в странах Центральной Азии, при этом каждое государство стремится использовать присущие ему природные и ресурсные преимущества в соответствии со своими национальными интересами. В государствах, богатых запасами нефти, газа и угля, таких как Казахстан, Туркменистан и Узбекистан, основное производство электроэнергии осуществляется на тепловых электростанциях.

В то же время в Кыргызстане и Таджикистане, имеющих значительный гидроэнергетический потенциал благодаря горному рельефу, более 90% электроэнергии вырабатывается на гидроэлектростанциях. Водные ресурсы формируются на территории Таджикистана и Кыргызстана, тогда как основные потребители воды – это Узбекистан, Казахстан и Туркменистан, которые используют воду главным образом для сельского хозяйства и

промышленности. Такая ситуация провоцирует конфликты между странами, имеющими избыток воды, но нехватку энергии, и странами, обладающими энергоресурсами, но испытывающими дефицит водных ресурсов.

Таблица 2.3 - Ресурсный потенциал энергетики стран Центральной Азии, 2020г.

Показатель	Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан	ЦА
Уголь, млрд. тонн	25,6	2,3	4,5	0,16	1,9	34,46
Нефть, млрд. тонн	3	0,04	0,1	0,6	0,6	4,34
Газ, млрд м ³	1841	6,2	200	7500	1100	10647,2
Уран, тыс. тонн	906				83,7	989,7
Гидроэнергия, млрд кВтч/год	62,9	142	527	6	15	752,9
ВИЭ, млрд кВтч/год	18 078,5	799,5	656	3482,5	2885,93	25902,43

Источник: Составлено автором

В целом, регион Центральной Азии располагает значительным потенциалом в области использования возобновляемых источников энергии. На сегодняшний день среди научного сообщества и политических кругов стран региона сформировалось общее понимание того, что интеграция ВИЭ в хозяйственный оборот является необходимым условием достижения устойчивого развития. В связи с этим активно разрабатываются национальные и региональные стратегии, а также научно-методические подходы к изучению сопутствующих проблем.

Солнечная энергия в регионе распределена относительно равномерно, что создаёт предпосылки для её широкого использования во всех странах Центральной Азии. В то же время гидроэнергетические ресурсы сконцентрированы преимущественно на территории Таджикистана и Кыргызстана, которые занимают лидирующие позиции по объёмам производства экологически чистой энергии в регионе. Доля гидроэлектростанций в общей установленной мощности генерирующих источников составляет 89,1% в Таджикистане и 78,1% в Кыргызстане.

В противоположность этому, производство электроэнергии на базе органического топлива преобладает в Казахстане, Узбекистане и

Туркменистане. Наиболее острой в этих странах становится задача декарбонизации энергетического сектора, особенно в Казахстане и Узбекистане, где доля тепловых электростанций, работающих на ископаемом топливе, составляет соответственно 82,5% и 86,3%. Как отмечено выше Казахстан, Узбекистан и Туркменистан обладают значительными запасами нефти и газа, обеспечивая своей экономике энергетическую стабильность, в то время как Таджикистан и Кыргызстан практически полностью зависят от гидроэнергетики.

Центральноазиатский регион также обладает значительными запасами урана, благодаря чему Казахстан и Узбекистан входят в число мировых лидеров по его добыче. В Узбекистане реализуется проект сооружения первой АЭС в ЦА, ввод которой в эксплуатацию запланирован на 2028 год.

Взаимосвязь и взаимозависимость водных и энергетических ресурсов является критическим фактором региональной стабильности. Таджикистан и Кыргызстан аккумулируют воду в водохранилищах, чтобы вырабатывать электроэнергию для внутренних нужд и экспорта, что приводит к недостатку воды в нижнем течении рек. Это по сути является вызовом водной безопасности Узбекистана, Казахстана и Туркменистана, так как этим странам требуется вода для орошения посевных площадей в вегетационный период, когда наблюдается снижение спроса на электрическую энергию на внутренних рынках Таджикистана и Кыргызстана. Эти страны при отсутствии в этот период спроса на электроэнергию, вынуждены в «холостом режиме» сбрасывать воду из водохранилищ для соседних стран. Такое положение усугубляется устаревшей ирригационной инфраструктурой, особенно в Узбекистане, где до 50% воды теряется из-за несовершенных методов орошения. В результате растет напряженность между странами, особенно в засушливые годы, когда водные ресурсы становятся дефицитом.

Страны Центральной Азии являются одними из наиболее уязвимых регионов к изменению климата, что требует масштабных мер по адаптации и смягчению климатических угроз. В странах региона уже наблюдаются такие негативные проявления климатических изменений, как ускоренное таяние

ледников, рост водного стресса, засухи, деградация земель и снижение биоразнообразия. Эти изменения ставят под угрозу устойчивое развитие, создавая риски для сельского хозяйства, энергетики и обеспечения населения питьевой водой. Центральная Азия уже сталкивается с ростом водного стресса, таянием ледников, засухами и изменением сезонных осадков, что особенно критично для стран, зависящих от гидроэнергетики и сельского хозяйства. Например, сокращение ледников Тянь-Шаня и Памира угрожает водоснабжению, что может привести к энергетическим кризисам в Таджикистане и Кыргызстане и усилению региональных конфликтов за водные ресурсы. Казахстан и Узбекистан, в свою очередь, испытывают влияние засухи и опустынивания, что снижает урожайность сельскохозяйственных культур и повышает экономические риски.

Угрозы устойчивому развитию региона во многом связаны и ростом населения. В условиях растущего населения спрос на воду и энергоресурсы увеличивается, что создает дополнительную нагрузку на инфраструктуру. Кроме того, Аральское море продолжает высыхать, что обостряет последствия экологической катастрофы, снижает качество жизни и увеличивает число заболеваний, вызванных ухудшением качества воздуха и воды.

Проведённое исследование демонстрирует наличие целого ряда системных проблем, характерных для национальных энергетических систем стран Центральной Азии. С одной стороны, это высокая степень износа основного и вспомогательного оборудования, значительный объём как внутренней, так и внешней задолженности, накопленной в электроэнергетическом секторе отдельных государств, специфика тарифной политики и ограниченный платёжеспособный спрос на внутреннем рынке, недостаточная диверсификация энергетических мощностей, слабая интеграция региональных энергетических сетей, а также трансформация приоритетов в водной и энергетической стратегии стран региона.

Совокупность этих факторов ограничивает потенциал взаимовыгодного обмена энергоресурсами, снижает возможности реализации экспортного потенциала «зелёной» гидроэнергетики и препятствует формированию устойчивого энергетического пространства в регионе.

С другой стороны, энергетика продолжает выполнять критически важную инфраструктурную и социально-экономическую функцию, обеспечивая базовые потребности населения и экономик. При этом наблюдаемый рост спроса на энергоносители и водные ресурсы обостряет существующее противоречие: ни одно государство региона в одиночку не обладает достаточными ресурсами и возможностями для гарантированного обеспечения устойчивого доступа населения к энергии и создания благоприятных условий для устойчивого экономического роста.

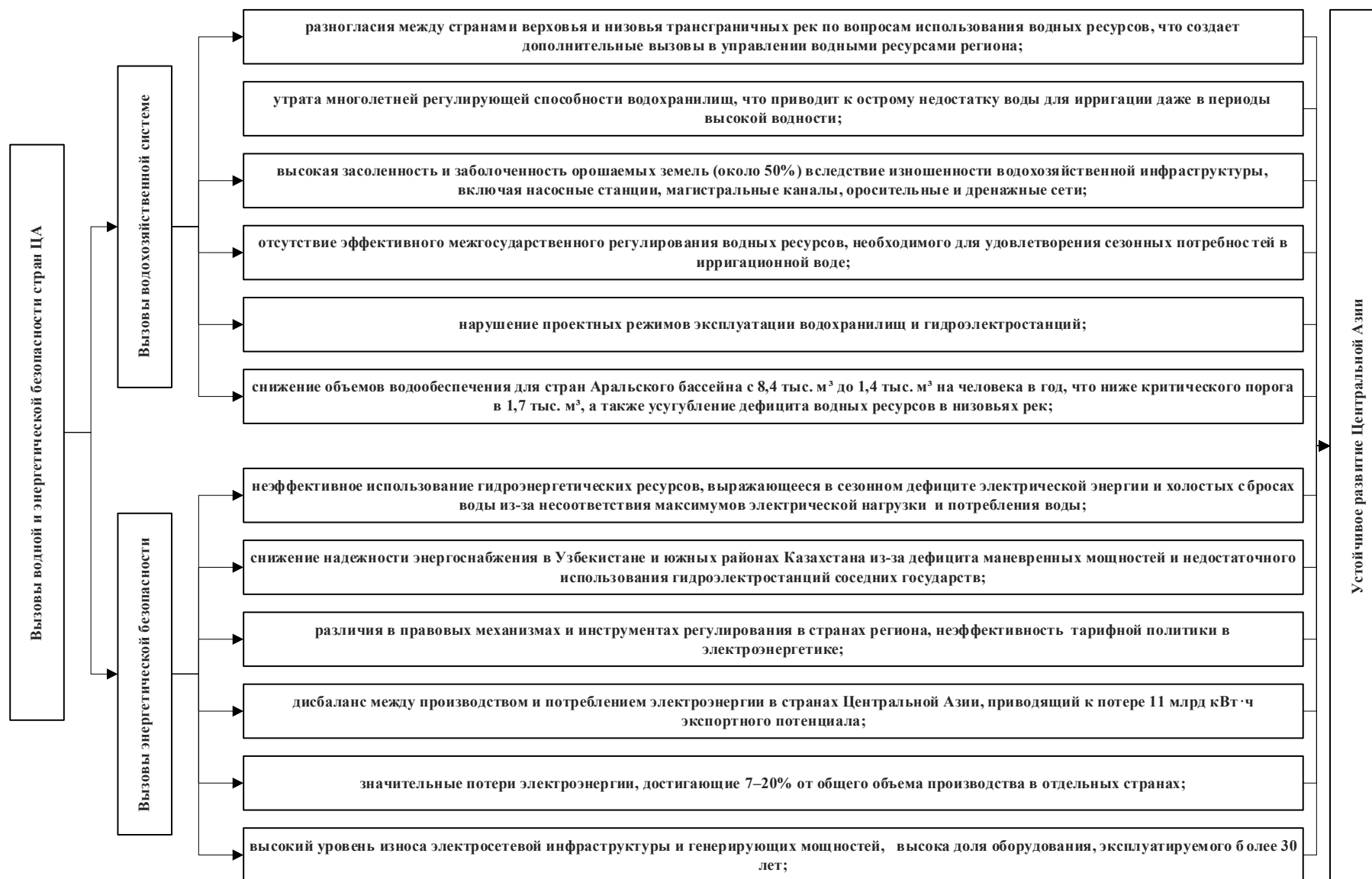
Уровень энергетической безопасности Таджикистана и Кыргызстана во многом определяется как степенью водообеспеченности гидроэлектростанций, так и наличием стабильных рынков сбыта электроэнергии в период паводков. В условиях глобального потепления уязвимость гидроэнергетического сектора возрастает. Это связано с сокращением основных источников питания горных рек — уменьшением количества снеговых осадков, ускоренным таянием сезонного снежного покрова и деградацией ледниковых массивов. Указанные климатические изменения сопровождаются ростом внутреннего спроса на электроэнергию, интенсификацией процессов заиливания водохранилищ, увеличением объёмов потерь воды за счёт испарения, а также возрастанием водопотребления в различных отраслях экономики.

Следует подчеркнуть, что, несмотря на наличие ряда международных соглашений и институциональных механизмов, система управления водными и энергетическими ресурсами в регионе по-прежнему характеризуется недостаточной эффективностью. В целях усиления координации стран Центральной Азии были предприняты попытки взаимодействия через такие

структуры, как Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия (МКВК), Международный фонд спасения Арала (МФСА), а также инициатива по формированию Центральноазиатского регионального энергетического рынка (ЦАРЭС). Однако эти институты сталкиваются с ограниченными возможностями, поскольку страны региона зачастую руководствуются национальными интересами, а не долгосрочной стратегией устойчивого управления ресурсами, энергетической и водной безопасностью. Так, например, соглашение о параллельной работе энергосистем стран Центральной Азии было нарушено после 2009 года, когда Узбекистан вышел из единой энергетической системы, что привело к энергетическим кризисам в Кыргызстане и Таджикистане. Конвенция ООН по охране и использованию трансграничных водотоков, подписанная в 1992 году, также не всегда соблюдается из-за отсутствия механизма принудительного выполнения договоренностей.

Важно отметить, что вода является ключевым элементом в системе обеспечения продовольственной, энергетической и экологической безопасности в странах региона ЦА. К 2040 году потребность в воде может увеличиться в 2,8 раза, что усилит давление на трансграничные водные ресурсы. Несмотря на меры, предпринимаемые странами ЦА и международными институтами для устойчивого развития водохозяйственных систем и энергетики региона, энергетическая и водная безопасность стран региона уже сталкивается с рядом вызовов, представленные на рисунке 2.4.

Для решения водно-энергетических проблем страны региона реализуют различные проекты. Таджикистан и Кыргызстан активно развивают гидроэнергетику, чтобы увеличить производство электроэнергии и снизить зависимость от поставок углеводородов из соседних стран.



Источник: Составлено автором

Рисунок 2.4 - Вызовы водной и энергетической безопасности стран Центральной Азии

Казахстан и Узбекистан инвестируют в развитие возобновляемых источников энергии, в том числе солнечные и ветровые электростанции, что позволит снизить негативное влияние энергетического сектора на окружающую среду и использовать выгодные аспекты усиления солнечной радиации. В сфере водопользования Узбекистан и Казахстан переходят на более эффективные методы ирригации, включая капельное орошение, что значительно сокращает потери воды. Кроме того, страны региона активно сотрудничают с международными финансовыми институтами, такими как Всемирный банк и Азиатский банк развития, которые финансируют проекты по модернизации водных и энергетических систем.

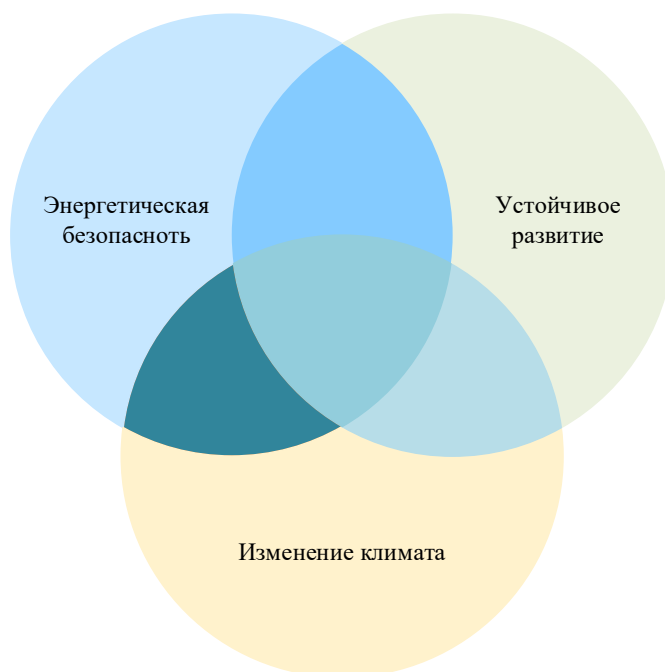
Несмотря на это потенциальный конфликт между безопасностью спроса и безопасностью предложения остается одной из ключевых проблем в регионе. Узбекистан, Казахстан и Туркменистан стремятся обеспечить стабильные поставки воды для орошения сельскохозяйственных земель, тогда как Таджикистан и Кыргызстан нуждаются в гарантированных поставках энергоресурсов в зимний период. Разрешение этого конфликта возможно через создание прозрачного механизма обмена ресурсами, при котором летом осуществляется поставка воды в нижние страны, а зимой они компенсируют это энергоресурсами. Однако на практике реализация такой системы затруднена из-за отсутствия доверия между странами и наличия политических разногласий. Проблема обостряется и тем, что водные ресурсы носят трансграничный характер, и эффективное управление ими требует координации между странами.

Изменение климатических условий, деградация окружающей среды и ограниченный доступ к водным и энергетическим ресурсам обостряют необходимость формирования согласованных национальных стратегий в странах Центральной Азии. Эти вызовы требуют активизации интеграционных процессов в водно-энергетической сфере и укрепления регионального взаимодействия. Как производителям, так и потребителям водных и энергетических ресурсов региона необходимо разрабатывать и внедрять эффективные адаптационные механизмы, направленные на

достижение целей устойчивого развития, определённых в рамках Парижского соглашения по климату.

Реализация позитивных сценариев развития в данных направлениях для стран Центральной Азии представляется вполне осуществимой, однако требует разработки и реализации продуманных политико-экономических инструментов на национальном уровне. Такие меры должны учитывать специфику каждой страны, способствовать раскрытию её потенциала в области декарбонизации экономики, а также устранению существующих барьеров, препятствующих доступу к экологически чистым источникам энергии и достижению устойчивого развития.

В условиях нарастающего климатического кризиса странам региона необходимо адаптироваться к изменяющимся условиям (рис.2.5) и внедрять меры по снижению климатических рисков.



Источник: Составлено автором

Рисунок 2.5 – Взаимосвязь: энергетическая безопасность - устойчивое развитие – изменения климата

Выполненные исследования свидетельствуют о том, что в Центральной Азии, являющейся частью мирового сообщества, энергетическая и водная

безопасность отдельной страны региона не может быть достигнута за счет снижения безопасности соседних государств и игнорирования общих тенденций развития мировой энергетики. Предпринимаемые и планируемые в перспективе меры по освоению энергетических ресурсов этого региона должны быть направлены в первую очередь на сбалансирование водных и энергетических проблем и мобилизацию ресурсов каждой страны на достижения стабильности всего Центрально-Азиатского региона [11, 15, 21].

Несмотря на политизированность энергетического бизнеса страны ЦА имеют потенциальные возможности для устойчивого энергетического развития национальных экономик на основе развития экономических и энергетических связей. Например, в регионе имеются предпосылки для развития энергетического рынка Центральной Азии.

В целом, энергетическая и связанная с ней водная проблемы сохраняют актуальность и являются одним из главных вызовов для всех стран Центральной Азии. Для устойчивого развития региона необходимо углублять международное сотрудничество, инвестировать в модернизацию водной и энергетической инфраструктуры, развивать альтернативную энергетику и создавать прозрачную систему обмена ресурсами. Без этих мер конфликты вокруг воды и энергии будут только усиливаться, что может привести к социально-экономической нестабильности и ухудшению экологической ситуации в регионе. Обладая значительным потенциалом энергетических ресурсов и развитым энергетическим комплексом, страны региона ЦА имеют благоприятные предпосылки для экономической интеграции [16].

Выполненный анализ позволил сформулировать комплекс мер, необходимых для долгосрочной экономической стабильности и предотвращения кризисов, адаптации к вызовам энергетической и водной безопасности стран ЦА. Основными из них являются:

1. Модернизация энергетической инфраструктуры, предусматривающая ее цифровизацию, внедрение энергосберегающих технологий, обновление изношенных электросетей и генерирующих мощностей, увеличение маневренных энергетических мощностей для балансировки спроса и

предложения, а также развитие взаимовыгодного энергообмена между странами региона.

2. Проведение реформ, направленных на реконструкцию ирригационных систем, повышение эффективности управления водохранилищами и использованием водных ресурсов на основе цифровой трансформации водного сектора, внедрение водосберегающих технологий, таких как капельное орошение.

3. Создание эффективных механизмов межгосударственного регулирования, которые позволят гармонизировать интересы стран верховья и низовья бассейна трансграничных рек, снизить сезонные потери воды и обеспечить стабильное энергоснабжение.

4. Приоритетное финансирование зеленой энергетики, предусматривающее развитие альтернативных источников энергии, таких как ветровая и солнечная генерация, которые позволят снизить зависимость от гидроэнергетики и сгладить сезонные колебания энергопотребления.

5. Диверсификация экономики каждой страны и ее энергетической базы.

6. Развитие интеграционных процессов в энергетике региона, механизмом реализации которых является устойчивое функционирование и развитие регионального энергетического рынка, предусматривающего развитие зеленой гидроэнергетики и повышение эффективности использования органического топлива при снижении удельного веса «углеродной» энергетики.

7. Развитие системы управления климатическими рисками, включающими эффективные механизмы прогнозирования систем раннего предупреждения и реагирования на стихийные бедствия.

8. Для смягчения имеющихся противоречий между странами представляется целесообразным использование не только экономических механизмов, но и элементов водной и энергетической дипломатии.

9. Институциональное развитие и совершенствование нормативно-правовой базы в области изменения климата.

10. Интеграция климатических рисков в национальные планы развития, разработка и реализация национальных стратегий адаптации к изменению климата, включающих меры по обеспечению энергетической безопасности.

Реализация этих мер требует значительных финансовых ресурсов, что делает критически важным привлечение международного финансирования. В этом направлении активно работают такие организации, как Всемирный банк, Азиатский банк развития и Зеленый климатический фонд, которые предоставляют кредиты и гранты на проекты по снижению климатических рисков в том числе в энергетике, и переходу к устойчивому развитию. Однако без реализации этих мер риски, связанные с изменением климата, могут привести к экономическим, энергетическим, водным и экологическим кризисам, что поставит под угрозу устойчивое развитие не только отдельной страны, но и всего региона. Важно, чтобы страны Центральной Азии развивая собственные национальные стратегии, активно сотрудничали друг с другом и с международными организациями, чтобы обеспечить долгосрочную климатическую устойчивость энергетических и водохозяйственных систем, гарантировать энергетическую безопасность.

2.4. Расчет климатической уязвимости территории Таджикистана и его гидроэнергетики

По имеющимся прогнозам, к 2055 году температура воздуха на значительной территории горной зоны Центральной Азии повысится по различным сценариям на 3–5°C. Все страны региона находятся в зоне риска и будут испытывать снижение количества осадков в среднем на 3%. Согласно оценкам Всемирного банка, Таджикистан является наиболее уязвимой к изменению климата страной в Центральной Азии.

Индекс климатической уязвимости оценивается на основании определения следующих показателей:

□ индекса подверженности, который на основании учета годовых и сезонных показателей температуры и количества осадков характеризует

интенсивность изменения климата в перспективе по сравнению с его современной естественной изменчивостью;

□ индекса чувствительности, отражающего степень влияния на изменение климата таких факторов, как наличие возобновляемых водных ресурсов, степень загрязненности воздуха, структура экономики, диверсификация генерирующих мощностей и зависимость от гидроэнергетики, состояние инфраструктуры, и др.;

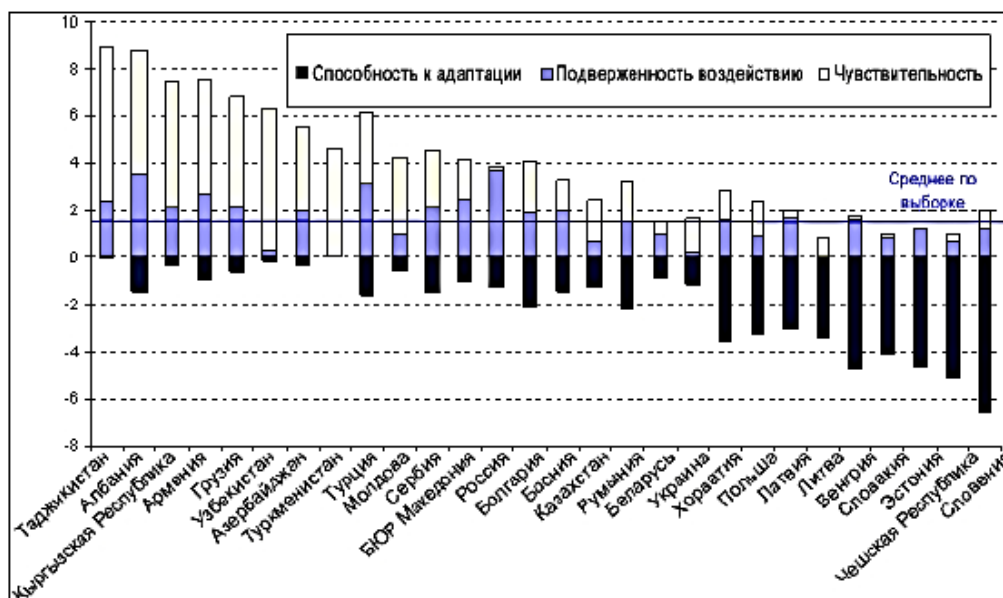
□ индекса способности к адаптации, отражающего совокупность различных макроэкономических (ВВП на душу населения), социальных (уровень бедности, неравенство доходов) и институциональных факторов (совокупность политических и юридических правил, образующих базис для производства, обмена и распределения).

Подверженность Таджикистана к воздействию изменения климата и чувствительность к нему увеличивают уязвимость страны, а способность к адаптации её снижается, что иллюстрируется рис. 2.6.

Таджикистан в Центральной Азии имеет наименьший потенциал адаптации к изменению климата, что является следствием низкого уровня социально-экономического развития и несовершенства институциональной базы.

Нами выполнено исследование климатической уязвимости отдельных районов Таджикистана. Результаты выполненных расчетов могут быть использованы в управлении действующими гидроэлектростанциями, на стадии проектирования ГЭС, а также для прогнозирования предложения и спроса на электрическую энергию в различных районах Таджикистана, имеющих автономные генерирующие источники.

На климатическую уязвимость влияют температура воздуха, определяющая интенсивность формирования и таяния ледников, объем осадков в виде снега и дождя, скорость ветра.



Источник: Всемирный банк. (2013). Взгляд в будущее: Обзор деятельности по изменению климата в Таджикистане. Доступно по ссылке: [https://example.com/document.pdf]

Рисунок 2.6 - Уязвимость и способность к адаптации стран к изменению климата

Климатическая уязвимость территориальных подразделений страны определялась по формуле [70]:

$$V_i = \frac{|Tmin|+|Tmax|}{|Tmin\text{ ср.}|+|Tmax\text{ ср.}|} + \frac{Pmax}{Pсз} + \frac{Vmax}{Vсз} \quad (2.1)$$

где:

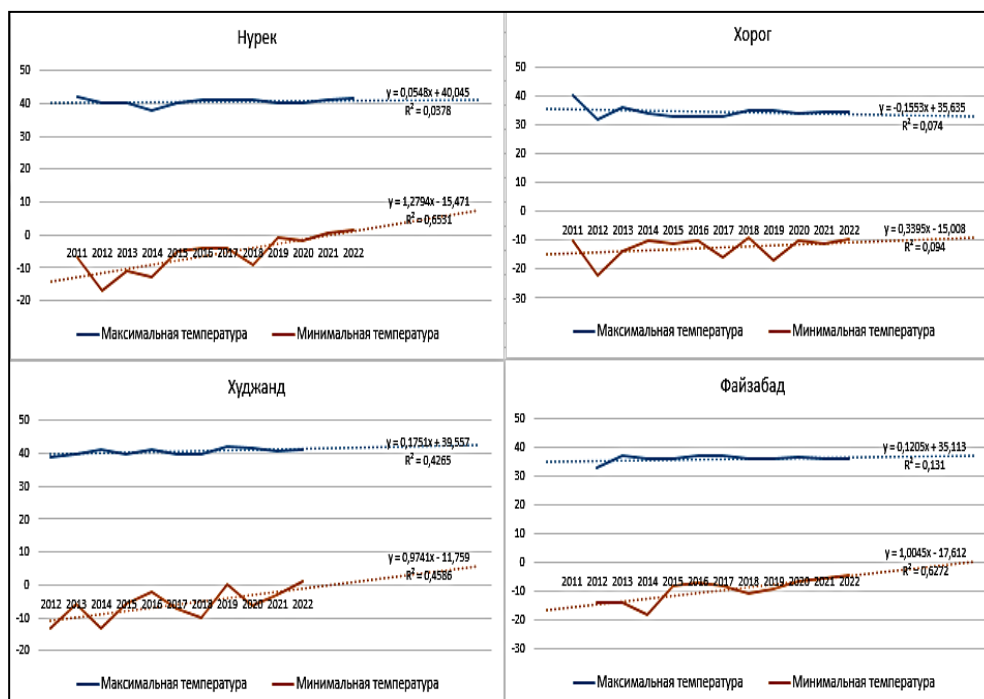
$Tmin$, $Tmax$ - соответственно модули минимальной и максимальной температуры;

$Tmin\text{ ср.}$, $Tmax\text{ ср.}$ – соответственно модули средних значений температуры;

$Pmax$, $Pсз$ –соответственно максимальное и среднее значение осадков;

$Vmax$, $Vсз$ – соответственно максимальное и среднее значение скорости ветра.

Наиболее уязвимыми к изменению климата являются Согдийская область, где размещена Кайраккумская ГЭС и город Нурек с Нурекской ГЭС. Климатическая уязвимость характерна и для районов республиканского подчинения и ГБАО, электроснабжение которых в основном осуществляется от малых и средних ГЭС. Рисунок 2.7 свидетельствует о выраженной тенденции повышения температуры воздуха в рассматриваемых районах страны.



Источник: Составлено на основании данных <https://www.gismeteo.ru/>

Рисунок 2.7 - Максимальная и минимальная температура выбранных городов и прогноз на 6 лет вперед

На основе данных таблицы 2.4 рассчитаны индекс экстремальности температуры и осадков на выбранных территориях страны. Результаты расчетов приведены в таблице 2.5. В связи отсутствием достоверных данных показатель скорости ветра не учитывался.

Таблица 2.4 - Характеристика температуры и осадков в период 2011-2023 гг

Город	с.ш.	в.д.	Экстремумы			Средние значения		
			Тмакс	Тмин	Осадки	Тмакс	Тмин	Осадки
Нурек	38°23'18"	69°19'30"	42	-17	104	40,3	-7,9	42
Хорог	37°29'35"	71°33'12"	40	-22	52	34,6	-13,2	23
Худжанд	40°17'	69°37'	42	-13	36	40,1	-7,4	18,4
Файзабад	38°33'	69°19'	37	-18	132	36,0	-11,1	56,7

Источник: Составлено по данным <https://www.gismeteo.ru/>, Данные по с.ш. и в.д. взяты из <http://www.meteo.tj/>

Таблица 2.5 - Индексы экстремальности температуры и осадков

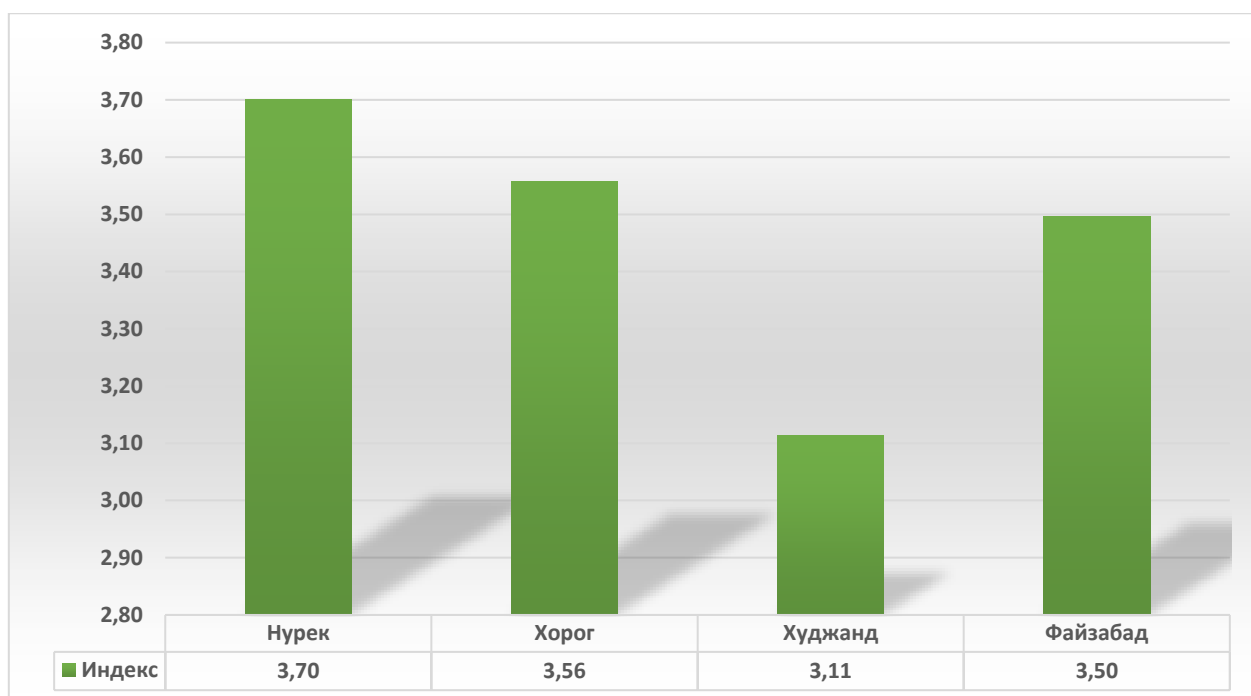
Город	с.ш.	в.д.	Период наблюдений	Индекс экстремальности		Индекс климатической уязвимости
				Температура	Осадки	
Нурек	38°23'18"	69°19'30"	с 2011 по 2019 г	1,22	2,476	3,70
Хорог	37°29'35"	71°33'12"	с 2011 по 2019 г	1,30	2,261	3,56
Худжанд	40°17'	69°37'	с 2011 по 2019 г	1,16	1,957	3,11
Файзабад	38°33'	69°19'	с 2012 по 2019 г	1,17	2,328	3,50

Источник: Составлено автором

Как отмечено выше, Таджикистан обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом, занимая лидирующие позиции в мире. Основу водных ресурсов Республики Таджикистан составляют ледники, реки, озера, водохранилища и подземные воды. Общая площадь оледенения занимает около 8% территории страны. Ледники республики дают начало всем крупным рекам, ресурсы которых используются в экономике всех стран Центральной Азии. По имеющимся оценкам среднесноголетний сток рек, формирующихся на территории Таджикистана, составляет 64 км³/год, 98,3% которого относятся к бассейну реки Амударья. В стране насчитывается более 25 000 рек и водостоков общей протяженностью около 90 000 км, при этом густота речной сети составляет 0,6 км/ км² [53].

В соответствии с рис. 2.8 индекс климатической уязвимости по показателю температуры и осадкам самый высокий в городе Нурек. В городе Нурек отмечается самое большое количество осадков и тенденция повышения температуры. Чувствительным к изменению климата является не только город Нурек, но и города Хорог и Файзабад, основу электроснабжения которых составляют ГЭС. Наименьший индекс уязвимости характерен для столицы Согдийской области – города Худжанд.

Следует отметить, что повышение температуры воздуха будет сопровождаться увеличением водопотребления во всех секторах экономики. Исследования показывают целесообразность увеличения в энергетическом балансе этой области удельного веса солнечной и ветровой энергетики, а также проведения политики энергосбережения.



Источник: Составлено автором

Рисунок 2.8 - Индекс климатической уязвимости по показателю температуры и выпавшим осадкам

Гидроэнергетический потенциал Таджикистана составляет 527 млрд. кВт ч. Удельные запасы его на душу населения и на единицу территории оцениваются соответственно в 50 тыс. кВт. час на человека в год в 3,7 млн. кВт.час на 1 км² в год. Технический гидроэнергетический потенциал страны составляют около 318 млрд. кВт. ч в год. Общие потенциальные запасы малой гидроэнергетики составляют 184,46 млрд. кВт. час в год, т.е. 35 % совокупного гидроэнергетического потенциала. Суммарная установленная мощность действующих гидроэлектростанций в Таджикистане в 2023 году составила 5844 МВт [50]. Выработка электроэнергии всеми генерирующими объектами в 2023 году составил 21 861 млн кВт. час [56]. В целом гидроэнергетический потенциал страны, если не принимать во внимание различные по характеру ограничения его использования, свидетельствует о потенциальных возможностях гидроэнергетики страны противостоять угрозам энергетической безопасности.

Исследования показывают, что в настоящее время у Таджикистана нет конкурентоспособной альтернативы в собственной энергетике, кроме освоения гидроэнергетических ресурсов. Это направление в энергетике страны является стратегическим приоритетом и в Национальной стратегии развития страны до 2030 г [2]. Освоение гидроэнергетического потенциала направлено на обеспечение энергетической независимости, выход на внешние рынки и повышение конкурентоспособности национальной экономики.

В советский период электроснабжение высокогорных районов страны осуществлялось дизельными электростанциями, топливо для которых по ценовой политике было доступным, и большая часть территории страны находилась на дотации государства. С приобретением независимости в Таджикистане был утрачен доступ к дешевым нефтепродуктам и природному газу, что повлекло за собой консервацию дизельных электростанций в районах децентрализованного электроснабжения, котельных и ТЭЦ в городах.

Известно, что развитие гидроэнергетики эффективно, прежде всего, в горных районах, где возможно сооружение высоконапорных гидроузлов с водохранилищами. Удельные расходы воды на них существенно меньше, по сравнению с низконапорными равнинными. На каждый кВт.час электрической энергии, вырабатываемой на Нурекской ГЭС, расходуется в 13 раз меньше воды, чем на Кайраккумской ГЭС. Кроме того, при одном и том же объеме, у горных водохранилищ, по сравнению с равнинными, значительно меньше затапливаемая ими площадь. Однако потепление климата, как отмечалось в предыдущих разделах диссертации, в перспективе создает угрозы эффективному использованию установленной мощности действующих ГЭС, так и дальнейшему освоению гидроэнергетического потенциала страны.

Исследования показывают, что в краткосрочной перспективе быстрое таяние ледников и снежных запасов, вызванное более высокими температурами, может увеличить выработку электроэнергии на ГЭС, но в долгосрочной перспективе водообеспеченность ГЭС и, как следствие, гарантированная выработка электрической энергии, сократится.

По имеющимся прогнозам, к 2050 году объём водных ресурсов сократится на 12% по всему региону Центральной Азии. Ограниченный доступ к водным ресурсам в Центральной Азии имеет высокий мультипликативный эффект воздействия на различные аспекты развития национальных экономик стран региона. При этом не исключается влияние на доступность водных ресурсов и таких факторов, как рост численности населения, урбанизация, глобализация сельскохозяйственных рынков, изменение моделей потребления, растущий спрос на электроэнергию, колебание цен на энергоносители и пищевые продукты.

Реализация угроз в водном секторе Таджикистана повлечет за собой спад производства в аграрном секторе экономики и гидроэнергетике, создаст предпосылки для активизации таких стихийных бедствий, как наводнения, засуха, сели и оползни. В результате ограниченного доступа к воде в сельском хозяйстве при одновременном повышении температуры воздуха ухудшится экологическая ситуация в сельской местности. Деградация посевных площадей, ухудшение качества почв и снижение урожайности сельскохозяйственных культур создают предпосылки для формирования угроз продовольственной безопасности. В соответствии с выполненными исследованиями повышение температуры на 1°C может привести к падению урожайности трех основных сельскохозяйственных культур (пшеницы, риса и кукурузы) на 10%. Существенно обострится проблема доступа населения к чистой воде в сельской местности, где проживает свыше 70% населения страны. Следует отметить, что обязательства по водоподаче в страны низовья в настоящее время приводят к холостым сбросам воды на гидроэлектростанциях страны, снижают эффективность использования их установленной мощности, ограничивают возможность накопления воды в водохранилищах, повышают риски снижения производства электроэнергии и промышленной продукции, сокращению доступа к ней населения.

Особо уязвимыми к изменению климата являются горные районы Таджикистана. С целью обеспечения доступа к электроэнергии

труднодоступных горных населённых пунктов в Таджикистане реализуется программа сооружения малых ГЭС. В настоящее время введены в эксплуатацию более 265 малых ГЭС мощностью от 5 до 2500 кВт. Как видно из таблицы 2.6 в 2024 г. доля малой гидроэнергетики на внутреннем рынке составила 0,07 % или 16 млн. кВт.час электрической энергии.

Таблица 2.6 - Выработка электрической энергии в 2024 году

Выработка электроэнергии			
№ п/п	Субъект рынка	2024	Доля рынка
		млн. кВт*ч	%
1	ОАХК "Барки Тоджик"	17415	81,27%
2	ОАО "Сангтуднская ГЭС-1"	2693,4	12,57%
3	ОАО "Сангтуднская ГЭС-2"	869,5	4,06%
4	ОАО "Рогунская ГЭС"	219,7	1,03%
5	ОАО "Памирская энергетическая компания"	214,1	1,00%
6	Малые ГЭС	16	0,07%
Всего:		21427,7	100,00

Источник: Составлено автором на основании данных Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан

Выполненное исследование показало, что установленная мощность 155 малых гидроэлектростанций используется только на 38,5% [62]. Одной из причин консервации установленных мощностей МГЭС является низкая по сравнению с проектными показателями водообеспеченность.

В горных районах страны сохраняется преимущество в первую очередь за малыми ГЭС с инновационными конструктивными решениями мощностью от 3 до 30 кВт, а также развитием солнечной и в отдельных районах ветровой энергетики. Исследование показало, что наибольшая скорость ветра характерна для города Файзабад (более 5 м/сек), что создает условия для развития ветровой энергетики.

Водобеспеченность ГЭС не вызывает опасений в краткосрочной перспективе. В весенне-летний период будет расти предложение со стороны энергогенерирующих предприятий и, соответственно, удовлетворенный спрос

на электроэнергию. Избыток электрической энергии может быть экспортирован в соседние страны, что повысит роль гидроэнергетики в формировании государственного бюджета и вклада в обслуживание внешнего долга, аккумулированного в ней. В зимний период водообеспеченность ГЭС, не имеющих водохранилищ, снижается, что ограничивает возможность использования их установленной мощности. В долгосрочной перспективе уменьшение количества осадков на территории страны при одновременном повышении температуры воздуха отрицательно повлияет на водообеспеченность ГЭС, возникнут угрозы заполнения водохранилищ ГЭС, что может послужить угрозой обеспечения электроэнергией потребителей в осенне-зимний период.

Особый интерес представляет оценка влияния повышения температуры (потепления климата) на скорость распространения ветра. Причиной образования ветра является неравномерное нагревание земной поверхности: тёплый воздух поднимается вверх, а на его место приходит более тяжелый и плотный холодный воздух. В связи с повышением температуры можно сделать вывод, что скорость ветра будет расти и, соответственно, появляются новые возможности вовлечения в хозяйственный оборот энергии ветра.

Исследование показало, что в условиях изменения климата следует рассматривать все возможные альтернативы удовлетворения одновременно растущего спроса на электрическую энергию и увеличение объемов водопотребления. Одним из направлений может явиться разработка и внедрение в практику инновационных конструкций малых ГЭС, способных адаптироваться к изменениям климата и, как следствие, расхода воды в реках. В настоящее время разрабатываются инновационные конструкции малых ГЭС мощностью от 3-15 кВт, дополнительно оснащенные специальными узлами, позволяющими использовать энергию солнца и ветра.

Одной из важнейших и стратегически значимых целей развития Республики Таджикистан является строительство Рогунской гидроэлектростанции, которая представляет собой не только крупнейший

инфраструктурный проект страны, но и ключевой элемент долгосрочной стратегии обеспечения энергетической безопасности. При проектной установленной мощности 3600 МВт и потенциальной годовой выработке свыше 17 млрд кВт·ч, данная ГЭС позволит не только устранить хронический дефицит электроэнергии в зимний период, но и обеспечить экспорт в рамках проекта CASA-1000. В соответствии с выполненным Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) анализом [77] до 2035 года возможно увеличение водности за счёт ускоренного таяния ледников, что обеспечит выработку электроэнергии на Рогунской ГЭС до 18–19 млрд кВт·ч в год. Мультипликативный эффект Рогунской ГЭС может привести к приросту ВВП на 4–4,5% за счёт роста промышленной активности, занятости и экспорта. Однако в долгосрочной перспективе (после 2040 года) прогнозируется снижение притока воды, что может ограничить производственные мощности Рогунской ГЭС. Это предопределяет необходимость адаптивного управления Рогунской ГЭС в условиях климатической неопределённости. Это обеспечит ей не только статус крупнейшего в регионе производителя экологически чистой электроэнергии, но и катализатора структурной трансформации национальной экономики,

На наш взгляд заслуживают внимания и поддержки идеи, изложенные авторами в [8]. Создание общего энергетического рынка на основе взаимовыгодного сотрудничества стран Южной и Центральной Азии позволит снизить уязвимость этого региона к изменениям климата и создать условия для обеспечения устойчивого энергетического развития на основе широкого использования возобновляемых источников энергии и повышения энергетической эффективности и энергосбережения. Перспективное использование гидроэнергетического потенциала Таджикистана с учётом климатических изменений, а также развитие регионального электроэнергетического рынка способны внести значимый вклад в улучшение экологической обстановки и укрепление устойчивости природной среды в странах Центральной Азии.

Выводы по второй главе

Для минимизации рисков и обеспечения устойчивого развития в условиях климатических изменений в Центральной Азии необходимо принять комплексные меры.

Во-первых, требуется повышение энергоэффективности, включая модернизацию электросетей, снижение потерь электроэнергии и внедрение экологически чистых технологий.

Во-вторых, важно активно развивать возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергетика, что позволит снизить зависимость от ископаемого топлива и уменьшить нагрузку на гидроэнергетику.

В-третьих, необходимо укрепление регионального сотрудничества, направленного на создание единой системы управления водно-энергетическими ресурсами, что поможет снизить вероятность конфликтов между странами верховья и низовья бассейнов трансграничных рек.

В-четвертых, следует разрабатывать и внедрять стратегии адаптации к изменениям климата, включая меры по водосбережению, модернизации ирригационных систем и использование климатически устойчивых сельскохозяйственных технологий.

Эти решения в совокупности позволят повысить энергетическую безопасность, обеспечить устойчивое развитие и снизить негативные последствия климатических изменений в регионе.

ГЛАВА III. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

3.1. Законодательная база обеспечения энергетической безопасности

Основа национальной стабильности, экономического роста и защиты окружающей среды является энергетическая безопасность. Законодательство в этой области должно учитывать национальные приоритеты, международные обязательства и современные вызовы, такие как климатические изменения, технологические сдвиги и геополитические конфликты.

Исследования показывают, что законодательное регулирование в сфере энергетической безопасности играет решающую роль в обеспечении надёжного, устойчивого и автономного функционирования национальной энергетической системы, что, в свою очередь, представляет собой одно из фундаментальных условий для стабильного экономического роста и социального благополучия страны. Энергетическое законодательство выполняет ряд ключевых функций, направленных на формирование эффективной политики в данной области:

1. ***Обеспечение равноправного и непрерывного доступа к энергетическим ресурсам*** позволяет предотвращать перебои в поставках энергии, особенно в кризисных ситуациях, таких как природные катастрофы, военные конфликты или рыночные колебания.

2. ***Экономическая стабильность***, снижающая зависимость от импортных энергоносителей и защищающая экономику от глобальных энергетических шоков.

3. ***Экологическая безопасность***. Законодательство способствует развитию и внедрению возобновляемых источников энергии, а также реализации мер по снижению негативного воздействия энергетического

сектора на окружающую среду, тем самым поддерживая переход к экологически безопасной модели энерго-производства и потребления.

4. Укрепление национальной безопасности. Энергетическое законодательство направлено на защиту критически важной энергетической инфраструктуры и стратегических объектов от внутренних и внешних угроз, включая киберугрозы, техногенные аварии, диверсионные действия и иные риски, способные дестабилизировать функционирование энергосистемы государства.

Соответственно перечисленные функции законодательной базы в области энергетической безопасности позволяют сформулировать требования к ней, основными из которых являются:

- комплексность: охват всех аспектов энергетической безопасности — от добычи и транспортировки энергоресурсов до их использования и утилизации.
- гибкость: возможность оперативного реагирования на меняющиеся внутренние и внешние условия, включая рыночные изменения и политические кризисы.
- стабильность: долгосрочная устойчивость законов, что обеспечивает предсказуемость для бизнеса и граждан.
- международная координация: согласование с международными нормами и обязательствами, особенно в рамках региональных или глобальных энергетических соглашений.
- экологическая устойчивость: стимулирование перехода на экологически чистые и возобновляемые источники энергии.
- техническая безопасность: регулирование стандартов и требований к инфраструктуре.

Рассмотрим особенности законодательства различных стран в области обеспечения энергетической безопасности. В Европейском Союзе

законодательство в области энергетической безопасности сосредоточено на интеграции энергетических рынков, диверсификации источников энергии и увеличении доли возобновляемых источников. Например, Директива ЕС №1 944/2019 направлена на обеспечение устойчивого функционирования внутреннего энергетического рынка и повышение его прозрачности, Стратегия энергетической безопасности, принятая в 2014 году определяет цели по диверсификации поставок газа и снижению зависимости от импорта, Зеленая сделка ЕС (2020): предусматривает полный переход на углеродно-нейтральную экономику к 2050 году. Преимуществами законодательной базы ЕС является достаточно высокая степень координации интересов и действий между странами-членами, стабильное инвестирование в возобновляемую энергетику. Вместе с тем, эффективность законодательства ЕС в области энергетической безопасности зависит от степени согласованности различных национальных интересов стран-участниц.

Законодательство США направлено на развитие энергетической инфраструктуры страны, снижение зависимости от импорта и использование инновационных технологий на всех стадиях производства, передачи, преобразования и потребления энергии. Так, принятый в 2007 году Закон о независимости и безопасности энергетики направлен на стимулирование использования биотоплива, снижение потребления нефти и повышение энергоэффективности. Защита энергетических объектов от киберугроз гарантируется принятым в 2015 году актом о модернизации энергетической инфраструктуры, а принятый в 2021 закон по инфраструктуре предусматривает значительные инвестиции в модернизацию энергетических сетей и внедрение возобновляемых источников. В целом, законодательство США в области энергетической безопасности, направлено на обеспечение высокого уровня инноваций в энергетике за счет инвестиций в новые технологии, снижение зависимости от импорта энергетических ресурсов. Вместе с тем, необходимо отметить, что принятые в США законодательные

меры обеспечения энергетической безопасности не гарантируют защиту внутреннего энергетического рынка от политической конъюнктуры и сохраняют актуальными вопросы экологических рисков.

Законодательство КНР направлено на развитие возобновляемой энергетики и обеспечение безопасности поставок энергоносителей. Следует отметить инициативу этой страны - программа "Один пояс, один путь", предусматривающую международные энергетические проекты.

Закон "Об энергосбережении", принятый в 1979 году в Японии, и все последующие акты направлены на повышение энергоэффективности и ядерной безопасности. Несмотря на явные преимущества законодательной базы этой страны, предусматривающей инновационное развитие энергетической инфраструктуры и повышенное внимание к экологическим аспектам, следует отметить высокую затратность реализуемых проектов обеспечения энергетической безопасности и уязвимость, связанной с импортом сырья.

В странах СНГ законодательство в области энергетической безопасности акцентируется на регулировании экспорта и импорта энергоресурсов и поддержании внутренней стабильности энергосистем и в целом на рынках энергетических ресурсов. Так в Российской Федерации принят в 2004 году закон "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности", разработанная «Энергетическая стратегия до 2035 года» направленная на укрепление экспортного потенциала. В большинстве стран СНГ приняты законы «Об электроэнергетике» (Казахстан, 2004 г.), «Об энергетике» (Кыргызстан, 1996г.), "Об использовании возобновляемых источников энергии" (Узбекистан, 2019 г.). В целях управления энергетической безопасностью странами СНГ разработаны Стратегические программы, в которых сделаны акценты на наиболее актуальных для каждой страны мерах. Например, в Узбекистане приоритетом является развитие солнечной энергетики, в Таджикистане – гидроэнергетики и соответствующим

привлечением внешних инвестиций. Следует отметить, что в энергетической инфраструктуре Таджикистана в настоящее время сосредоточено около 1,8 млрд. долл. США внешних финансовых ресурсов, что создает соответствующие угрозы. Законодательство в Казахстане направлено на регулирование деятельности энергетических компаний, недостаточное внимание к экологическим аспектам устранено в принятой в 2013 году государственной программе "Зеленая экономика", направленной на переход к экологически чистой энергетике. Вместе с тем, высокий потенциал экспорта энергоносителей этой страны и соответственно зависимости от мировых цен на энергоносители не нашел должного отражения в законодательной базе. Принятые законы в области энергетической безопасности в странах Центральной Азии лишь частично учитывают климатические угрозы. Например, законодательство Казахстана и Узбекистана включает аспекты перехода на возобновляемые источники энергии, но Таджикистан и Кыргызстан по-прежнему зависят от традиционной гидроэнергетики, которая уязвима к изменению климата (снижение уровня воды в реках). Законодательство в области энергетической безопасности в странах Центральной Азии, выполняя важные функции, нуждается в доработке для учета климатических угроз и повышения эффективности. Опыт стран ЕС и США показывает, что координация на международном уровне, внедрение инноваций и учет экологических факторов — ключ к успеху в обеспечении устойчивого энергоснабжения.

Как известно под законодательной базой понимается - совокупность нормативно-правовых актов (законов, кодексов, постановлений, указов и иных правовых документов), регулирующих различные сферы жизни общества и деятельности государства. Она устанавливает правила, права и обязанности для граждан, организаций и государственных органов.

Основными элементами законодательной базы Республики Таджикистан являются:

➤ **Конституция** – основной закон государства, который определяет основы государственного устройства, права и обязанности граждан.

➤ **Кодексы** – отраслевые законы (гражданский, уголовный, трудовой, налоговый и т.д.), регулирующие конкретные сферы общественных отношений.

➤ **Законы и подзаконные акты** – акты, принимаемые парламентом, правительством и другими органами власти для детализации правовых норм.

➤ **Международные соглашения** – правовые нормы, регулирующие взаимоотношения с другими государствами.

Основная цель законодательной базы заключается в обеспечении правопорядка, регулировании общественных процессов, защите прав граждан и создании благоприятных условий для экономического развития.

Государство использует законодательную базу для управления, координации деятельности органов власти, борьбы с преступностью и коррупцией, а также для гармонизации национальных норм с международными стандартами.

Для общества законодательство играет важную роль в защите прав и свобод граждан, обеспечении социальной справедливости, повышении доверия к государственным институтам и создании условий для безопасной и стабильной жизни. Например, трудовое законодательство защищает работников, экологические законы способствуют сохранению окружающей среды, а антикоррупционные меры помогают снизить уровень взяточничества.

Таким образом, законодательная база является фундаментом для устойчивого развития государства и общества, обеспечивая их стабильность и процветание.

Законы можно разделить по отраслям экономики, исходя из сфер их применения и регулируемых общественных отношений: промышленность и производство; строительство и инфраструктура; энергетика; транспорт и логистика; финансы и банковский сектор; сельское хозяйство; торговля и

услуги; информационные технологии и телекоммуникации; здравоохранение и фармацевтика; экология и природопользование; социальная сфера и трудовые отношения; туризм и гостеприимство.

Разделение законов по отраслям экономики помогает государству и бизнесу эффективно регулировать соответствующие сферы деятельности, обеспечивать правопорядок и экономический рост.

Законодательная база в сфере энергетики Республики Таджикистан представляет собой комплекс правовых актов, регулирующих деятельность в области добычи, производства, распределения, потребления и сохранения энергетических ресурсов. Она включает в себя основные законы, кодексы и нормативные документы, направленные на обеспечение устойчивого развития энергетического сектора страны.

Основные законы Таджикистана в области энергетики:

1. Закон "Об энергетике" (2000, с изменениями 2005, 2007, 2009 годы)
2. Закон "Об энергосбережении" (2002 год)
3. Закон "Об использовании возобновляемых источников энергии" (2009 год)
4. Закон "Об использовании атомной энергии" (2004 год)
5. Водный кодекс и другие смежные законы по охране природы, лицензированию, техническому нормированию и сертификации.

Обобщенный анализ законодательной базы в области энергетики Республики Таджикистан представлен в Приложение 1. Все законы взаимосвязаны и дополняют друг друга, обеспечивая комплексное регулирование энергетического сектора Республики Таджикистан. Их основные принципы направлены на обеспечение надежного энергоснабжения, развитие энергоэффективности и ВИЭ, соблюдение экологических стандартов, защиту стратегических объектов и ресурсов.

Однако законодательная база страны в сфере энергетики в контексте современных условий и климатических вызовов требует определенных

обновлений и дополнений, рекомендации по которым приведены в Приложении 2 в соответствии с нижеприведенными рекомендациями.

Для улучшения нормативной базы в энергетическом секторе Республики Таджикистан необходимо предпринять следующие меры:

1. Обновить законодательство с учетом современных мировых трендов:

- Адаптация нормативно-правовой базы к международным стандартам в области устойчивого развития и декарбонизации.
- Внедрение передовых регуляторных механизмов, направленных на диверсификацию энергетических ресурсов.
- Развитие децентрализованных форм энергоснабжения - принятие нормативно-правовых актов, стимулирующих расширение малой и распределённой генерации, способствует формированию устойчивой и гибкой энергетической системы, снижению нагрузки на централизованные сети и повышению энергонезависимости на местном уровне.

2. Формирование инвестиционно-привлекательной среды для развития возобновляемой энергетики:

- Введение налоговых льгот, субсидий и механизмов финансовой поддержки для частных и иностранных инвесторов.
- Обеспечение прозрачности и предсказуемости тарифной политики для проектов на основе возобновляемых источников энергии.
- Упрощение процедур получения разрешений и лицензий на строительство и эксплуатацию ВИЭ-объектов.

3. Внедрить механизмы энергоэффективности и модернизации инфраструктуры:

- Принятие обязательных стандартов энергоэффективности для государственных и частных объектов.

- Проведение энергоаудитов и разработка программ модернизации устаревших объектов энергетической инфраструктуры.

- Стимулирование внедрения энергоэффективных технологий на уровне промышленности и бытового сектора.

4. Усилить контроль за безопасностью стратегически важных объектов:

- Создание единой системы мониторинга состояния гидротехнических сооружений и объектов энергетической инфраструктуры.

- Разработка и внедрение современных стандартов технического обслуживания и эксплуатационной безопасности.

- Повышение уровня подготовки персонала и регулярное проведение учений по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций.

5. Активно интегрировать цифровые технологии для управления энергетикой:

- Внедрение интеллектуальных сетей (Smart Grid) для эффективного распределения и управления энергопотоками.

- Использование больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта (AI) для прогнозирования спроса и управления энергосистемой.

- Автоматизация учета энергопотребления с помощью интеллектуальных счетчиков (Smart Meters).

В таблице 3.1 приведены примеры успешной реализации аналогичных нормативов и стратегий в энергетическом секторе других стран, которые могут послужить ориентиром для Республики Таджикистан.

В целом для совершенствования законодательства необходимо усиление работы в направлениях диверсификации энергобаланса, упрощения административных процедур, цифровизации и развития частного-государственного партнерства.

Таблица 3.1 - Успешная реализация нормативов и стратегий в энергетическом секторе других стран, которые могут послужить ориентиром для РТ

Направление	Пример	Реализованные меры	Результаты	Как применить в Таджикистане
Обновление законодательства	Германия (The German Energiewende) [65]	Принятие Закона о ВИЭ, отказ от угля и атома, поддержка децентрализованной генерации	46% ВИЭ в энергобалансе	– Разработка аналогичного закона, стимулирование локальных инициатив ВИЭ
Привлечение инвестиций в ВИЭ	Казахстан (Программа поддержки ВИЭ) [106]	Аукционы, долгосрочные контракты PPA, налоговые льготы	2 ГВт установленных мощностей ВИЭ	– Введение долгосрочных контрактов, налоговые льготы, прозрачность аукционов
Энергоэффективность и модернизация	Китай (Национальная программа энергоэффективности) [107]	Обязательные энергоаудиты, модернизация оборудования, умные города	Снижение энергопотребления на 30%	– Обязательный энергоаудит, модернизация коммунальной инфраструктуры
Безопасность стратегических объектов	Норвегия (Программа безопасности гидрообъектов) [66]	Мониторинг плотин, декларации безопасности, страхование рисков	Минимизация аварийных рисков	– Введение автоматического мониторинга ГЭС, подготовка специалистов
Цифровизация энергосистемы	Эстония (Программа цифровизации энергосектора) [46]	Смарт-счетчики, цифровая платформа, AI для управления	Снижение потерь энергии на 15%	– Внедрение smart meters, разработка цифровой платформы
ГЧП в энергетике	Индия (Солнечные парки на основе ГЧП) [108]	ГЧП-модель, международное финансирование, гибкая тарифная система	Рост солнечной энергетики до 50 ГВт	– Запуск пилотных ГЧП-проектов, привлечение иностранных инвесторов

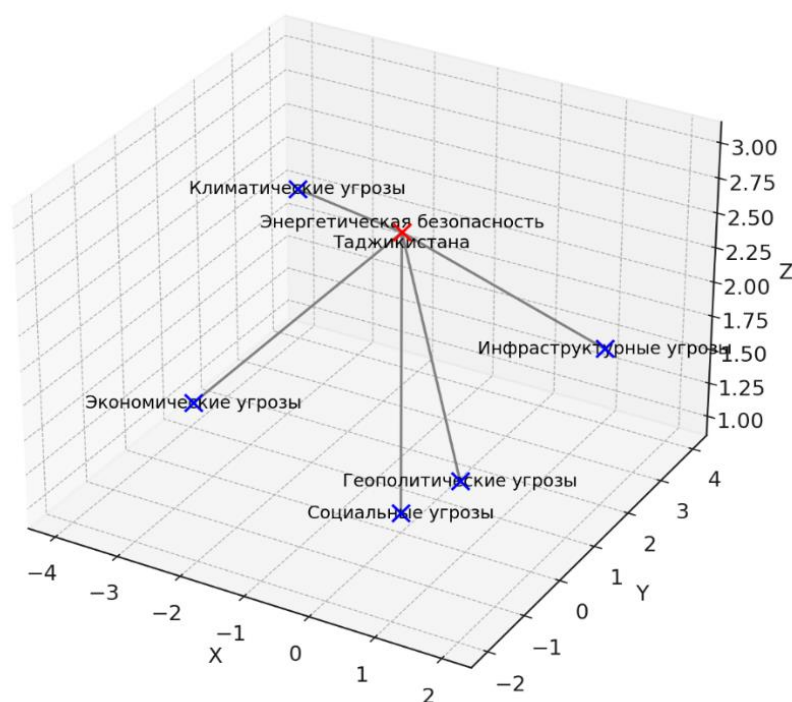
**ГЧП - Государственно-частное партнёрство
Источник: Составлено автором*

Несовершенство нормативно-правовой базы представляет собой один из факторов, повышающих уязвимость энергетической системы и создающих риски для обеспечения энергетической безопасности.

3.2. Угрозы энергетической безопасности

Особенностью энергетического бизнеса является значительная капиталоемкость при его особой социальной значимости. Как отмечено в предыдущих разделах значительная доля (96%) ГЭС в общей структуре генерирующих мощностей в Таджикистане свидетельствует о ее слабой диверсификации.

В современных условиях на энергетическую безопасность Республики Таджикистан кроме этой уже реализованной угрозы влияет комплекс угроз, которые можно классифицировать по следующим категориям: климатические, инфраструктурные, экономические, геополитические и социальные (рис. 3.1). Как видно из рисунка, центральным элементом воздействия этих угроз "Энергетическая безопасность Таджикистана".



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.1. - Классификация угроз энергетической безопасности РТ по категориям

Негативные последствия реализации этих угроз для энергетики страны иллюстрируются рис. 3.2 и проявляются в следующем:



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.2 - Блок-схема классификации угроз энергетической безопасности РТ по категориям

1. Климатические угрозы

▪ Потепление – рост среднегодовой температуры приводит к увеличению потерь воды с испарением, уменьшению водобеспеченности ГЭС, в особенности малых в кратко- и среднесрочном периодах, и, как следствие, гарантированной выработки электрической энергии. По существующим оценкам [109] Нурекское водохранилище теряет около 52,3 млн м³ воды в год из-за испарения, а прогнозируемые потери для Рогунского водохранилища составляют 170–200 млн м³ ежегодно.

▪ Уменьшение осадков – сокращение дождей и снегопадов снижает уровень стока рек, на которых базируется гидроэнергетика со всеми вытекающими из этого негативными последствиями.

▪ Таяние ледников – ускоренное таяние ледников сначала увеличивает водность, но в долгосрочной перспективе приведет к сокращению доступных водных ресурсов.

▪ Засухи – периодические засухи приводят к снижению уровня воды в водохранилищах, что снижает выработку электроэнергии на ГЭС.

▪ Экстремальные погодные явления – частые аномальные температуры, штормы и паводки создают угрозу стабильности энергосистемы.

2. Инфраструктурные угрозы

▪ Износ оборудования – большая часть энергосистем Таджикистана построена в советский период и требует модернизации.

▪ Заиление водохранилищ – уменьшает их полезный объем, снижает выработку электроэнергии, ограничивает возможности реализации экспортного потенциала отечественной электроэнергетики. Так полезный объем водохранилища Нурекской ГЭС по сравнению с его объемом на начальный период эксплуатации (10,5 млрд. м³) существенно сократился, что повлекло за собой снижение выработки электроэнергии. Проведенные исследования компанией HR Wallingford LTD свидетельствуют о том, что потери полезного объема по состоянию на 2015 г. составляют 0,620 млрд. м³, что равноценно 13,78% от полезного объема (4,5 км³) водохранилища.

Соответственно потери полезного объема водохранилища к 2025 существенно выросли.

- Потери электроэнергии – по проведенным оценкам Всемирного банка в 2020 году технические потери в распределительных сетях составили 15,8%, а коммерческие потери – 8%.

- Старение сетей – устаревшие линии электропередач приводят к аварийным отключениям и высоким потерям.

3. Экономические угрозы

- Значительный внешний долг, сконцентрированный в электроэнергетике; относительно низкие тарифы на электрическую энергию ограничивают бюджетоформирующие возможности электроэнергетики и соответственно его обслуживание. Для завершения строительства Рогунской ГЭС были выпущены внешние облигации на сумму \$500 млн, и планируется привлечение новых займов, что увеличивает внешний долг страны. Обслуживание этого долга сокращает собственные финансовые ресурсы на развитие энергетики.

По состоянию на 31 декабря 2022 года, объем погашенного общего государственного долга Таджикистана составил 322,1 млн. долларов США, в том числе погашение внешнего долга – 254,6 млн. долларов США, внутреннего долга – 67,5 млн. долларов США. Данный показатель увеличился по сравнению с 2021 годом на 10,3 млн. долларов США. Динамика обслуживания государственного долга Республики Таджикистан за 2014-2022 гг., приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Динамика обслуживания государственного долга Республики Таджикистан за 2014-2022 гг.

Показатели	Годы								
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Обслуживание внешнего долга, \$, млн	136,2	144,7	159,23	176,51	224,04	229,1	223,2	232,2	254,3
Основной долг, \$, млн	104,5	113,3	125,5	139,1	150,3	154,05	156,7	157,3	181,4
Проценты, \$, млн	31,6	31,4	33,7	37,5	73,7	75,05	66,5	74,9	73,2

Источник: составлено автором по [49]

Данные этой таблицы свидетельствуют о том, что обслуживание внешнего долга за рассматриваемый период увеличилось в 1,9 раза. При этом, значительная часть финансовых ресурсов идет на погашение основного долга, удельный вес которого за 2014-2022 гг., с 76,7 % уменьшился до 71,3 %.

- Недостаток инвестиций – ограниченный частный капитал замедляет модернизацию сектора.

- Неэффективное тарифное регулирование – низкие тарифы приводят к хроническому недофинансированию отрасли. Слабая тарифная политика в электроэнергетике является барьером для повышения вклада ее в обслуживание внешнего долга.

4.Геополитические угрозы

- Выраженная зависимость от внешних рынков энергетических ресурсов – Таджикистан зависит от импорта продуктов нефтепереработки и газа и экспорта электроэнергии в соседние страны. Энергетическая система Таджикистана (после восстановления ЛЭП) связана с соседними государствами. После распада СССР страна стала зависимой от импорта энергоресурсов в зимний период и экспорта избыточной электроэнергии летом. Такая зависимость делает энергетический комплекс страны уязвимым: например, после отключения от Объединенной энергосистемы Центральной Азии (CAPS) в 2009 году и прекращения поставок газа из Узбекистана в 2013 году республика оказалась вынуждена полагаться исключительно на внутренние гидроэнергетические ресурсы, что обострило зимний энергетический дефицит.

- Ограниченные экспортные возможности – отсутствие развитой сетевой инфраструктуры мешает продаже летних излишков электроэнергии. Экспорт электроэнергии сталкивается с трудностями из-за недостаточной инфраструктуры для передачи мощности. Таджикистан не имеет полного доступа к зарубежным рынкам сбыта, что приводит к упущенной выгоде от продажи избыточной летней генерации. Инициативы,

такие как проект CASA-1000, находятся в процессе реализации, однако их успех во многом определяется политическими решениями соседних стран.

▪ Трансграничные водные конфликты – споры с соседними странами по поводу распределения водных ресурсов могут препятствовать строительству новых ГЭС. Трансграничные споры по водным ресурсам представляют серьезную угрозу для энергетических проектов Таджикистана. Богатые запасы гидроэнергии страны неоднократно становились причиной разногласий с соседями, особенно с Узбекистаном. Намерение Таджикистана развивать крупные гидроэлектростанции, включая Рогунскую ГЭС, вызвало обеспокоенность в Ташкенте, поскольку регулирование речного стока влияет на объемы воды, используемой для ирригации. В 2010 году напряженность вокруг строительства Рогунской ГЭС достигла пика, сопровождаясь резкими заявлениями и угрозами жестких мер. Вмешательство международных организаций помогло ослабить противостояние. Дополнительно проблему усугубляют климатические изменения: уменьшение стока и критически низкие уровни воды, например, зафиксированные в Нурекском водохранилище в 2024 году, создают трудности в выполнении водных соглашений, что может привести к новому витку разногласий между странами.

5. Социальные угрозы

▪ Недостаток кадров – нехватка высококвалифицированных специалистов ограничивает внедрение новых технологий.

▪ Низкая энергоэффективность – население и предприятия нерационально используют электроэнергию.

▪ Протесты против тарифов – социальное недовольство ограничивает возможность повышения цен, необходимых для модернизации отрасли и погашения внешнего долга.

Таким образом общее энергетическое благополучие Таджикистана, его безопасность находятся под воздействием множества взаимосвязанных факторов. Климатические изменения приводят к нестабильности гидроэнергии; проблемы инфраструктуры и недостаток инвестиций ведут к

износу и потерям; экономические трудности (долги, тарифы) ограничивают развитие; геополитические разногласия угрожают как импорту, так и экспорту энергии; социальное напряжение мешает реформам. Все эти угрозы взаимосвязаны и в своей совокупности проявления ведут к уязвимости энергетической системы, проявляющейся в хронических перебоях доступности электроэнергии в осенне-зимний период. На основании вышеизложенного можно сделать следующие рекомендации по смягчению угроз энергетической безопасности Таджикистана:

- Усиление мониторинга климатических изменений и доступности его результатов для оценки их влияния на водные ресурсы. Это позволит прогнозировать возможные угрозы для гидроэнергетики и разработать меры адаптации к изменяющимся условиям, включая сработку водохранилищ не для энергетических целей (холостые сбросы воды). Это особенно важно для Таджикистана, где значительная часть электроэнергии вырабатывается за счет гидроэнергетики, зависящей от стабильности водных ресурсов.

- Модернизация инфраструктуры ГЭС для снижения потерь воды, включая внедрение систем уменьшения интенсивности испарения, дноуглубительные работы для предотвращения заиления водохранилищ, улучшение гидротехнических сооружений для оптимального распределения стока и повышение энергоэффективности турбинных агрегатов.

- Разработка эффективных стратегий адаптации к изменяющимся условиям водоснабжения, включая создание интегрированных систем управления водными ресурсами, внедрение инновационных методов водосбережения, модернизацию гидротехнической инфраструктуры с учетом климатических изменений, улучшение прогнозирования водного баланса с использованием современных цифровых технологий.

- Международное сотрудничество по совместному управлению трансграничными водными ресурсами, включая заключение межгосударственных соглашений, создание совместных комиссий по управлению водными ресурсами, реализацию совместных

инфраструктурных проектов для оптимального распределения стока и развитие трансграничных гидроэнергетических инициатив. Развитие механизмов регионального сотрудничества для эффективного использования трансграничных водных ресурсов для энергетических и ирригационных целей всеми странами региона, в том числе Афганистаном.

- Разработка, внедрение и эффективное использование системы обмена данными между странами для улучшения прогнозирования водного и энергетического балансов и предотвращения реализации потенциальных конфликтов.
- Эффективное сотрудничество в области взаимовыгодного обмена энергетическими ресурсами на основе развития регионального энергетического рынка.
- Использование средств водной и энергетической дипломатии при разрешении потенциальных споров.

3.3. Математическая модель расчета индекса энергетической безопасности в различных сценариях изменения климата

Климатические изменения создают значительные вызовы для обеспечения энергетической безопасности, что обуславливает необходимость применения комплексного подхода, включающего оценку климатических рисков, формирование адаптационных мер и модернизацию инфраструктуры энергоснабжения. Для разработки устойчивой политики необходимо, как отмечалось интегрировать данные из различных дисциплин и применять модели, учитывающие ключевые климатические и энергетические параметры.

Для описания взаимосвязи изменений климата и энергетической безопасности можно использовать следующую модель:

$$E = f(T, P, V, G, W, C) \quad (3.1)$$

Где:

E — индекс энергетической безопасности;

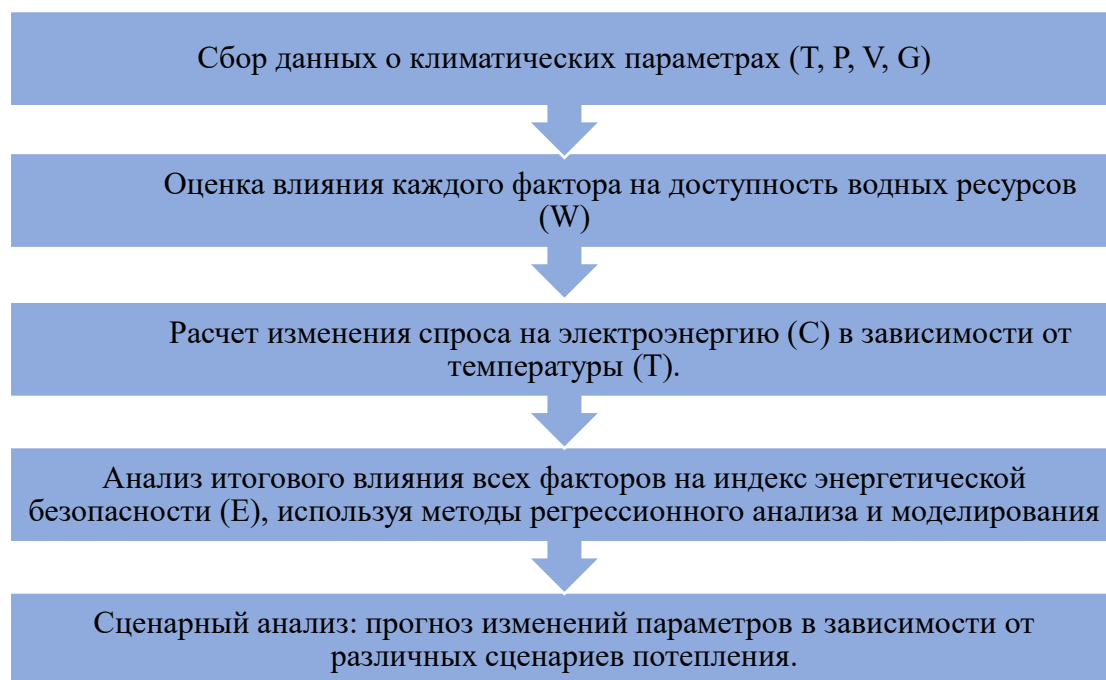
T — среднегодовая температура окружающей среды, °C;
P — объем осадков в регионе, мм/год;
V — объем испарения воды с поверхности водоемов, м³;
G — скорость таяния ледников и изменения ледникового стока, м³/год;
W — доступность водных ресурсов для гидроэнергетики, м³/год;
C — объем потребления электроэнергии в летний период, МВтч.

Индекс энергетической безопасности Таджикистана рассчитывался на основе этих шести факторов, влияющих на энергетическую безопасность страны. Отбор факторов осуществлялся с учетом структуры генерирующих источников страны, характеризующейся 96- процентным удельным весом ГЭС.

Математическая модель может быть представлена в виде:

$$E = \beta_1 T + \beta_2 P + \beta_3 V + \beta_4 G + \beta_5 W + \beta_6 C \quad (3.2)$$

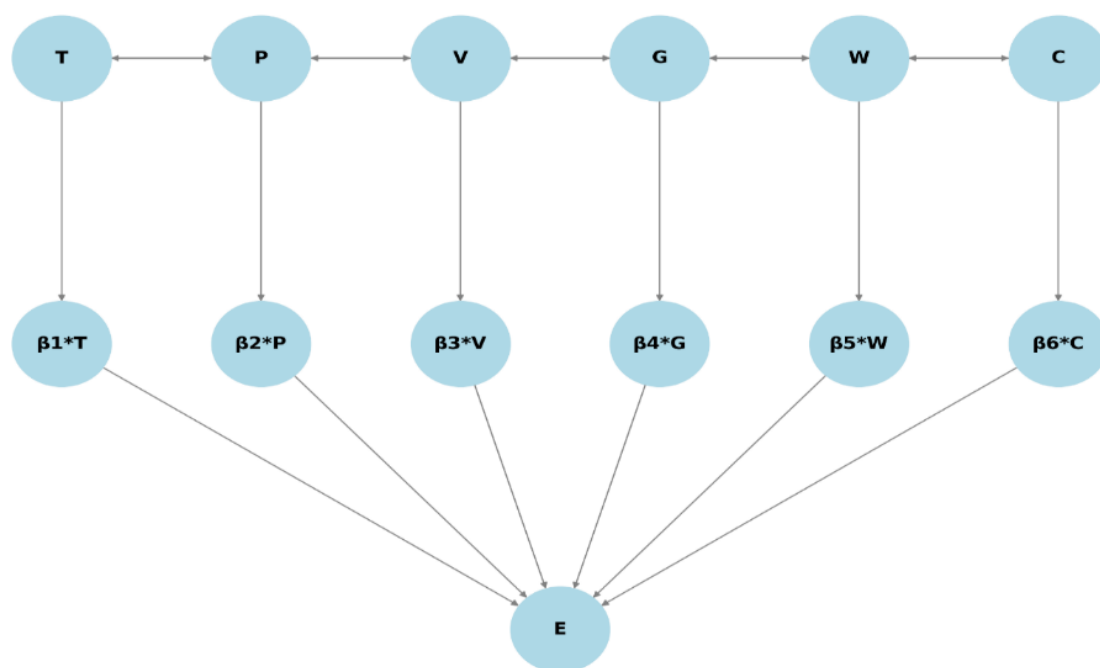
Блок-схема расчета влияния факторов на энергетическую безопасность представлена на рис. 3.3



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.3 – Блок-схема расчета влияния факторов на энергетическую безопасность

Блок-схема оценки влияния различных факторов на энергетическую безопасность и структурированная схема модели оценки индекса энергетической безопасности иллюстрируются соответственно рис. 3.3. и рис. 3.4. Расчеты выполнены для двух сценариев изменения климата к 2050 году – оптимистичного и пессимистичного. Оптимистичный сценарий ориентирован на повышение среднегодовой температуры на $2,5^{\circ}\text{C}$, пессимистичный сценарий – на 5°C .



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.4 - Структурированная схема модели оценки индекса энергетической безопасности

В таблице 3.3 представлены исходные данные и весовые коэффициенты. Поскольку рассматриваемые факторы имеют разные последствия, все значения их весовых коэффициентов были нормализованы. Это позволяет сравнивать показатели, приводя их к общей шкале от 0 до 1.

Таблица 3.3 - Исходные данные и весовые коэффициенты

№ п/п	Услов ное обозна чение	Параметр	Весовые коэффициенты факторов для двух сценариев изменения климата		Последствия изменения климата
			Оптим истичн ый	Пессим истичн ый	
1	T	Среднегодов ая температура, °C	0,333	-0,305	Температура влияет на рост потребления энергии для охлаждения (кондиционирование воздуха) и вызывает уменьшение КПД ГЭС.
2	P	Объем осадков, мм / год	0,042	0,053	Осадки увеличивают или уменьшают доступность воды для гидроэнергетики.
3	V	Испарение воды, м ³	-0,25	-0,265	Испарение сокращает общий объем воды в водохранилищах ГЭС.
4	G	Скорость таяния ледников, м ³ /год	0,208	-0,19	В среднесрочной перспективе увеличивает водообеспеченность ГЭС, но ведет к сокращению запасов воды в ледниках.
5	W	Доступность водных ресурсов, м ³ /год	0,042	0,038	Объем доступной воды определяет возможности гидроэнергетики.
6	C	Потребление электроэнер гии, МВт.ч	- 0,125	-0,152	Потребление энергии растет (в летний период), увеличивая нагрузку на энергетическую систему.

Источник: Составлено автором

С целью придания веса (степени влияния) каждому фактору выполнен сравнительный анализ их влияния на индекс энергетической безопасности с учетом прогноза изменения среднегодовой температуры в 2050 году на 2 °C и 5 °C, соответственно в оптимистичном и пессимистичном сценариях изменения климата, таблица 3.4.

Вклад каждого фактора рассчитывался как произведение его нормализованного значения на вес.

Таблица 3.4 - Сравнительный анализ сценариев изменения климата и влияния на энергетическую безопасность

Параметр	Интенсивность влияния на ЭБ	
	Сценарий 1 (Оптимистичный, +2,5°C)	Сценарий 2 (Пессимистичный, +5°C)
Температура (X ₁)	Умеренное повышение способствует росту ЭБ	Повышение снижает ЭБ
Осадки (X ₂)	Незначительное влияние	Умеренное влияние, недостаточное для компенсации потерь
Испарение воды (X ₃)	Незначительное влияние	Значительное снижение доступности воды
Скорость таяния ледников (X ₄)	Умеренно увеличивает водообеспеченность	Приводит к сокращению площади ледников и истощению водных ресурсов
Доступность водных ресурсов (X ₅)	Незначительное влияние	Умеренное влияние, но не компенсирует дефицит
Потребление электроэнергии (X ₆)	Умеренный рост нагрузки	Значительный рост нагрузки, особенно в летний период
Уязвимость энергетической безопасности	Относительно низкая уязвимость	Высокая уязвимость

Источник: Составлено автором

Каждому фактору присваивался весовой коэффициент, показывающий его относительное влияние на энергетическую безопасность. Положительные весовые коэффициенты (например, осадки и водообеспеченность) повышают индекс энергетической безопасности, отрицательные веса (например, выбросы и рост летнего потребления энергии) снижают его.

Оптимистичный сценарий (повышение среднегодовой температуры на 2,5°C):

В уравнении 3.1 на основе качественного (V, G, W) и количественного (T, P, C) анализа данных T, P, V, G, W, C соответствующих переменным X_i, методом экспертной оценки приданы значения весовым коэффициентам β_i . Наибольшее влияние на индекс энергетической безопасности E, соответствующий результативному показателю Y, оказывают переменные X₁, X₃, X₄ и наименьшее влияние оказывают переменные X₂, X₅, X₆.

Следовательно, получим следующее уравнение с присвоением веса для каждой переменной:

$$\begin{aligned} Y &= \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 = \\ &= 0.333X_1 + 0.042X_2 - 0.25X_3 + 0.208X_4 + 0.042X_5 - 0.125X_6 \end{aligned} \quad (3.3)$$

Подставляя значения переменных X_i в уравнение 3.2 расчеты показали, что индекс энергетической безопасности для Таджикистана составил 0,63, это значение находится по нормализованной шкале от 0 до 1. Следовательно, уязвимость энергетического сектора Таджикистана к климатическим изменениям в 2050 году составляет 37%.

На основе полученного ответа и уравнения можем построить матрицу корреляции переменных.

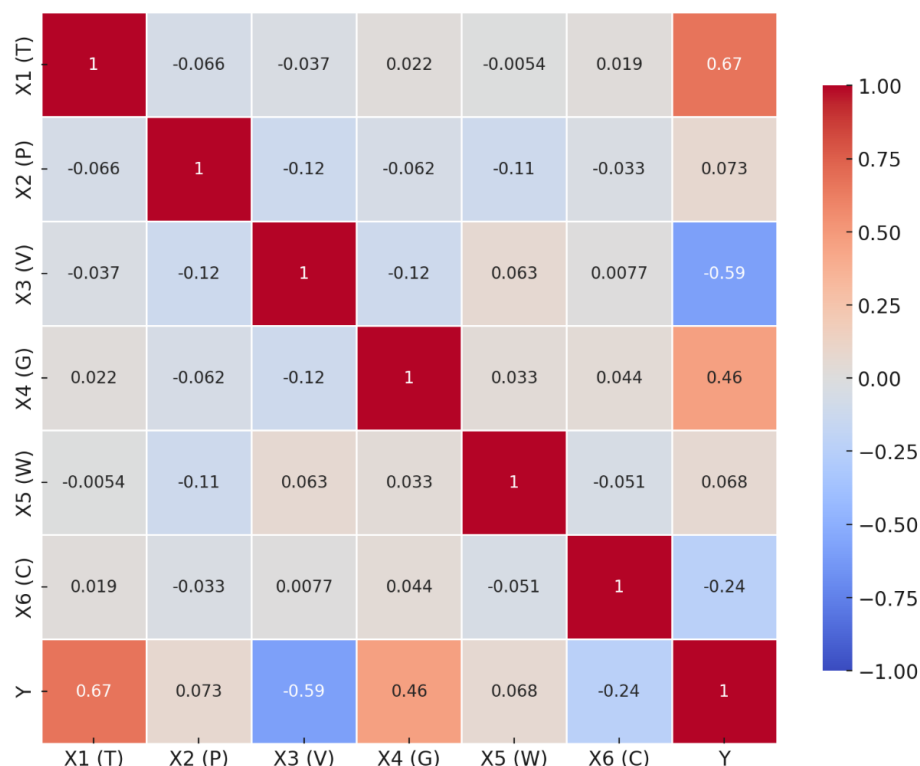
Для определения степени влияния каждой переменной X_i на результат Y посмотрим на коэффициенты корреляции в матрице. Чем ближе коэффициент к (+1) или к (-1), тем сильнее влияние. Чем ближе к 0, тем слабее влияние, причем влияние со знаком (-) отрицательное, а со знаком (+) положительное.

Результаты матрицы корреляции показали, что наибольшее влияние на индекс энергетической безопасности оказывают:

X_1 (Температура) – Имеет наибольший коэффициент корреляции (положительный), значит, увеличение X_1 значительно увеличивает Y . Данный показатель имеет прямое влияние на Y . Если среднегодовая температура растет, то рассматриваемой перспективе имеет место относительное энергетическое благополучие.

Умеренное повышение температуры способствует увеличению энергетической безопасности, увеличивает водообеспеченность, что поддерживает устойчивость энергетической системы. Несмотря на рост потребления энергии в летний период, система адаптируется к новым условиям, сохраняя высокий уровень энергетической безопасности.

X₃ (Испарение воды) – Также сильно влияет, но слабее, чем X₁. Связь обратно пропорциональная. Увеличение испарения сокращает общий объем водных ресурсов в водохранилищах и соответственно водообеспеченность и гарантированную выработку ГЭС, что приводит к снижению энергетической безопасности, однако не очень критично (рисунок 3.5).



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.5 - Матрица корреляции переменных при оптимистичном сценарии

X₄ (скорость таяния ледников) – имеет прямое влияние на Y, но не так значительно, как X₁ и X₃. Данный показатель имеет влияние на Y в рассматриваемой перспективе. Если в ближайшей перспективе приводит к умеренному повышению водообеспеченности ГЭС, то в рассматриваемой перспективе (2050 г.) из-за роста нагрузки на водохозяйственную систему не только Таджикистана, но и региона ЦА в целом, приобретает мультипликативный характер, что отрицательно скажется на водообеспеченности ГЭС в случае пересмотра приоритетов водоотведения.

Переменные X_5 (доступность водных ресурсов) – Минимальное влияние на Y , почти не играет роли, связь обратно пропорциональная и X_2 (объём осадков) – также оказывает минимальное обратно пропорциональное влияние. Данные переменные оказывают косвенное влияние, так как степень их воздействия проявляется через изменение других факторов или компенсируется внешними решениями (например, развитием альтернативных источников энергии, реализацией программ водосбережения).

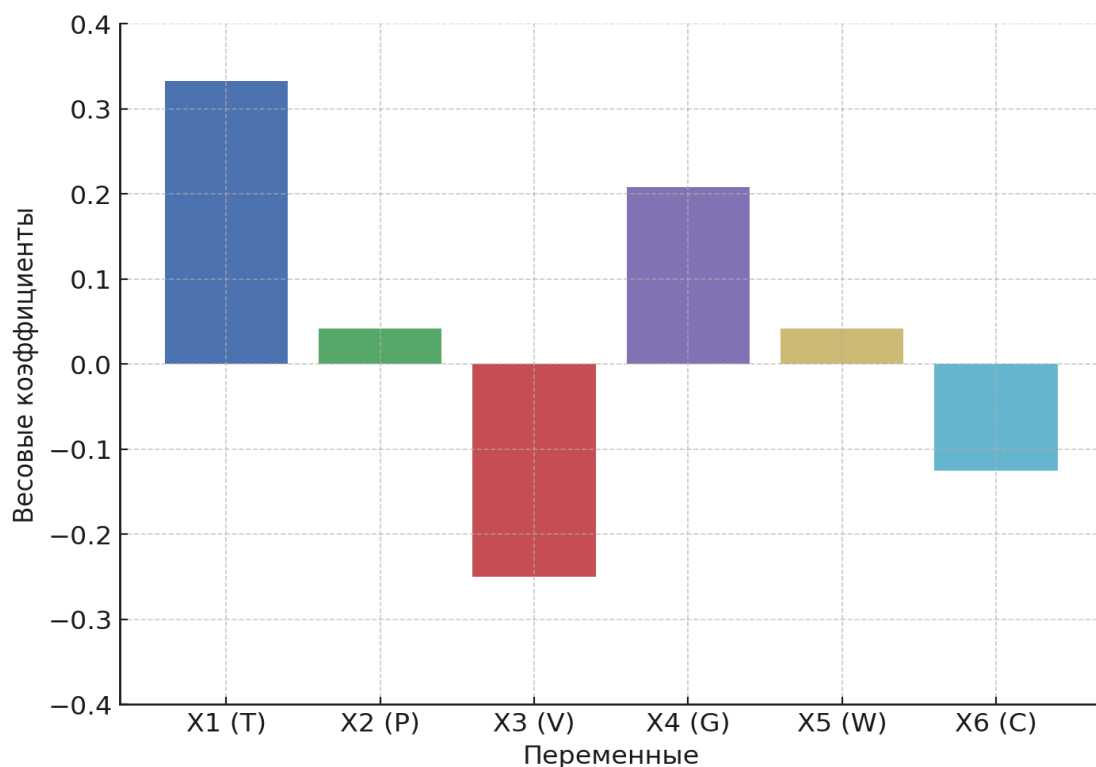
X_6 (потребление электроэнергии) – Косвенное отрицательное влияние, но не столь значительное. Данный показатель имеет влияние на Y в ближайшей перспективе. Рост потребления энергии влияет на нагрузку на энергосистему, особенно в летний период, но это влияние можно частично смягчить за счёт повышения энергоэффективности или внедрения альтернативных источников энергии. При значительных объемах потребления, развитие солнечной и ветровой энергетики может снизить зависимость расходной части электробаланса от выработки ГЭС. В итоге, энергосистема также справляется с нагрузкой. Рост потребления энергии имеет негативное влияние, хотя и менее выраженное.

Следовательно, можно сделать вывод, что самыми значимыми факторами являются переменные X_1 - среднегодовая температура окружающей среды (T), которое имеет наибольшее влияние, затем X_3 - испарение воды V , X_4 - скорость таяния ледников G и X_6 – потребление электроэнергии в летний период C . Меньше всего влияют X_5 и X_2 . Основными драйверами изменения Y являются переменные X_1 и X_4 , их изменение приводит к наиболее значительным колебаниям результата.

По результатам весовых коэффициентов β_i , можно построить график влияния переменных X_1 - X_6 на Y (рисунок 3.6).

Приведенный график построен на основе данных в отдаленной перспективе и подтверждает результаты матрицы корреляции, поскольку наибольшее влияние на Y оказывают переменные X_1 , X_3 , X_4 . В матрице

корреляции их коэффициенты выше, что говорит о сильной связи с Y . На графике их столбцы значительно больше, что также визуально подтверждает их важность.



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.6 - График влияния переменных X_i на Y

Остальные переменные X_2 , X_5 и X_6 оказывают слабое влияние на Y . В матрице корреляции их значения маленькие (ближе к 0), что говорит о слабой связи. На графике их столбцы также намного меньше, что подтверждает их незначительное влияние на Y . Однако следует обратить внимание на X_6 – потребление электроэнергии, значимость этого фактора ощутима (имеет отрицательное значение) и оказывает значительное влияние на Y по сравнению с X_2 и X_5 , что подтверждает матрица корреляции.

Следовательно, можно сделать вывод, что график и матрица корреляции дают одинаковые выводы и подтверждают надежность анализа.

Пессимистичный сценарий (повышение среднегодовой температуры на 5°C):

В уравнении 3.3 на основе качественного и количественного анализа данных T, P, V, G, W, C соответствующих переменным X_i , придали веса коэффициентам β_i , методом экспертной оценки. В отдаленной перспективе наибольшее влияние на индекс энергетической безопасности E, соответствующему результативному показателю Y, оказывают переменные X_1 , X_3 , X_4 и наименьшее влияние оказывают переменные X_2 , X_5 , X_6 . Следовательно, получим следующее уравнение с присвоением веса для каждой переменной:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 = \\ = -0.303X_1 + 0.053X_2 - 0.265X_3 - 0.19X_4 + 0.038X_5 - 0.152X_6 \quad (3.4)$$

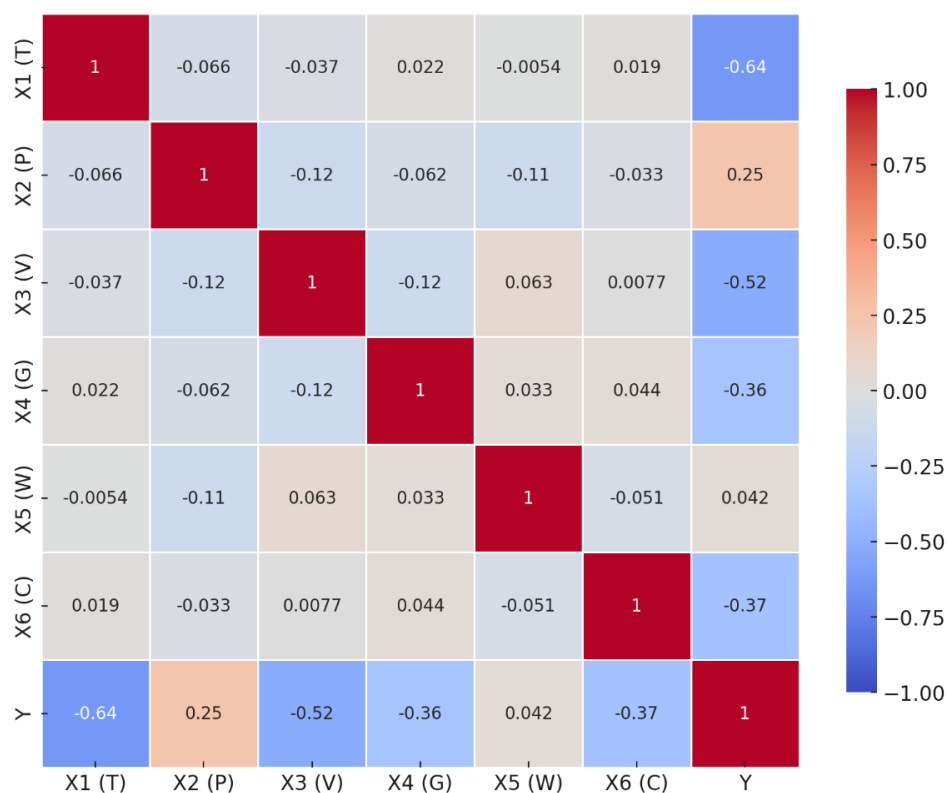
Подставляя значения переменных X_i в уравнение 3.4 расчеты показали, что индекс энергетической безопасности для Таджикистана составил 0,41, это значение соответствует нормализованной шкале от 0 до 1. Следовательно, уязвимость энергетического сектора Таджикистана к климатическим изменениям составляет 59%. При этом рост уязвимости энергетического сектора по сравнению с оптимистичным вариантом обусловлен увеличением потребления электроэнергии и существенным влиянием ограничений по доступу (потерь) к водным ресурсам.

На основе полученного результата и уравнения можем построить матрицу корреляции переменных (рисунок 3.7).

Переменные X_1 (температура), X_3 (испарение воды) и X_4 (таяние ледников) демонстрируют наибольшее влияние на индекс Y. Проанализируем результаты матрицы корреляции:

X_1 (среднегодовая температура) показывает сильное отрицательное влияние температуры на энергетическую безопасность. Значительное повышение температуры снижает доступность водных ресурсов и

увеличивает нагрузку на энергосистему. Питание рек ухудшается, увеличивается интенсивность испарения (потери воды), снижается гарантированная выработка на ГЭС, что приводит к снижению индекса энергетической безопасности, и, как следствие, увеличению уязвимости.



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.7 - Матрица корреляции переменных при пессимистичном сценарии

X₃ (испарение воды) оказывает значительное негативное влияние на энергетическую безопасность, так как сокращает объёмы доступной воды для гидроэнергетики.

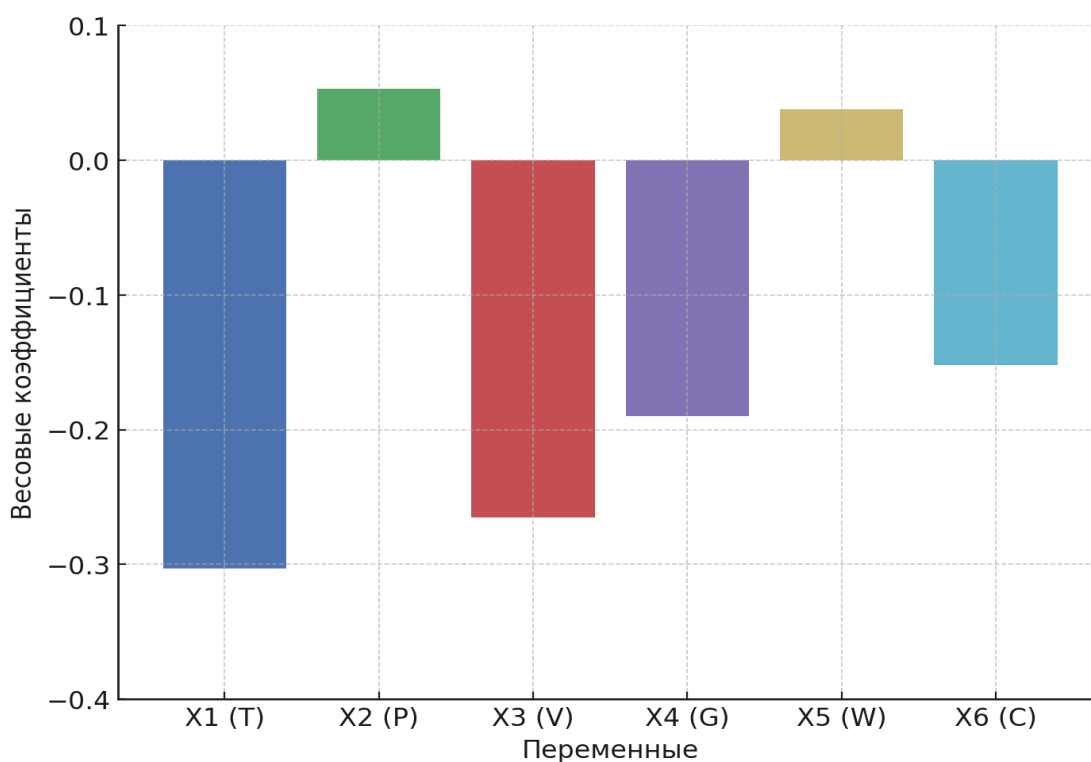
X₄ (скорость таяния ледников) также снижает энергетическую безопасность в рассматриваемой перспективе из-за истощения водных запасов.

X₆ (потребление электроэнергии). Рост увеличивает нагрузку на энергосистему в летний период, особенно в условиях высоких температур.

X₂ (объём осадков) оказывает умеренное положительное влияние на энергетическую безопасность, компенсируя в определенной мере потери воды от испарения.

X₅ (доступность водных ресурсов) оказывает слабое влияние, так как она является результатом изменений других параметров. Следовательно, переменные X₂ и X₅ оказывают незначительное положительное влияние, но не могут компенсировать негативные эффекты остальных факторов при повышении среднегодовой температуры на 5 °С.

По результатам весовых коэффициентов β_i , можно построить график влияния переменных X₁ - X₆ на Y, который приведен на рис. 3.8.



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.8 - График влияния переменных X_i на Y

Приведенный график подтверждает надежность анализа, выдавая аналогичные выводы с матрицей корреляции.

3.4. Моделирование влияния тарифной политики на электроэнергию на эффективность использования установленной мощности действующих гидроэлектростанций

Альтернативой наращиванию освоения гидроэнергетического потенциала для обеспечения энергетической безопасности страны является повышение эффективности использования созданных мощностей в сфере производства электрической энергии.

Повышение эффективности использования установленной мощности гидроэлектростанций, как отмечено в предыдущих разделах настоящего исследования, связано с их водообеспеченностью. В связи с прогнозируемым потеплением климата Таджикистан, как и все страны региона Центральной Азии находится в зоне риска и будет испытывать снижение количества осадков.

Прогнозируемое сокращение к 2050 году объёма водных ресурсов на 12%, характеризуется высоким негативным мультипликативным влиянием на социально-экономическое развитие стран Центральной Азии. При этом не исключается влияние на доступность водных ресурсов и таких факторов, как рост численности населения, урбанизация, проблемы продовольственной безопасности, изменение моделей потребления, растущий спрос на электроэнергию, колебание цен на энергоносители и пищевые продукты.

Особую актуальность сохраняет многоаспектная проблема эффективного использования установленной мощности крупнейшей на сегодня в стране Нурекской ГЭС. Строительство уникальной станции было начато в 1961 году на реке Вахш. Первый агрегат станции мощностью 300 МВт был введен в эксплуатацию 15 ноября 1972 г. В 1979 году, после ввода в эксплуатацию последнего агрегата, проектная мощность станции была увеличена до 2700 МВт. В 1988 году, после реконструкции

электростанции ее мощность была увеличена до 3000 МВт. На каждый кВт.час электрической энергии, вырабатываемой на Нурекской ГЭС, расходуется в 13 раз меньше воды, чем на Кайраккумской ГЭС.

Действенной мерой повышения эффективности использования установленной мощности ГЭС, и, как следствие, гидроресурсов в условиях климатических изменений может явиться эффективная тарифная политика в электроэнергетике.

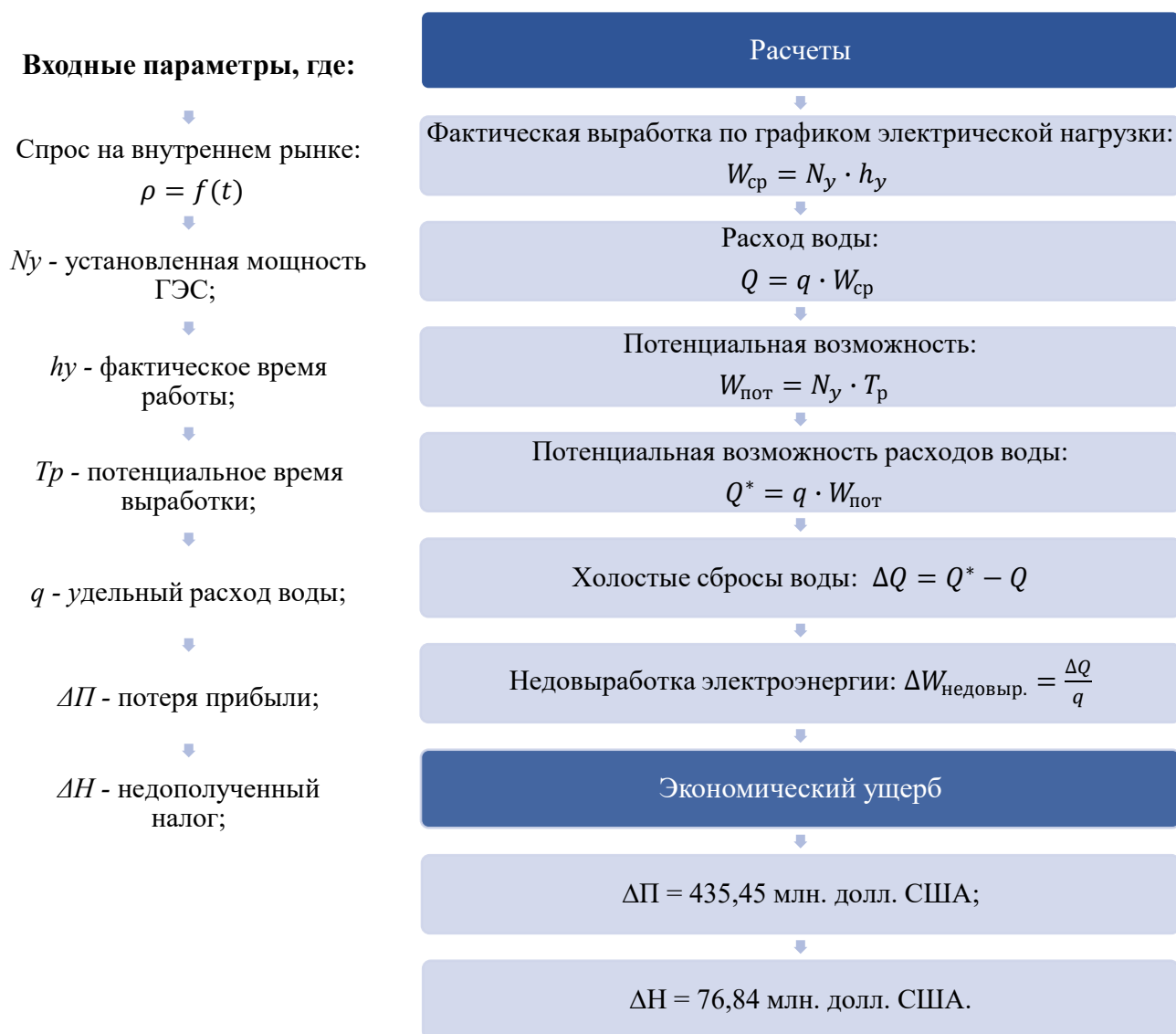
Показателем, широко распространенным в практике проектных и аналитических расчетов по оценке эффективности использования установленной мощности электрической станции, является число часов использования ее установленной мощности (h_y). Это расчетный показатель характеризует за какое время можно выработать количество электроэнергии, фактически вырабатываемое в течение года, если работа станции будет производиться с установленной мощностью:

$$h_y = \frac{\mathcal{E}_\phi}{N_{\text{уст}}}, \text{ час/год} \quad (3.5)$$

На эффективность использования установленной мощности Нурекской ГЭС влияют спрос на электрическую энергию (мощность), водообеспеченность, износ оборудования и другие факторы. В настоящем разделе диссертации автором выполнена экономическая оценка влияния на эффективность использования установленной мощности Нурекской ГЭС платежеспособного спроса на электроэнергию и обоснована необходимость внедрения на внутреннем рынке сезонных стимулирующих спрос тарифов.

В осенне-зимний период из-за нехватки воды ощущается дефицит электроэнергии, провоцируя неудовлетворенный спрос на нее, в то время как в весенне-летнем периоде из-за снижения спроса на внутреннем рынке и ограничений по экспорту избытка электрической энергии (мощности) гидроэлектростанция не работает на полную мощность, сбрасывая воду в холостую. Сбрасывание воды из водохранилища «в холостую»

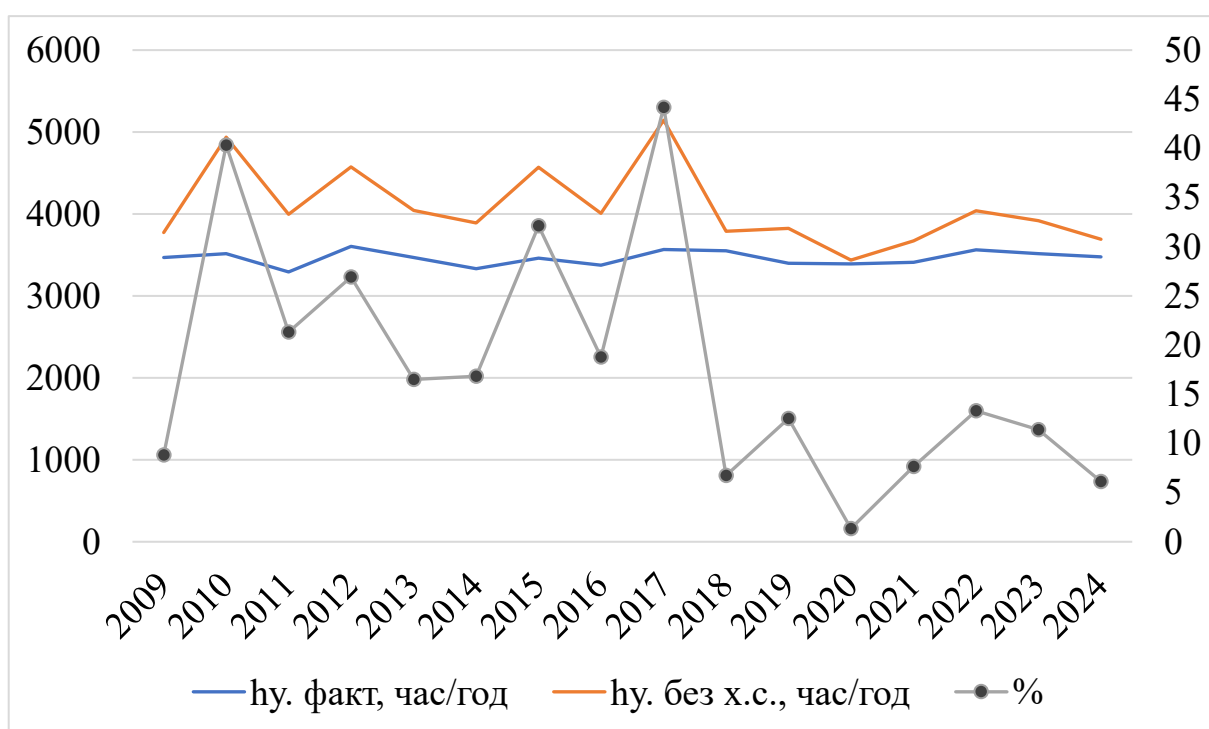
обуславливает значительные экономические потери, нанося ущерб как самой Нурекской ГЭС и энергетическому холдингу, так и всей экономике страны. На основании алгоритма, приведенного на рис.3.9, рассчитан ущерб, нанесенный энергохолдингу ОАХК «Барки Точик» и государственному бюджету от отсутствия возможности экспортировать электрическую энергию ГЭС в весенне-летний период.



Источник: составлено автором

Рисунок 3.9 - Алгоритм расчета народнохозяйственных потерь от неэффективного использования экспортного потенциала ГЭС из-за холостых сбросов воды

Проведенные исследования показали, что исключение холостых сбросов воды на Нурекской ГЭС за счет проведения соответствующей тарифной политики для двух наиболее значимых в структуре потребления республики групп потребителей («населения» и «промышленности и строительства») позволяет повысить эффективность использования установленной мощности станции и используемого на ней первичного ресурса – воды. Уменьшение числа часов использования установленной мощности гидроэлектростанции из-за отсутствия рынка сбыта в весенне-летнем периоде и холостых сбросов воды, представлено на рис. 3.10.



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.10 - Влияние холостых сбросов воды на Нурекской ГЭС на число часов использования ее установленной мощности

Как свидетельствуют данные таблицы 3.5 наибольший удельный вес в структуре потребления электрической энергии в Таджикистане занимают две группы потребителей: «население» (39,75%) и «промышленность и строительство» (26,66%).

Таблица 3.5 - Электробаланс Республики Таджикистан, млн. кВт.ч

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Производство электроэнергии	16238	16974	17115	6472	17162	17232	18144	19742	20677	19771	20624	21400	21861
Получено электроэнергии из-за пределов республики	172	114	117	2	63	103	110	559	281	379	883	797	945
Отпущено электроэнергии за пределы республики	297	775	1061	364	1396	1428	1421	2945	3175	1870	3307	3343	3462
Потреблено электроэнергии	16113	16313	16171	5160	15829	15907	16833	14274	15141	15420	13829	14712	15341
в том числе промышленностью и строительством	6450	6344	5496	057	4287	4181	4017	3822	4036	2801	3977	3847	3604
транспортом	161	37	38	1	45	35	30	7	8	8	9	9	9
сельским хозяйством	3742	3832	4103	020	4288	4623	4916	2241	2338	2619	2086	2225	2563
населением	3938	3806	4503	692	4914	4845	5424	5579	6019	6857	5410	5850	5954
другими отраслями	3489	3655	4006	238	4539	4322	4986	2625	2740	3135	2347	2781	3212
потери в сети общего пользования	2271	2445	2528	804	2670	2746	2884	2878	2429	2549	4071	3920	3786

Источник: Составлено автором по [51]

Платежеспособный спрос на электрическую энергию населения за 2009-2023 гг. в среднем составил 78,35%, при этом отмечается тенденция роста потребления электроэнергии.

Учитывая социальную значимость электрической энергии для населения, 26,3% которого живут за чертой бедности, а также необходимость стимулирования развития малого и среднего производственного бизнеса, обеспечивающего создание дополнительных рабочих мест, нами рассмотрена целесообразность установления для этих двух групп потребителей льготных тарифов, сниженных в сезонный период с 20 апреля по 20 октября на 15% - 40% относительно действующих.

Блок-схема методического подхода по использованию дополнительно выработанной электроэнергии приведена на рис. 3.11.

Эта мера позволит обеспечить дополнительный спрос и избежать холостых сбросов на ГЭС, получить дополнительные выгоды как энергокомпанией, так и государством в виде дополнительных налоговых поступлений в государственный бюджет и от энергокомпании, и от малого и среднего бизнеса. На основе предложенного методического подхода выполнена экономическая оценка упущенных возможностей дополнительных поступлений в бюджет и чистой прибыли энергокомпании, вызванных холостыми сбросами воды на Нурекской ГЭС за период с 2009-2024 гг.

В таблице 3.6 приведены результаты выполненных расчетов по оценке влияния холостых сбросов на эффективность использования установленной мощности Нурекской ГЭС. Холостые сбросы воды на Нурекской ГЭС за период 2009-2024 гг. составили 50,18 млрд. м³, что обусловило недовыработку в размере 29,75 млрд. кВт·час.



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.11 - Блок-схема рекомендаций по использованию упущенных возможностей дополнительной выработки электрической энергии на НГЭС, обусловленных холостыми сбросами воды

Структура распределения упущенных возможностей реализовать дополнительную выработку электроэнергии на внутреннем рынке за счет исключения холостых сбросов принята следующая: население - 30%, бизнес-структуры - 70%, результаты расчета приведены в таблице 3.7. Графическая интерпретация результатов расчета экономических и финансовых потерь иллюстрируется рисунками 3.12 – 3.15.

Таблица 3.6 - Показатели эффективности использования установленной мощности Нурекской ГЭС

№ п.п.	Показатели*)	Годы															
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1.	Q, млрд.м ³	1,474	7,047	3,375	4,840	2,860	2,778	5,505	3,310	8,230	1,251	2,226	0,239	1,365	2,476	2,095	1,113
2.	Э _{выр.} , млрд. кВт*ч/год	10,405	10,553	9,879	10,814	10,410	9,996	10,381	10,122	10,324	10,882	11,150	10,175	10,235	10,692	10,553	10,431
3.	h _у ^{фак} , час/год	3468	3518	3293	3605	3470	3332	3460	3374	3441	3627	3716	3391	3411	3564	3517	3477
4.	ΔЭ, млрд.кВт*ч/год	0,918	4,258	2,110	2,910	1,719	1,683	3,336	1,902	4,730	0,719	1,279	0,137	0,785	1,423	1,204	0,640
5.	Э _{выр} +ΔЭ, млрд.кВт*ч/год	11,323	14,811	11,989	13,724	12,129	11,679	13,717	12,024	15,054	11,600	12,429	10,312	11,020	12,116	11,758	11,071
6.	h _у ^{без,хс.} , час/год	3774	4937	3996	4575	4043	3893	4572	4008	5018	3867	4143	3438	3673	4039	3919	3690
7.	Δh _у																
	час/год	-306	-1419	-703	-970	-573	-561	-1112	-634	-1576,75	-239,745	-426,52	-45,85	-261,64	-474,36	-401,41	-213,39
	%	8,82	40,34	21,35	26,91	16,51	16,84	32,14	18,8	44,19	6,75	12,55	1,35	7,67	13,31	11,41	6,14

*) Q - холостые сбросы воды,

Э_{выр} - фактическая выработка электрической энергии,

h_у^{фак} - фактическое число часов использования установленной мощности НГЭС,

ΔЭ – недовыработка электрической энергии из-за холостых сбросов,

h_у^{без,хс.} - число часов использования установленной мощности НГЭС без холостых сбросов воды,

Δh_у - снижение эффективности использования установленной мощности НГЭС

Источник: Рассчитано автором

Таблица 3.7 - Выгоды от исключения на Нурекской ГЭС режимов холостого сброса воды

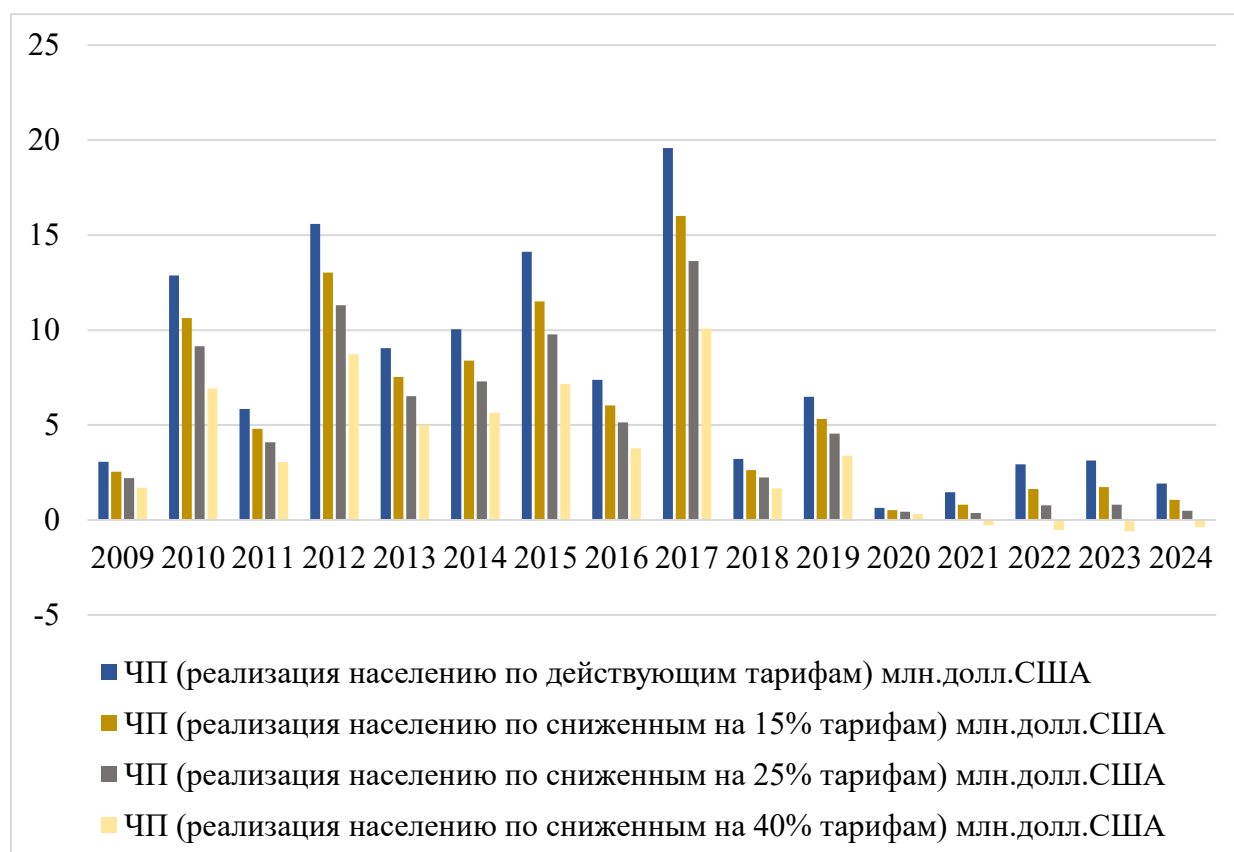
№ п.п	Показат ели*) Годы	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Реализация населению 30% дополнительно выработанной электроэнергии (без холостых сбросов) по действующим тарифам																	
1.	$\Delta \mathcal{E}_{\text{нас}}$, млн.кВт* ч/год	275,31	1277,49	632,84	873,04	515,75	504,81	1000,77	570,72	1419,07	215,77	383,86	41,27	235,47	426,92	361,27	192,05
1.2.	НПБ, млн.долл .США	0,540	2,271	1,032	2,751	1,596	1,771	2,493	1,304	3,456	0,567	1,144	0,113	0,258	0,518	0,553	0,198
1.3.	ЧП, млн.долл .США	3,058	12,867	5,846	15,590	9,043	10,035	14,127	7,387	19,582	3,215	6,481	0,639	1,460	2,936	3,134	1,124
Реализация населению 30% дополнительно выработанной электроэнергии (без холостых сбросов) по сниженным на 15% тарифам																	
2.2.	НПБ, млн.долл .США	0,450	1,877	0,846	2,297	1,328	1,481	2,032	1,065	2,826	0,465	0,938	0,092	0,143	0,289	0,307	0,067
2.3.	ЧП, млн.долл .США	2,549	10,636	4,796	13,018	7,527	8,390	11,517	6,035	16,016	2,633	5,317	0,521	0,809	1,639	1,738	0,382
Реализация населению 30% дополнительно выработанной электроэнергии (без холостых сбросов) по сниженным на 25% тарифам																	
3.2.	НПБ, млн.долл .США	0,390	1,614	0,723	1,995	1,150	1,287	1,725	0,906	2,407	0,396	0,801	0,078	0,066	0,137	0,142	-0,020
3.3.	ЧП, млн.долл .США	2,210	9,148	4,096	11,303	6,516	7,294	9,777	5,133	13,639	2,244	4,542	0,443	0,376	0,774	0,806	-0,113
Реализация населению 30% дополнительно выработанной электроэнергии (без холостых сбросов) по сниженным на 40% тарифам																	
1.1.	НПБ, млн.долл .США	0,300	1,221	0,537	1,541	0,882	0,997	1,265	0,667	1,778	0,293	0,596	0,057	-0,048	-0,092	-0,104	-0,151
1.2.	ЧП, млн.долл .США	1,701	6,917	3,045	8,730	5,000	5,649	7,167	3,780	10,073	1,662	3,378	0,325	-0,274	-0,524	-0,591	-0,856

Реализация бизнес-структурам 70% дополнительно выработанной электроэнергии ΔЭ биз. (без холостых сбросов) по действующим тарифам																	
2.	ΔЭ биз. (70%), млн.кВт* ч/год	642,39	2980,81	1476,63	2037,09	1203,42	1177,89	2335,13	1331,67	3311,16	503,465	895,682	96,2862	784,91	1423,08	1204,24	640,18
2.1.	НПБ, млн.долл . США	3,047	13,138	6,097	16,453	9,639	10,583	16,052	8,365	22,086	3,615	7,248	0,725	1,278	2,554	2,744	1,363
2.2.	ЧП, млн.долл .США	17,265	74,449	34,550	93,233	54,619	59,971	90,962	47,403	125,154	20,485	41,070	4,109	7,239	14,470	15,552	7,725
Реализация бизнес-структурам 70% дополнительно выработанной электроэнергии ΔЭ биз. (без холостых сбросов) по сниженным на 15% тарифам																	
2.1.	НПБ, млн.долл . США	2,569	11,043	5,111	13,889	8,127	8,938	13,442	7,010	18,514	3,032	6,082	0,607	1,010	2,019	2,169	1,058
2.2.	ЧП, млн.долл .США	14,558	62,579	28,963	78,703	46,053	50,649	76,172	39,721	104,915	17,179	34,463	3,442	5,722	11,443	12,292	5,993
Реализация бизнес-структурам 70% дополнительно выработанной электроэнергии ΔЭ биз. (без холостых сбросов) по сниженным на 25% тарифам																	
2.1.	НПБ, млн.долл . США	2,251	9,647	4,454	12,179	7,119	7,841	11,702	6,106	16,133	2,643	5,304	0,529	0,831	1,663	1,786	0,854
2.2.	ЧП, млн. долл. США	12,754	54,665	25,239	69,016	40,343	44,435	66,312	34,600	91,422	14,975	30,058	2,998	4,711	9,424	10,119	4,837
Реализация бизнес-структурам 70% дополнительно выработанной электроэнергии ΔЭ биз. (без холостых сбросов) по сниженным на 40% тарифам																	
2.1.	НПБ, млн.долл . США	1,773	7,552	3,468	9,615	5,608	6,196	9,092	4,750	12,562	2,059	4,138	0,411	0,564	1,129	1,211	0,548
2.2.	ЧП, млн.долл .США	10,048	42,795	19,652	54,485	31,777	35,113	51,523	26,919	71,182	11,668	23,450	2,331	3,194	6,397	6,860	3,105

* **Примечание:** ΔЭ нас. – реализация дополнительной выработки электроэнергии населению; ΔЭ биз. – реализация дополнительной выработки электроэнергии бизнес-структурам; НПБ – налоговые поступления в бюджет; ЧП - чистая прибыль энергокомпании.

Источник: Рассчитано автором

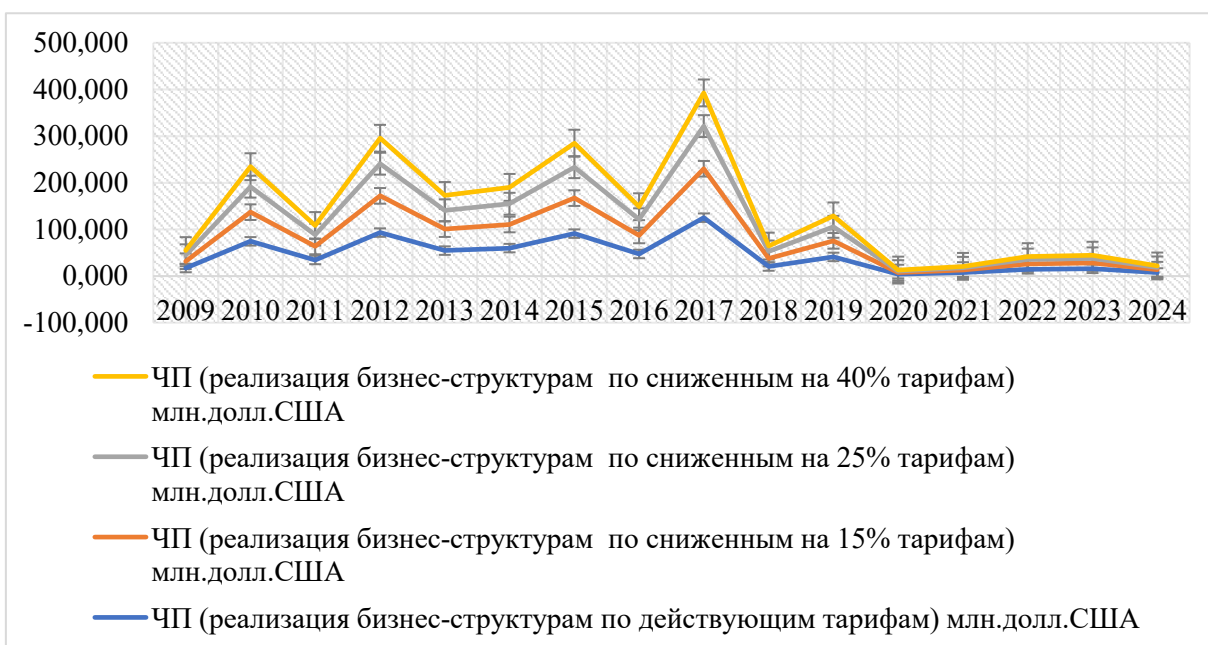
Как видно из рисунка 3.12 при значительном снижении тарифов (40%) компания уходит в убытки только с 2021 года. Однако при снижении тарифов до 25% энергокомпания получает чистую прибыль, которая в этом сценарии регулирования тарифов на электрическую энергию остаётся положительной и довольно высокой.



Источник: Составлено автором

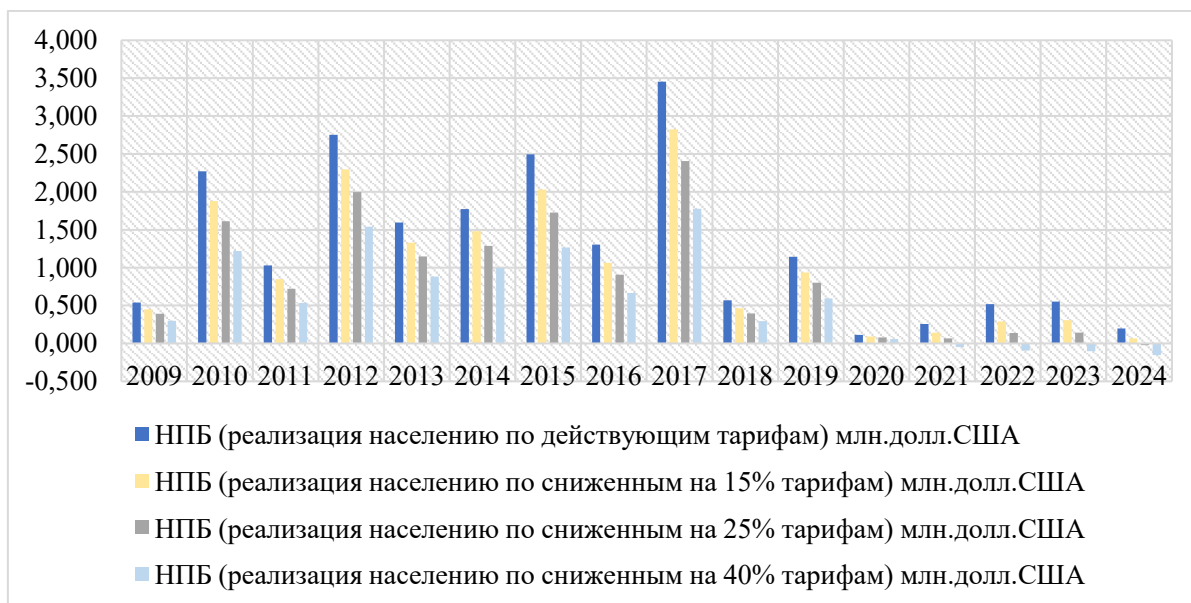
Рисунок 3.12 - Дополнительная чистая прибыль (ЧП) энергокомпании от реализации населению 30% дополнительно выработанной электроэнергии (без холостых сбросов) по действующим и сниженным тарифам

В денежном выражении за 2009 – 2024 гг. из – за холостых сбросов воды на Нурекской ГЭС энергокомпания потеряла 435,45 млн. долл. США прибыли, а недополученные налоговые поступления в государственный бюджет, при ставке налога на прибыль 15 % составили 76,84 млн. долл. США.



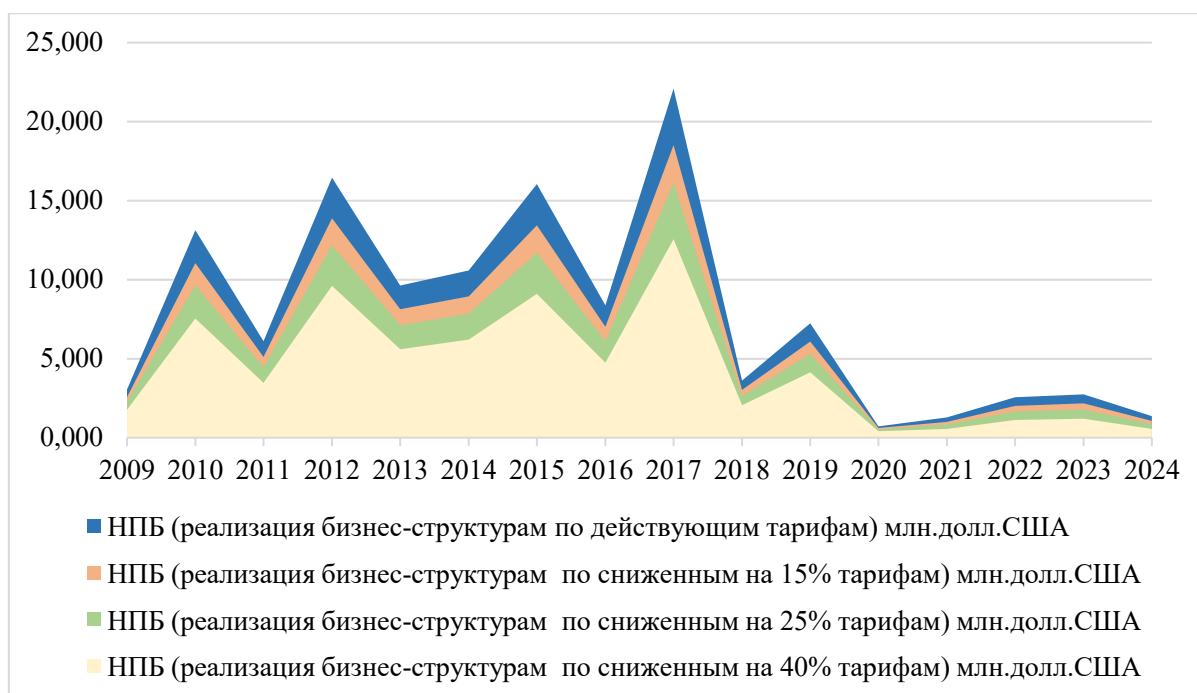
Источник: Составлено автором

Рисунок 3. 13 - Дополнительная чистая прибыль (ЧП) энергокомпаний от реализации бизнес-структур 70% дополнительно выработанной электроэнергии (без холостых сбросов) по действующим и сниженным тарифам



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.14 - Дополнительные налоговые поступления в бюджет (НПБ) государства от реализации населению дополнительно выработанной электроэнергии (без холостых сбросов) 30% по действующим и сниженным тарифам



Источник: Составлено автором

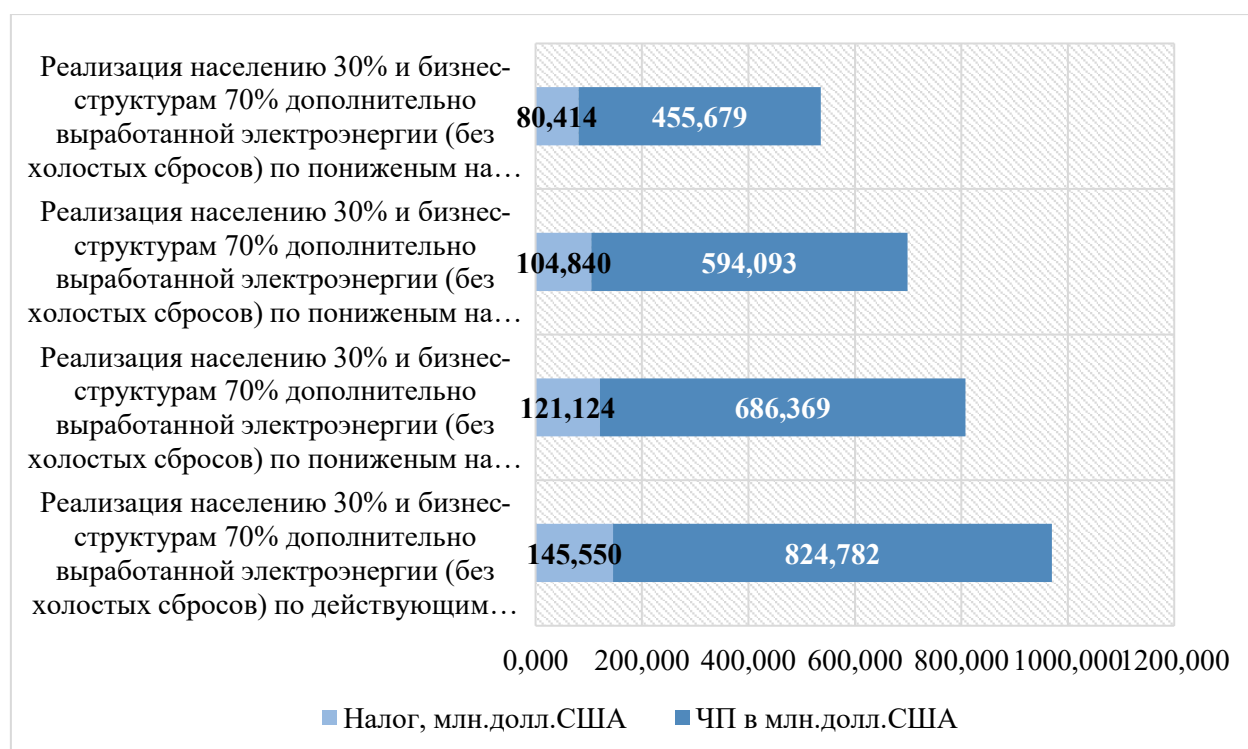
Рисунок 3.15 - Дополнительные налоговые поступления в бюджет (НПБ) государства от реализации бизнес-структурам 70% дополнительно выработанной электроэнергии (без холостых сбросов) по действующим и сниженным тарифам

Наибольшие потери от холостых сбросов имели место в 2017 году. Недовыработка электроэнергии составила 4,73 млрд. кВт. час. Потери прибыли и государственного бюджета при указанной структуре реализации дополнительной выработки составили соответственно 144,736 и 25,542 млн. долл. США. При условии ее реализации по сниженному только на 15% тарифу относительно действующих в этот год тарифов, прибыль энергокомпании и поступления в государственный бюджет увеличились бы соответственно на 121 и 25 млн. долл.США.

Результаты расчетов экономических потерь и их графическая интерпретация, представленная на рисунке 3.16, свидетельствует о целесообразности использования сезонных сниженных на период 20 апреля по 20 октября тарифов на электрическую энергию. Этот период снижения тарифов совпадает с периодом сбора урожая овощей и фруктов, что дает

возможность предпринимателям снизить расходы по сбору, обработке и хранению продукции.

Упущенные возможности дополнительных поступлений в бюджет государства соответственно отрицательно повлияли на возможность энергетической компании внести свой вклад в обслуживание внешнего долга страны, сосредоточенного в отечественной электроэнергетике. По данным министерства финансов Республики Таджикистан внешний долг страны по состоянию на 1 января 2024 года составил – 3, 24 млрд. долл. США, т.е. 26,9% к ВВП. Наибольшая доля (36,9%) иностранных кредитов направлена в электроэнергетику с учетом Рогунской ГЭС. Общая сумма долговых соглашений, реализуемых в электроэнергетике по состоянию на 1.01.2024 года, составила около 1,19 млрд. долл. США.



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.16 - Дополнительные выгоды при исключении режимов холостого сброса воды на Нурекской ГЭС

Упущенные возможности стимулирования спроса на внутреннем рынке за счет регулирования тарифной политики в 2009-2024 гг., как результат

слабого менеджмента, в соответствии с рисунком 3.16 повлекли за собой потерю прибыли энергокомпаний в размере 824,78 млн. долл. США и снижение вклада электроэнергетики в виде налогов в государственный бюджет на 12,23%.

Следует отметить, что холостые сбросы воды из водохранилища Нурекской ГЭС не только снижают эффективность использования ее установленной мощности, но и провоцируют неоправданную потерю полезного объема водохранилища из-за заиливания. «Вклад» холостых сбросов в заиливание водохранилища Нурекской ГЭС за весь период ее эксплуатации составил 80,87 млн. тонн.

3.5. Модель цифровой платформы энергосистемы

Энергетическая отрасль быстро меняется. С целью сокращения выбросов углекислого газа и защиты планеты для будущих поколений, меняются технологии и эффективность производства и потребления электроэнергии. С уходом от ископаемого топлива возобновляемые источники энергии, такие как энергия ветра и солнца, растут экспоненциально, и в 2050 году на них будет приходиться почти 70% мирового производства электроэнергии. Транспорт электрифицируется, и ожидается, что к 2033 году 50% всех новых автомобилей, продаваемых в мире, будут электрическими [110].

Цифровизация включает в себя компьютеры (облачное хранение), соединения (Интернет), датчики и данные (распределение данных), программное обеспечение (машинное обучение, блокчейн, большие данные, искусственный интеллект и т.д.).

В 2019 году была утверждена Концепция цифровой экономики в Республике Таджикистан до 2040 года [3]. Концепция предусматривает трансформацию основных сфер экономической деятельности страны, таких как энергетика, добывающая промышленность, сельское хозяйство, а также

создание новых секторов, таких как финансовые технологии (FinTech). В энергетическом секторе планируется интеллектуализация энергетических систем (Smart Grid), полный учет потребляемой и производимой энергии, так называемая система Smart metering, а в будущем автоматическая обработка больших данных (Big Data) позволит систематически управлять нагрузкой (Demand Response), в том числе путем совершенствования тарифной политики для конечных потребителей.

Электроэнергетический сектор Республики Таджикистан на сегодняшний день функционирует в рамках реструктурированной модели. Ранее все этапы — от генерации до реализации электро- и теплоэнергии — находились в ведении Открытой акционерной холдинговой компании «Барки Точик», которая выступала в качестве государственной монополии. Основной деятельностью компании являлось обеспечение внутреннего рынка страны энергетическими ресурсами. Впоследствии в целях повышения эффективности управления и улучшения финансово-экономических показателей в отрасли была проведена её реструктуризация. Реструктуризация сектора была проведена для того, чтобы сделать финансовые операции энергетической компании прозрачными.

Несмотря на реструктуризацию системы на три составляющие: *генерация, распределительные сети и сбыт*, отрасль все еще сталкивается с множеством проблем, требующих решения.

Основными проблемами, с которыми сталкивается отрасль, являются: слабый энергетический менеджмент, неплатежеспособный спрос, высокий уровень потерь и т.д. Как показывает проведенный анализ, платежеспособный спрос на электроэнергию среди населения в среднем (78,35%) и тенденции роста потребления электроэнергии [4]. Учитывая низкую платежеспособность, Таджикистан начал оцифровывать энергетический сектор, начиная со сбытовой сферы и заканчивая улучшением системы сбора платежей.

Например, с 2015 года реализуется "Программа автоматизации систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) до 2025 года" с заменой старых

счетчиков на электронные для их последующей интеграции в систему АСКУЭ. Для финансирования этой программы был выделен грант Азиатского банка развития в размере \$105 млн.

Анализ данных таблицы 3.8 свидетельствует о том, что в настоящее время в Республике Таджикистан процессы цифровизации охватывают преимущественно сбытовой сегмент электроэнергетики, что реализуется посредством внедрения интеллектуальных счётчиков и биллинговых систем.

Таблица 3.8 - Текущий уровень цифровизации сбытового сегмента электроэнергетики в Республике Таджикистан

№ п/п	Наименование	Тип цифровых технологий	Генерация/Распределение / Сбыт	Уровень оцифровки
1.	Проект автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) Согдийской области (2015-2017)	Интеллектуальные счетчики	Сбыт	100%
2.	Проект автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) города Душанбе (р. Сино)	Интеллектуальные счетчики	Сбыт	100%
3.	Проект автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) города Сарбанд	Интеллектуальные счетчики	Сбыт	100%
4.	Проект автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) города Вахдат	Интеллектуальные счетчики	Сбыт	100%
5.	Проект автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) района Рудаки	Интеллектуальные счетчики	Сбыт	100%
*Банковская сфера		Электронные кошелки	Сбыт	100%

Источник: Составлено автором на основе данных ОАХК «Барки Точик»

Первым проектом по оцифровке энергетического сектора в Таджикистане был "Проект автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии в Согдийской области" внедрение биллинговых счетчиков. В Согдийской области эта система действует уже пять лет. Потребители электроэнергии быстро адаптировались к такой системе, и собираемость платежей увеличилась. После проект был реализован в таких городах, как Сарбанд,

Вахдат, район Рудаки. В городе Душанбе внедрение данной биллинговой системы (ASCS проект) началось в районе Сино с 125 000 квартир. Проект рассчитан на 4 года с 2021 по 2025 год.

Развитие банковского сектора в Таджикистане также повышает эффективность маркетинга в энергетике. Популярные электронные кошельки, такие как alif mobi, Dushanbe City, Megafon Life и другие, позволяют пользователям оплачивать использованную электроэнергию онлайн, независимо от местонахождения и без очередей.

Цифровизация энергосистемы Республики Таджикистан является неотъемлемой частью устойчивого развития энергетического сектора страны. Современные технологии, такие как интеллектуальные системы управления, искусственный интеллект и блокчейн, способствуют повышению эффективности производства, передачи и распределения электроэнергии. Однако, цифровая трансформация сопровождается новыми угрозами, связанными с уязвимостью цифровой инфраструктуры, ростом кибератак и необходимостью усиленной защиты данных. Одним из ключевых вызовов является не только обеспечение надежной защиты критически важных систем управления энергоснабжением, но и формирование комплексной стратегии кибербезопасности в энергетическом секторе.

Кроме того, в дополнение к вышеперечисленному в Таджикистане имеется положительный опыт внедрения системы биллинга и контроля данных компанией "Памир Энерджи". Памирская энергетическая компания была учреждена в декабре 2002 года в соответствии с условиями Концессионного соглашения, подписанного между Правительством Республики Таджикистан, Фондом экономического развития Ага Хана и Международной финансовой корпорацией. Деятельность компании осуществляется в регионе Памира, в городе Хорог. В настоящее время предприятие обеспечивает электроэнергией около 96% населения Горно-Бадахшанской автономной области Республики Таджикистан, а также афганского Бадахшана. Энергетическая база компании состоит преимущественно из малых гидроэлектростанций, дополняемых одной

солнечной электростанцией установленной мощностью 200 кВт. Рабочая мощность всех электростанций составляет 43,55 МВт.

Данные таблицы 3.9 показывают, что уже в 2020 году более 98% клиентов энергетической компании установили электронные счетчики, которые учитывают потребленную электроэнергию в онлайн-режиме.

Таблица 3.9 - Количество электронных и ручных счетчиков у абонентов Pamir Energy

№.	Районы	Всего абонентов	Электронное снятие	Ручное снятие
1.	Хорог	8169	7803	91
2.	Шугнан	7390	6933	20
3.	Рушан	4777	4543	22
4.	Щек	3952	3841	26
5.	Мургоб	1455	1345	0
6.	Дарвоз	3635	3513	15
7.	Ишкашим	4717	4534	15
8.	Рошткала	4166	4013	24
	Всего	38261	36525	213

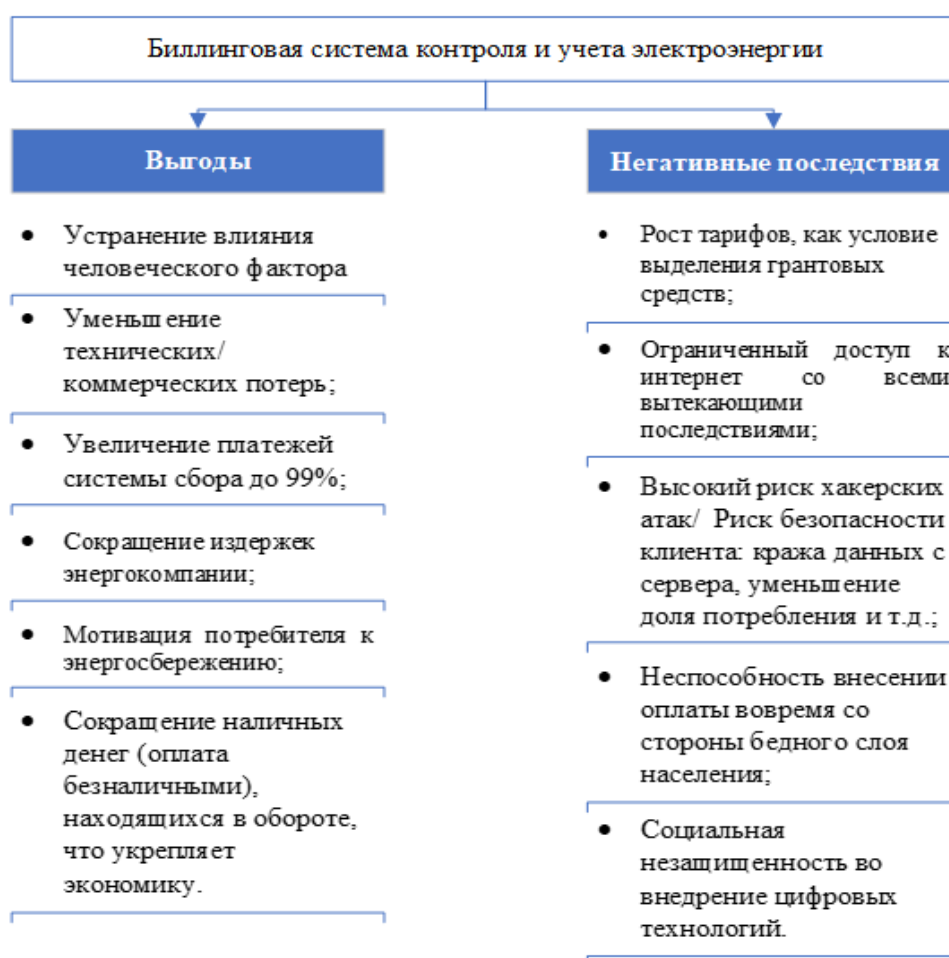
Источник: Составлено по данным Отчета Pamir Energy

После внедрения биллинговой системы ежемесячная собираемость платежей составляет 98-100%, что говорит о значительном повышении платежной дисциплины среди потребителей. Одновременно отмечается сокращение потерь электроэнергии на 10%, что подтверждает эффективность цифровых решений в снижении коммерческих и технических потерь. Важным элементом цифровой трансформации стала создание круглосуточной горячей линии 0404, куда могут обратиться клиенты для получения оперативной поддержки. Еще одной функцией данной системы является рассылка SMS-оповещений, информирующих потребителей о возможных проблемах в сети.

Таким образом, внедрение электронных счетчиков и биллинговой системы не только повысило точность учета и платежную дисциплину, но и способствовало улучшению качества обслуживания клиентов за счет интерактивной обратной связи. Этот успешный опыт может быть масштабирован и на другие сегменты энергосистемы, включая генерацию и

распределение, что позволит повысить эффективность управления энергетическими ресурсами.

Как показано на рисунке 3.17, среди основных преимуществ биллинговой системы можно выделить прозрачность расчетов, позволяющую устранить неточности в учете и минимизировать мошенничество. Внедрение автоматизированного учета также способствует повышению платежной дисциплины, так как клиенты получают актуальную информацию о потреблении и своевременные уведомления. Кроме того, система помогает снизить задолженность за счет интеграции цифровых платежных решений и напоминаний о неоплаченных счетах.



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.17 - Выгоды и негативные последствия использования биллинговой системы учета и контроля для Республики Таджикистан

Другим важным аспектом цифровизации является оперативное выявление потерь электроэнергии, что позволяет быстро обнаруживать утечки и незаконные подключения. Это, в свою очередь, способствует снижению операционных затрат энергокомпаний, так как уменьшаются расходы на бумажные квитанции, обработку платежей и контроль со стороны персонала.

Однако, как отмечается на рисунке 3.17, биллинговая система также сопровождается определенными вызовами. Одним из ключевых вызовов является высокая стоимость реализации, включающая закупку оборудования, внедрение программного обеспечения и модернизацию сетевой инфраструктуры. Не менее важным аспектом остается необходимость обучения персонала, поскольку переход на цифровые технологии требует новых навыков работы с базой данных и аналитическими инструментами.

Еще одним вызовом становится риск технических сбоев, которые могут привести к ошибкам в расчетах, задержкам в выставлении счетов и снижению доверия потребителей. В дополнение к этому, существует угроза кибератак, что делает кибербезопасность приоритетной задачей при внедрении системы. Наконец, некоторые потребители могут проявлять сопротивление внедрению цифровых технологий из-за недостатка цифровой грамотности или недоверия к автоматизированным расчетам.

Исходя из вышеприведенного, биллинговая система действительно делает энергосистему более прозрачной, эффективной и экономически выгодной, однако для ее успешного функционирования необходимо учитывать киберугрозы, обучать персонал и разрабатывать механизмы предотвращения технических сбоев, как это показано на рисунке.

Ускорить процесс цифровизации и при этом снизить угрозы негативных последствий позволяет изучение международного опыта и адаптация его к условиям Таджикистана.

Международный опыт цифровизации и кибербезопасности энергосистем:

1. Цифровой биллинг – опыт Казахстана

➤ Внедрение Smart Grid [57] включает автоматизированные системы управления энергопотреблением, интеллектуальные счетчики и адаптивные энергосети, способные регулировать нагрузку в режиме реального времени. Эти технологии позволяют повысить надежность энергоснабжения, снизить потери в сетях и интегрировать возобновляемые источники энергии. Цифровые биллинговые системы обеспечивают прозрачность расчетов, возможность автоматизированного мониторинга потребления электроэнергии и внедрение динамического тарифообразования, что стимулирует эффективное потребление ресурсов.

➤ Создание центра киберзащиты критической энергетической инфраструктуры включает разработку комплексной системы мониторинга и предотвращения кибератак на энергетические объекты. Центр будет обеспечивать круглосуточное наблюдение за киберугрозами, анализировать потенциальные риски и внедрять передовые технологии защиты, такие как искусственный интеллект для предиктивного обнаружения атак и блокчейн для защиты данных. Также в его задачи входит разработка и реализация стандартов кибербезопасности, проведение регулярных аудитов и обучение персонала методам защиты критической инфраструктуры.

2. Генерация (ГЭС) – опыт Норвегии

➤ Полное внедрение интеллектуальных счетчиков (AMS) с защитой данных предусматривает использование современных технологий для сбора, обработки и передачи информации о потреблении электроэнергии в режиме реального времени [111]. Эти счетчики оснащены встроенными модулями шифрования данных, что обеспечивает их защиту от несанкционированного доступа и хакерских атак. Дополнительно AMS-системы позволяют

автоматизировать учет электроэнергии, снижая потери и улучшая платежную дисциплину потребителей. В Норвегии такая система интегрирована с национальными энергетическими платформами, что дает возможность гибкого управления нагрузками и оптимизации энергопотребления в зависимости от спроса. Важным элементом AMS является механизм удаленного обновления программного обеспечения, который позволяет своевременно реагировать на возникающие киберугрозы и обновлять защитные протоколы. Данные технологии обеспечивают прозрачность энергопотребления, снижают риски мошенничества и способствуют цифровой трансформации энергетической отрасли.

➤ Интеграция искусственного интеллекта (AI) для анализа угроз и оптимизации энергопотребления включает разработку и внедрение алгоритмов машинного обучения, способных выявлять потенциальные киберугрозы, анализировать аномалии в потреблении электроэнергии и автоматически адаптировать нагрузку в энергосистеме. Эти технологии позволяют прогнозировать и предотвращать атаки на критически важную энергетическую инфраструктуру, улучшать управление энергоресурсами и повышать эффективность генерации и распределения энергии. В Норвегии AI интегрирован в системы управления энергосетями для оптимизации распределения нагрузки, предотвращения перегрузок и сокращения потерь электроэнергии. Кроме того, применение AI способствует снижению выбросов углерода за счет более точного прогнозирования потребления и интеграции возобновляемых источников энергии в сеть.

3. Оптимизация – опыт Германии (AI, Big Data)

➤ Использование AI и Big Data для защиты энергосетей от кибератак включает разработку интеллектуальных систем обнаружения угроз, которые анализируют огромные объемы данных о сетевой активности в реальном времени. Искусственный интеллект способен выявлять аномалии в

функционировании энергосистем, прогнозировать потенциальные атаки и автоматически инициировать меры защиты. Big Data позволяет анализировать исторические данные киберинцидентов, что помогает совершенствовать алгоритмы безопасности и разрабатывать превентивные стратегии.

В Германии эти технологии активно применяются для мониторинга критически важных энергетических объектов. В частности, в рамках программы SIEM (Security Information and Event Management) AI анализирует поступающие данные с энергетических систем и мгновенно выявляет подозрительные паттерны активности [121, 113]. Это позволило значительно снизить количество кибератак на энергосистему Германии за счет оперативного реагирования на аномальные события.

Кроме того, Big Data активно используется для построения моделей предсказания уязвимостей, что позволяет энергетическим компаниям своевременно обновлять системы защиты и предотвращать атаки до их возникновения. В результате интеграция AI и Big Data способствовала повышению надежности энергосетей Германии, минимизации рисков отключений и защите данных потребителей.

➤ Внедрение программного обеспечения для мониторинга цифровых угроз в Германии позволило энергетическим компаниям значительно повысить уровень кибербезопасности и оперативно реагировать на возникающие угрозы. В рамках национальной стратегии киберзащиты были развернуты автоматизированные платформы на основе технологий машинного обучения и искусственного интеллекта, которые в режиме реального времени анализируют сетевой трафик и выявляют аномальную активность.

Практическое применение таких решений помогло сократить количество атак на энергетическую инфраструктуру, снизить вероятность взломов систем управления энергосетями и минимизировать экономические потери от

возможных отключений. Одним из наиболее успешных кейсов стало внедрение системы SIEM (Security Information and Event Management), которая интегрирована с национальными энергосистемами и позволяет в автоматическом режиме блокировать подозрительные запросы, предотвращать несанкционированный доступ к данным и анализировать поведение пользователей в сети.

Кроме того, Германия активно использует концепцию Cyber Threat Intelligence (CTI) – мониторинг цифровых угроз на основе анализа глобальных кибератак и выявления схожих моделей угроз в энергосетях страны. Это позволило энергокомпаниям разработать и внедрить эффективные стратегии превентивной защиты, снизив вероятность успешных атак на ключевые объекты энергетической инфраструктуры. В результате внедрения современных программных решений Германия добилась значительного повышения устойчивости энергосистем к цифровым угрозам и создала основу для дальнейшего развития интеллектуальных энергосетей с высокой степенью защиты.

4. Кибербезопасность – опыт США

➤ Программы усиленной кибербезопасности для энергетических компаний включают в себя многоуровневые механизмы защиты, направленные на предотвращение, выявление и ликвидацию киберугроз в энергетическом секторе. В Германии эти программы реализуются через комплексные системы мониторинга, такие как SIEM (Security Information and Event Management), которые анализируют сетевой трафик в режиме реального времени, выявляют аномалии и автоматически блокируют подозрительные активности. Кроме того, используются технологии Cyber Threat Intelligence (CTI), которые позволяют прогнозировать возможные атаки на основе глобального анализа киберинцидентов [105].

Практическое применение этих технологий помогло Германии снизить число успешных атак на энергетические системы, минимизировать экономические потери от отключений и повысить общую устойчивость энергосетей. Например, при внедрении автоматизированных защитных механизмов на критически важных объектах, таких как электростанции и центры управления энергоснабжением, значительно сократилось число попыток несанкционированного доступа. Также была усилена защита интеллектуальных счетчиков и систем управления энергопотреблением, что позволило избежать утечек данных и повысить доверие потребителей к цифровой инфраструктуре энергетического сектора.

Таким образом, программы кибербезопасности способствуют не только защите энергосистемы, но и формированию надежной цифровой экосистемы, которая способна адаптироваться к новым вызовам и угрозам в сфере энергетики.

➤ Развитие технологий блокчейна для защиты цифровых транзакций в энергосистеме позволило Германии значительно повысить прозрачность и безопасность финансовых расчетов в энергетическом секторе. Блокчейн используется для защиты данных, а также для создания децентрализованных систем учета электроэнергии, исключая возможность манипуляций и мошенничества. На практике это привело к внедрению смарт-контрактов в энергосекторе, которые обеспечивают автоматизированные и надежные расчеты между производителями и потребителями электроэнергии. Кроме того, блокчейн активно применяется для верификации зеленой энергии, гарантируя, что электроэнергия, поступающая к конечному потребителю, действительно была произведена из возобновляемых источников. В результате внедрения блокчейн-решений Германия добилась снижения операционных затрат энергокомпаний, повышения доверия потребителей и значительного уменьшения случаев мошенничества в цифровых транзакциях.

Киберугрозы и вызовы цифровизации энергосистемы:

а) Инфраструктурные ограничения

Одним из ключевых барьеров на пути цифровизации энергосистемы Республики Таджикистан является необходимость модернизации устаревших энергетических сетей. Внедрение Smart Grid и интеллектуальных счетчиков требует значительных инвестиций в обновление подстанций, линий электропередач и серверных мощностей.

б) Киберугрозы и защита данных

С ростом уровня цифровизации энергосистемы увеличивается вероятность кибератак. Возможные угрозы включают:

- Взлом систем управления энергосетями – потенциальная возможность удаленного отключения оборудования.
- Кража персональных данных – хакерские атаки на биллинговые системы и базы данных потребителей.
- Атаки на интеллектуальные счетчики – возможность несанкционированного доступа и манипуляций с показаниями.

Для защиты цифровой инфраструктуры необходимо внедрение:

- Технологий шифрования данных – использование современных стандартов защиты, таких как AES-256.
- Систем мониторинга угроз (SIEM) – автоматический анализ трафика и выявление подозрительных активностей.
- Гибридных систем аутентификации – двухфакторная и биометрическая верификация пользователей.

В Таджикистане необходимо разработать национальную стратегию кибербезопасности энергосистемы, опираясь на международный опыт таких стран, как Германия и США.

- **Кибератаки** – рост числа атак на энергосистемы по всему миру требует усиленной защиты. Например, в 2015 году произошла одна из самых известных атак на энергосистему – кибератака на энергосеть Украины (BlackEnergy), в результате которой около 225 000 человек остались без электричества. В 2021 году хакерская атака на нефтепровод Colonial Pipeline в США парализовала поставки топлива на восточном побережье, что привело к

серьезному экономическому ущербу. Эти инциденты продемонстрировали уязвимость энергетических сетей и подчеркнули необходимость усиленной защиты инфраструктуры с использованием таких технологий, как SIEM-системы, AI-анализ угроз и технологии блокчейна для повышения киберустойчивости энергосистем.

- **Финансовые ограничения** – необходимость значительных инвестиций в развитие цифровых механизмов безопасности, что подтверждается опытом других стран. Например, Германия потратила около 40 миллиардов евро на модернизацию энергосистем и цифровизацию сетей, включая внедрение Smart Grid и усиление кибербезопасности. В Великобритании реализация программы интеллектуальных сетей обошлась государству и частным инвесторам примерно в 30 миллиардов фунтов стерлингов. В Казахстане инвестиции в цифровизацию энергетики с 2018 по 2023 год составили около 500 миллионов долларов США, включая запуск интеллектуальных систем учета и киберзащиты энергосетей [114]. Эти примеры показывают, что цифровая трансформация энергосистем требует значительных финансовых ресурсов, но в долгосрочной перспективе приводит к снижению потерь электроэнергии, повышению надежности сетей и улучшению экономической эффективности отрасли.

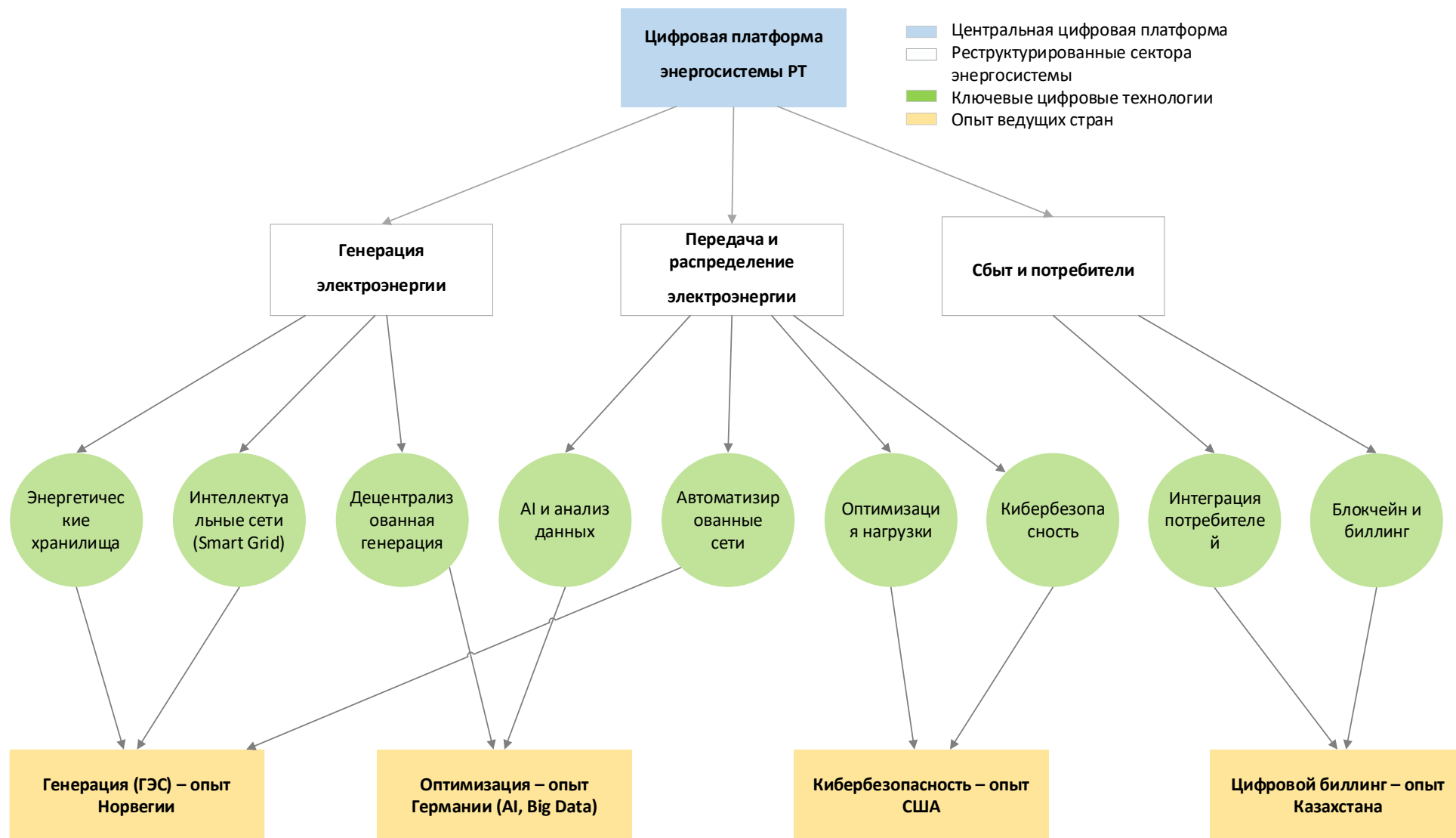
- **Обеспечение конфиденциальности данных** – защита информации потребителей является одним из ключевых аспектов цифровизации энергосистем. Внедрение интеллектуальных счетчиков и автоматизированных систем учета электроэнергии требует строгих мер по обеспечению безопасности персональных данных. Реальные примеры показывают, что утечки информации могут приводить к серьезным последствиям. Например, в 2018 году в Великобритании хакеры получили доступ к системе управления интеллектуальными счетчиками, что поставило под угрозу данные миллионов потребителей. В Германии были внедрены строгие стандарты защиты, такие как ISO/IEC 27001, которые регулируют обработку и хранение данных в энергетическом секторе. Благодаря этим мерам удалось предотвратить

массовые утечки данных и обеспечить высокий уровень доверия к цифровым технологиям в энергетике. Такие подходы можно адаптировать и в Таджикистане, обеспечивая безопасность информации потребителей на всех уровнях энергосистемы.

• **Обновление нормативно-правовой базы** – адаптация законодательства для цифровых энергосетей включает разработку и внедрение новых стандартов безопасности, регулирование использования интеллектуальных технологий и обеспечение киберзащиты критически важных энергетических объектов. Например, в Германии был принят закон "IT-Sicherheitsgesetz", обязывающий оператора энергосистем соответствовать строгим требованиям по кибербезопасности. В Европейском Союзе действует директива NIS2 (Network and Information Security), направленная на защиту цифровой инфраструктуры, включая энергосектор. Такие законодательные инициативы помогают минимизировать риски кибератак, регламентировать использование AI и блокчейна в энергетике, а также обеспечивать защиту персональных данных потребителей. В Таджикистане адаптация подобных норм позволит повысить уровень цифровой безопасности энергосистемы и обеспечить ее устойчивость к возможным угрозам.

Нами предлагается модель цифровой платформы энергосистемы РТ (рис. 3.18), которая может существенно ускорить процесс перехода на цифровые технологии энергетики страны за счет комплексного подхода к модернизации системы на основе международного опыта. Она позволяет повысить прозрачность и управляемость энергосистемы, снизить потери электроэнергии за счет автоматизированного мониторинга и контроля, а также улучшить прогнозирование энергопотребления с использованием искусственного интеллекта и анализа больших данных.

Таким образом, цифровизация энергосистемы Республики Таджикистан должна сопровождаться созданием многоуровневой системы защиты, инвестициями в новые технологии и адаптацией международного опыта с учетом национальной специфики.



Источник: Составлено автором

Рисунок 3.18 - Модель цифровой платформы энергосистемы РТ

Только комплексный подход обеспечит эффективное развитие цифровой энергетики: внедрение комплексных мер киберзащиты, включая системы мониторинга угроз (SIEM), технологии Cyber Threat Intelligence (CTI) и национальные стратегии кибербезопасности, помогает минимизировать риски атак и повысить устойчивость энергосистемы.

На основании представленной модели цифровой платформы (рис. 3.18), нами представлена обобщённая таблица 3.10, отражающая реальные экономические и технологические результаты цифровизации в анализируемых странах.

Таблица 3.10 - Экономическая выгода от цифровизации энергосистемы в Германии, Норвегии, США и Казахстане

Страна	Основная программа	Ключевые меры	Экономическая выгода
Германия	Smart Grid + цифровизация сетей	Снижение потерь, рост доходов, снижение затрат	Доходы увеличиваются на 15–25%, затраты уменьшаются на 20%, потери снижаются до 10%
Норвегия	Внедрение интеллектуальных счётчиков (AMS)	100% охват AMS, гибкие тарифы, автоматизация учёта	Экономия 50-80млн. евро/год
США	Smart Grid Investment Grant (SGIG) - Грант на инвестиции в интеллектуальные сети	Снижение отключений, рост надёжности, экономия ресурсов	100млн. долларов США экономии, ROI: 2–5 лет
Казахстан	Цифровизация через KEGOC и Самрук-Энерго	SCADA, AMI, Smart Grid, электронный биллинг, центр киберзащиты	Потери снижаются на 5-7%, платежная дисциплина увеличивается на 10-12%, инвестиции 500млн. долларов США

Источник: составлено автором

Эти данные демонстрируют, что даже при различиях в масштабах и уровне развития, страны, внедрившие цифровые решения, добились ощутимого повышения эффективности, платежной дисциплины и надёжности

энергосетей. Такой опыт может быть адаптирован в Таджикистане с учётом его особенностей.

Выводы по третьей главе

Все перечисленные методы управления энергетической безопасностью взаимосвязаны и усиливают друг друга при условии их комплексного применения. Законодательство и государственная политика служат основой, на которой строятся тарифное регулирование, инвестиционная политика и институциональные меры. Для повышения эффективности требуется четкая координация между всеми используемыми методами и учет современных вызовов, таких как изменение климата и геополитические риски. Поэтому управление энергетической безопасностью требует комплексного подхода, включая международное сотрудничество, модернизацию инфраструктуры и активное использование возобновляемых источников энергии. Учитывая уникальные вызовы Центральной Азии, необходимы дальнейшие усилия для координации усилий стран по обеспечению водно-энергетической безопасности и привлечения международной поддержки соответствующих проектов и программ.

Законодательная база Республики Таджикистан в сфере энергетики представляет собой комплекс нормативных актов, направленных на регулирование и развитие энергетического сектора, с особым акцентом на гидроэнергетику, которая составляет основу приходной части национального энергобаланса.

1. Основные достоинства законодательства включают четкую регламентацию вопросов водно-энергетического управления, государственную поддержку энергоэффективности и возобновляемых источников энергии, а также активное участие в международных энергетических проектах, таких как CASA-1000. Правовая база обеспечивает прозрачность процедур лицензирования и государственного контроля за безопасностью гидротехнических сооружений, что создает условия для устойчивого развития отрасли и международного сотрудничества.

2. Однако законодательство сталкивается с рядом значительных вызовов. Главная проблема заключается в чрезмерной зависимости от гидроэнергетики, что делает энергосистему страны уязвимой перед изменениями климата и сезонными колебаниями водных ресурсов. Несмотря на наличие законов, направленных на развитие альтернативных источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергетика, их реализация остается на низком уровне из-за отсутствия эффективных экономических стимулов и технологической базы. Бюрократические барьеры и сложные административные процедуры усложняют привлечение частных инвестиций, а нехватка прозрачности в распределении ответственности между государственными органами тормозит развитие частного сектора в энергетике.

3. Недостаточное внимание уделяется цифровизации энергетического сектора, что приводит к неэффективному управлению энергосистемой, высокому уровню потерь и отсутствию точных механизмов прогнозирования спроса и предложения электроэнергии. В то же время законодательство по энергоэффективности носит во многом декларативный характер и не подкреплено достаточными мерами стимулирования бизнеса и населения к энергосбережению.

4. Существующие механизмы государственно-частного партнерства (ГЧП) также требуют существенного пересмотра, так как на данный момент отсутствуют четкие правовые гарантии для инвесторов, что ограничивает возможности привлечения частного капитала в энергетические проекты. Проблемы, связанные с безопасностью гидротехнических сооружений, требуют внедрения современных систем мониторинга и управления рисками, что пока недостаточно отражено в действующих нормативных актах.

Исходя из вышеизложенного следует что, для повышения эффективности законодательства в энергетическом секторе Таджикистана необходимо провести его комплексную модернизацию с учетом международных практик, уделяя особое внимание диверсификации энергобаланса, упрощению административных процедур, цифровизации сектора и стимулированию частных инвестиций. Совершенствование нормативно-правовой базы должно быть ориентировано на формирование устойчивой, технологически прогрессивной и экономически

целесообразной энергетической системы, способной гарантировать энергетическую безопасность государства и повысить его конкурентные позиции на международной арене.

Выполненное исследование показало, что энергетическая безопасность Таджикистана существенно подвержена изменению климата. Температура оказывает ключевое влияние. Испарение воды уменьшает индекс энергетической безопасности. Таяние ледников способствует временному увеличению водообеспеченности, но снижает запасы воды в будущем. Рост потребления электроэнергии снижает энергетическую безопасность при отсутствии диверсификации генерирующих источников электроэнергии.

В рамках оптимистического сценария климатических изменений, предполагающего повышение среднегодовой температуры на $2,5^{\circ}\text{C}$, наблюдается временное увеличение водных ресурсов, что способствует сохранению устойчивости функционирования энергетической системы. Несмотря на рост потребления энергии в летний период, система может адаптироваться к климатическим изменениям, реализуя соответствующие программы повышения эффективности использования воды и электроэнергии, развивая солнечную и ветровую энергетику.

В пессимистичном сценарии (повышение температуры на 5°C) ускоренное таяние ледников и рост интенсивности испарения (потерь) воды с поверхности водохранилищ, сопровождаемые ростом нагрузки на всю водохозяйственную и энергетическую системы не только Таджикистана, но региона ЦА в целом, уменьшается доступность водных ресурсов для энергетики и, как следствие снижается индекс энергетической безопасности

Таким образом, повышение температуры, изменение стратегических приоритетов в водоотведении и увеличение потерь воды представляют наибольшие риски для энергетической безопасности Таджикистана.

Для минимизации рисков необходимо развивать альтернативные источники энергии (солнечная, ветровая энергетика и МГЭС), внедрять инновационные решения в гидроэнергетике, способные адаптироваться к изменениям климата. Следует особое внимание уделить диверсификации

генерирующих источников и повышению эффективности использования воды и электроэнергии.

В Таджикистане имеются значительные резервы повышения вклада электроэнергетики в формирование приходной части государственного бюджета за счет повышения эффективности использования установленной мощности гидроэлектростанций и их главного ресурса – воды на основе мер тарифного регулирования.

Цифровизация энергосистемы Республики Таджикистан, являясь важным шагом в развитии энергетического сектора страны, сопровождается вызовами, важнейшей из которых являются киберугрозы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование позволило автору сделать выводы и научно обоснованные рекомендации, которые включают:

1. Различия в подходах к определению ЭБ среди учёных обусловлены различными акцентами, которые они делают в своих исследованиях, что отражает её сложность и многоаспектность. Автор предлагает собственную трактовку ЭБ, как возможность общества, государства или интеграционных формирований (группы государств) обеспечить устойчивое, доступное, экологически безопасное и экономичное энергоснабжение для нынешнего и перспективного тренда, минимизируя риски, обусловленные истощением ресурсов, геополитической нестабильностью, технологическими угрозами и изменениями климата. Предложенное в работе определение ЭБ отдельной личности отражает не только поддержание ее комфортного уровня жизни и реализацию социально-экономической активности, но и не противоречит национальным интересам и принципам глобальной энергетической устойчивости.

2. Выявлено, что угрозы и риски в сфере энергетики в силу своего системного характера не могут быть рассмотрены по отдельности. Подход к формированию широкого комплекса инструментов по их управлению должен включать детальную схему, включая адаптацию в условиях изменения климата; защиты энергетических систем от цифровых угроз; международного регулирования доступа к основным ресурсам; развития стратегий социальной адаптации. Стратегия предотвращения энергетических рисков включает три основных компонента и предусматривает принятие политэкономических, технологических и социальных мер..

3. Доказано, что глобальное потепление оказывает существенное влияние на жизнедеятельность людей, энергетику, водохозяйственные комплексы и требует международного сотрудничества. Многостороннее изучение энергетической и связанной с ней водной политики центральноазиатских государств показывает, что сохранилась центральная дилемма – конфликт между безопасностью спроса и безопасностью поставок

электроэнергии и воды. Автором предложены меры по обеспечению устойчивого развития центральноазиатского водно-энергетического комплекса, включающие ряд эффективных механизмов, регулирующих доступность между странами евразийского региона, а также основные направления для улучшения сотрудничества друг с другом и международными организациями. Другим важным аспектом энергетической устойчивости может быть использование других источников энергии (МГЭС, в том числе солнечной и ветровой) для уменьшения зависимости от гидроэнергетики и с целью дальнейшего сглаживания сезонных изменений в энергопотреблении. Выводы автора подкреплены предложенным и проверенным алгоритмом определения климатической устойчивости страны [1-А; 3-А; 9-А; В-13, 15-А, 16].

4. Исследование показало, что методы управления энергетической безопасностью взаимосвязаны и усиливают друг друга при условии их комплексного применения. Законодательство и государственная политика служат основой тарифного регулирования, инвестиционной политики и институциональных мер [8-А; 17-А].

5. Законодательство в области ЭБ в странах ЦА, выполняя важные функции, нуждается в доработке для учета климатических угроз и повышения эффективности. Законодательная база Республики Таджикистан в сфере энергетики сталкивается с рядом значительных вызовов. Так законодательство по энергоэффективности носит во многом декларативный характер и не подкреплено достаточными мерами стимулирования бизнеса и населения к энергосбережению. Несмотря на наличие законов, направленных на развитие ВИЭ, таких как солнечная и ветровая энергетика, их реализация остается на низком уровне из-за отсутствия эффективных экономических стимулов и технологической базы. Существующие механизмы ГЧП также требуют пересмотра в плане расширения возможности привлечения частного капитала в энергетические проекты. Проблемы, связанные с безопасностью гидротехнических сооружений, требуют внедрения современных систем мониторинга и управления рисками, что пока недостаточно отражено в действующих нормативных актах. Автором предложены меры повышения

эффективности законодательства в энергетическом секторе Таджикистана с учетом международных практик, включающие диверсификацию энергобаланса, упрощение административных процедур, цифровизацию сектора и стимулирование частных инвестиций. Развитие нормативной базы должно быть направлено на создание устойчивой, инновационной и экономически эффективной энергетической системы, способной обеспечить энергетическую безопасность страны и ее конкурентоспособность на международном уровне.

6. Исследование, посвящённое взаимодействию и сочетанию угроз энергетической безопасности в Таджикистане, обеспечило основу для создания индекса, который можно количественно оценить с помощью математических методов, применимых при различных сценариях изменения климата. Из моделирования эффектов различных сценариев изменения климата можно сделать некоторые прогнозные выводы: повышение температуры на 2,5 0C ведет к оптимистическому сценарию – ко временному увеличению водообеспеченности, что повышает стабильность энергетических систем. Но если температура поднимается на 5 0C, как описывается в пессимистичном сценарии, то последствия будут не столь велики: рано или поздно таяние ледников ускоряется, увеличение потерь воды с поверхностей водохранилищ создает давление на систему управления водными ресурсами, что может привести к неблагоприятным последствиям. Возможно, по всей Центральной Азии - рост затрат на энергетику и нарушение условий жизни, не только для Таджикистана, но и в регионе в целом, снижения водообеспеченности энергетических объектов, летнее потребление электроэнергии продолжает расти, а зимой дополнительные потребности усложняют ситуацию из-за нехватки гидроэлектрических ресурсов. Для снижения данных рисков в работе автором предложена стратегия по адаптации к изменению климата, которая включает стратегии диверсификации источников энергии (особенно солнечной и ветровой, малых гидроустановок), энергосбережения при использовании воды и электроэнергии, улучшений в правовой и регуляторной системе [2-А; 4-А; 5-А].

7. Результаты расчета экономического ущерба от упущенных возможностей использования тарифной политики на электроэнергию в качестве инструмента повышения энергетической безопасности свидетельствуют о недостаточной эффективности энергетического менеджмента. Частичной альтернативой наращиванию капиталоемкого освоения гидроэнергетического потенциала для обеспечения ЭБ является повышение эффективности использования существующих мощностей ГЭС за счет исключения из практики «холостых сбросов» воды [7-А; 8-А; 9-А; 10-А; 11-А; 12-А; 14-А].

8. Несмотря на особую значимость для развития отечественной электроэнергетики цифровизации, эти процессы сопровождаются значительными вызовами, включающими значительные затраты, необходимость обновления сетей и цифровых платформ, киберугрозы и необходимость усиленной защиты данных и нормативного регулирования. Предлагаемая в работе модель цифровой платформы может существенно ускорить процесс цифровизации энергетики страны, повысить прозрачность и управляемость энергосистемы, снизить потери электроэнергии за счет автоматизированного мониторинга и контроля, а также улучшить прогнозирование электропотребления с использованием искусственного интеллекта и анализа больших данных [6-А].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативно-правовые акты и официальные документы

1. Президент Республики Таджикистан. Послание «Об основных направлениях внутренней и внешней политики республики» от 28 декабря 2024 г. – Душанбе, 2024.

2. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года. – Душанбе., 2016. – 86с.

3. Концепция цифровой экономики в Республике Таджикистан: утв. постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 дек. 2019 г. № 642. – Душанбе, 2019.

Монографии, учебники, учебные пособия

4. Ахророва, А. Д., Куанышбаев, А. Д., Сагинтаева, С. С., и др. Системное тарифное регулирование в энергетической отрасли: теория, методология, практика: монография. — М.: Издательство МЭИ, 2022. — 536 с.

5. Арифов Х. О. Энергетическая безопасность Таджикистана в годы государственной независимости. // Х. О. Арифов. Монография. -Душанбе., 2022. -282 с.

6. Баитов А. В., Великороссов В. В., Карякин А. М. Энергетическая безопасность России в условиях рыночных отношений в электроэнергетике. – М.: Книжный мир, 2012.

7. Давтян, В. С., Валеева, Ю. С. Современные аспекты странового анализа энергетической безопасности / В. С. Давтян, Ю. С. Валеева // Природопользование, охрана окружающей среды, экономика, энергетика: инновационные подходы в области правового регулирования: монография / под ред. Т. В. Ефимцевой, Т. Г. Зориной, Р. Н. Салиевой. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — С. 379119308.

8. Тагизаде-Хесари, Ф., Йошино, Н., Чанг, Ю., Рилло, А. Д. Достижение энергетической безопасности в Азии. — Сингапур: World Scientific, 2019.

Статьи и доклады

9. Ахророва А. Д., Бобоев Ф. Дж., Саидова Ш. Н. Гидроэнергетический потенциал Таджикистана и эффективность его использования // Вестник

Таджикского технического университета. Серия: Инженерные исследования. – 2016. – № 4 (36). – С. 9–15.

10. Ахророва, А. Д. Энергетический вектор сотрудничества Таджикистана и России / А. Д. Ахророва // Россия и Таджикистан в условиях меняющейся мировой экономики: Сборник статей. — М.: ИЭ РАН, 2024. — 190 с. — Научное издание. — ISBN 978-5-9940-0752-5. — С. 164–177

11. Ахророва, А. Д. Устойчивое энергетическое развитие стран Центральной Азии / А. Д. Ахророва // Материалы III Международной научной конференции «Устойчивое развитие энергетики Республики Беларусь: состояние и перспективы», Минск, 1-4 октября 2024 г. — Минск, 2024.

12. Абрамова Д. А. Взаимосвязь экологической и энергетической политики на примере Европейского союза // Геоэкономика энергетики. – 2021. – № 2. – С. 139–142.

13. Аламшоева, М. М. Анализ реальной ситуации и прогнозирование отрасли энергетики / М. М. Аламшоева // Финансово-экономический вестник. — 2023. — № 2 (36). — С. 119–129.

14. Бушуев В. В., Воропай Н. И., Сендеров С. М., Саенко В. В. О Доктрине энергетической безопасности России // Экономика региона. – 2012. – № 2. – С. 40–50.

15. Багиров, А. Т. Глобальная энергетическая безопасность: новые вызовы и перспективы для российско-американского энергетического сотрудничества / А. Т. Багиров // Вестник МГИМО Университета. — 2010. — № 4. — С. 85–90.

16. Винокуров, Е. Водно-энергетические ресурсы Центральной Азии: проблемы использования и освоения / Е. Винокуров. — Алматы: Евразийский банк развития, 2008. — 32 с.

17. Воропай Н.И., Криворучский Л.Д., Руденко Ю.Н. и др. Об энергетической безопасности государства // Энергетика и электрификация (Украина), 1995, № 3, с. 49-51.

18. Валамат-Заде Т. Некоторые аспекты концепции национальной энергетической безопасности Республики Таджикистан. Экономика Таджикистана. Стратегия развития. №4. 2000. с. 88-91.

19. Грибанич В. М., Суханов А. А. Энергетическая интеграция стран ЕАЭС: проблемы и перспективы // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 2.
20. Доклад «Зеленое развитие для всеобщего процветания — Добровольный национальный обзор по ЦУР» — Таджикистан, 2023. — 101 с.
21. Ахророва А.Д., Доронкин К.А., Аминджанов Р.М. Особенности экономической среды функционирования Таджикистана. Научные труды Международной Академии менеджмента. Выпуск IV. Москва, 2003. с.307-324.
22. Жильцов, С. С., Пархомчик, Л. А. Роль углеводородных ресурсов в развитии Каспийского региона / С. С. Жильцов, Л. А. Пархомчик // PolitBook. — 2017. — № 3. — С. 159–171. — С. 159–171.
23. Зорина, Т. Г., Попов, Б. И. Индикативный подход к оценке энергетической безопасности Республики Беларусь / Т. Г. Зорина, Б. И. Попов // Информационные и математические технологии в науке и управлении. — 2020. — № 2 (18). — С. 107–123.
24. Исайнов, Х. Р., Исраилова, А. Р., Казокзода, У. Х. «Зеленая экономика» Таджикистана: проблемы формирования и перспективы развития / Х. Р. Исайнов, А. Р. Исраилова, У. Х. Казокзода // Финансово-экономический вестник. — 2024. — № 1 (40). — С. 253–263.
25. Федяшева, Г. Ч.-Б. Современные реалии экономического сотрудничества стран Центральной Азии // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. — 2020. — С. 410–414.
26. Зорина, Т. Г. Экономический механизм обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь / Т. Г. Зорина // Научные труды Белорусского государственного экономического университета. — Минск: Колорград, 2023. — Вып. 16. — С. 167–177.
27. Каюмов, Н. К. К вопросу об обеспечении водноэнергетической безопасности Таджикистана в условиях глобализации мирового хозяйства / Н. К. Каюмов // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. — 2018. — Т. 2, № 24. — С. 79–87.
28. Кулагина, Н. А., Голованова, Н. Б., Графов, Ю. Г. Диагностика национальной и экономической безопасности в энергетическом секторе России в условиях цифровых трансформаций на основе аналитической обработки информационных массивов сведений / Н. А. Кулагина, Н. Б.

Голованова, Ю. Г. Графов // Вестник Академии знаний. — 2024. — № 2 (61). — С. 251-256.

29. Лысак, И. В. Междисциплинарность и трансдисциплинарность как подходы к исследованию человека / И. В. Лысак // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. — 2014. — № 6. — Ч. II. — С. 134–137.

30. Массель Л. В., Воропай Н. И., Сендеров С. М., Массель А. Г. Киберопасность как одна из стратегических угроз энергетической безопасности России // Вопросы кибербезопасности. – 2016. – № 4 (17). – С. 2–10.

31. Матюшок, В. М., Серджио, Б., Балашова, С. А., Гомонов, К. Г. Влияние smart Grid и возобновляемых источников энергии на энергоэффективность: зарубежный опыт / В. М. Матюшок, Б. Серджио, С. А. Балашова, К. Г. Гомонов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. — 2017. — Т. 25, № 4. — 583–598с. — С. 584–594. — 2016. — Vol. 4. — P. 2–10. — DOI: 10.21681/2311-3456-2016-4-2-10.

32. Мамедов, А. М., Яровая, Н. С. Энергетическая безопасность Российской Федерации / А. М. Мамедов, Н. С. Яровая // Научное обозрение. Педагогические науки. — 2019. — № 2-2. — С. 75–78.

33. Уланов, В. Л., Уланова, Е. Ю. Влияние внешних факторов на национальную энергетическую безопасность / В. Л. Уланов, Е. Ю. Уланова // Записки Горного института. — 2019. — Т. 238. — С. 474–480. — DOI: 10.31897/PMI.2019.4.474.

34. Скрипник О. Б. Стратегия диверсификации экономики России как инструмент управления рисками экономической безопасности // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 4. – С. 789–800. – DOI: 10.18334/ce.18.4.120720.

35. Соболев В. А. Выход из нефтегазового кризиса на примере нефтяного эмбарго 1973 года // Информатика. Экономика. Управление = Informatics. Economics. Management, Vol. 1, no. 2, 2022, pp. 0201-0207. doi:10.47813/2782-5280-2022-1-2-0201-0207

36. Соломин, Д. В. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути их решения / Д. В. Соломин // Наука и образование сегодня. — 2016. — № 4 (5). — С. 55–58.

37. Хоналиев Н. Х. Энергетические ресурсы и энергетическая безопасность Республики Таджикистан / Н. Х. Хоналиев // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы II Междунар. науч. конф. (Санкт-Петербург, июнь 2013 г.). – Т. 0. – СПб.: Реноме, 2013. – С. 33–37.

38. Шисса, К. Миграция в контексте изменений климата и окружающей среды в государствах Пражского процесса, не входящих в ЕС: изучение уязвимостей, пробелов в политике и доступных механизмов защиты / К. Шисса. — Вена: Пражский процесс, Международный центр развития миграционной политики (ICMPD), 2024.

39. Шкваря, Л. В., Чиниев, Дж. Б. Особенности энергетической безопасности Республики Таджикистан / Л. В. Шкваря, Дж. Б. Чиниев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2010. — № 4. — С. 114–119.

40. Щепанский, И. С. Энергетическая безопасность как составляющая национальной безопасности России / И. С. Щепанский // Lex Russica (Русский закон). — 2012. — Т. 71, № 4. — С. 754–765.

Диссертации и авторефераты

41. Абидов У. А. Методические основы формирования стратегии обеспечения энергетической безопасности страны: на материалах Республики Таджикистан: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Душанбе, 2012.

42. Зорина, Т. Г. Стратегическая сегментация оптового рынка электроэнергии: методология и реализация: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Зорина Татьяна Геннадьевна. — Минск, 2007. — [Б. м.]. — Защита: 04.05.2007 ; утверждена: 17.10.2007.

43. Аминджанов Р. М. Энергетическая безопасность Республики Таджикистан и организационно-экономические основы ее обеспечения: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Рустам Муратович Аминджанов. – Душанбе, 2004. – 160 с.

44. Бобоев Ф. Дж. Экономические механизмы устойчивого энергетического развития Республики Таджикистан: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Душанбе, 2019. 21стр.

45. Камилова, Н. М. Механизмы управления рыночной стоимостью энергетических объектов: дис. ... д-ра философии (PhD): 6D050607 – Экономика отраслей и энергетики / Камилова Нигина Мухамадавозовна; Таджикский технический университет им. ак. М. С. Осими. — Душанбе, 2022. — 145 с.

Электронные ресурсы

46. Министерство экономических дел и коммуникаций Эстонии. Estonian National Digital Decade Strategic Roadmap 2023. — Таллинн, 2023. — Документ. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://mkm.ee/sites/default/files/documents/2024-09/Estonian%20National%20Digital%20Decade%20Strategic%20Roadmap%2023.pdf>

47. ООН. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: резолюция A/RES/70/1, 21 окт. 2015 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/agenda2030/>

48. Зорина, Т. Г., Панасюк, В. В., Прусов, С. Г. Типологизация и анализ значимости рисков и угроз энергетической безопасности Республики Беларусь с учетом интеграции Белорусской АЭС в энергосистему / Т. Г. Зорина, В. В. Панасюк, С. Г. Прусов // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. — 2022. — Т. 65, № 5. — С. 385–397. — Статья. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://energy.bntu.by/jour/article/view/2196>

49. Министерство финансов Республики Таджикистан. Отчёт о состоянии государственного внешнего долга Таджикистана за 2023 год. — Душанбе, 2024. — 40 с. — Отчёт. — Электронный ресурс. — Режим доступа: <https://minfin.tj/ru/publications/>.

50. ОАО «Сангтудинская ГЭС-1». Годовой отчёт за 2018 год [Электронный ресурс]. – Душанбе, 2019. – 73 с. – Режим доступа: https://sangtuda.com/sites/default/files/ar_2018_light.pdf

51. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан. Статистический сборник «Статистический ежегодник Республики Таджикистан 2024».

52. Договор к Энергетической хартии: Energy Charter Treaty (Энергетическая хартия). — Энергетическая хартия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Legal/ECT-ru.pdf>.

53. Водно-энергетический потенциал Таджикистана и его выгоды для региона. — Таджикское посольство в Беларуси [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.tajembassy.by/articles/show/alias/vodno-energeticheskiy-potentsial-tadjikistana-i-ego-vyigodyi-dlya-regiona/>.

54. Международное энергетическое агентство (МЭА). World Energy Outlook 2023. — Международное энергетическое агентство [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>.

55. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Глобальное потепление на 1,5 °C: специальный доклад МГЭИК. — Женева: IPCC, 2018. — 32 с. — С. 14. — Доклад. — Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

56. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. — Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.mewr.tj>.

57. Министерство энергетики Казахстана. Стратегия "умных сетей" и цифровой энергетики. — 2023. — Министерство энергетики Казахстана [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://energy.gov.kz/smartgrid>.

58. Международный валютный фонд. Бюджетный вестник, апрель 2022 года. — Вашингтон, D.C.: Международный валютный фонд, 2022. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.imf.org/ru/Publications/FM/Issues/2022/04/12/fiscal-monitor-april-2022>.

59. Казахстанская оппозиция. Январские протесты 2022 года. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Казахстанская_оппозиция.

60. Парижское соглашение 2015. — ООН [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf.

61. ПРООН. Контуры нового низкоуглеродного пути развития. Комплексное климатическое планирование. Пособие для региональных органов власти. — Нью-Йорк: Программа развития ООН, 2009. — Пособие. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/charting_carbon_russian.pdf.

62. Центр по развитию МЭ Tajhydro. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://tajhydro.com>.

63. Bundesregierung. Klimaschutzbericht 2022 der Bundesregierung nach § 10 Absatz 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes. — Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022. — 73 с. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/klimaschutzbericht-2022-2130484>.

64. Всемирный банк. Энергия роста – Финансы и развитие – Нельзя терять время. — Сентябрь 2021. — 62 с. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.worldbank.org/ru/news/feature/2021/09/30/energy-growth-finance-development>.

65. Министерство иностранных дел Германии. The German Energiewende. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.auswaertiges-amt.de/resource/blob/610620/5d9bfec0ab35695b9db548d10c94e57d/the-german-energiewende-data.pdf>.

66. Правительство Норвегии. Информация о политике Норвегии в области энергетики и гидроэнергетики. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.regjeringen.no>.

67. Евразийская экономическая комиссия. Информационно-аналитический отчет: Анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств-членов Евразийского экономического союза / Евразийская экономическая комиссия, Департамент промышленной политики. — Москва, январь 2017. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/upload/iblock/ae0/TSIFROVAYA-TRANSFORMATSIYA-PROMYSHLENNOSTI-13.02.2017.pdf>.

68. Akhrorova, Alfya, Bespalyu, Sergey, Alnazarova, Gulmira, Adieva, Ainura, Petrenko, Alexandr. Education for sustainable development: comparative analysis and prospects at universities in Kazakhstan, Tajikistan, Kyrgyzstan and Uzbekistan / A. Akhrorova, S. Bespalyu, G. Alnazarova, A. Adieva, A. Petrenko // Discover Sustainability. — 2024. — Vol. 5. — P. 140. — DOI: 10.1007/s43621-024-00343-x.

69. Benchmark Mineral Intelligence. Lithium Forecast Report Q4 2024 [Электронный ресурс]. — 2022. — Режим доступа: <https://www.benchmarkminerals.com/lithium/data-reports/forecast>

70. Оганесян, В. В. Методика расчета климатической уязвимости территории на основе безразмерных климатических индексов / В. В. Оганесян. — Москва: Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, [б. г.]. — Доклад. — Контактная информация: vog@mecom.ru.

71. Hotelling H. The Economics of Exhaustible Resources // Journal of Political Economy. — 1931. [Электронный ресурс] — Vol. 39, No. 2. — P. 137–175. — Режим доступа: <http://www.jstor.org/stable/1822328>

72. Joint Economic Committee, U.S. Congress. The 1979 Joint Economic Report of the President: Part I [Электронный ресурс]. — Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1979. — 242 p. P-6 — Режим доступа: <https://fraser.stlouisfed.org/title/1979-economic-report-president-5332/part-1-536835>.

73. World Commission on Environment and Development. Our Common Future [Электронный ресурс]. — Oxford: Oxford University Press, 1987 - 300p. — Режим доступа:

<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>.

74. Keohane R. O., Nye J. S. Power and interdependence // Survival. – 1973. – Vol. 15, No. 4. – P. 158–165. – DOI: 10.1080/00396337308441409.

75. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: Synthesis Report [Электронный ресурс]. – Geneva: IPCC, 2007. – Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/>

76. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2014: Synthesis Report [Электронный ресурс]. – Geneva: IPCC, 2014. – Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>.

77. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. – Cambridge: Cambridge University Press, 2021. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

78. Pederson P. Aurora Revisited — by its original project lead [Электронный ресурс] // Langner.com. – 2014. – July 9. – Режим доступа: <https://www.langner.com/2014/07/aurora-revisited-by-its-original-project-lead/>.

79. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2007 [Электронный ресурс]. – Paris: IEA, 2007. – 674p. P.160–Режим доступат: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2007>.

80. European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council: European Energy Security Strategy. – [Электронный ресурс] Brussels, 28 May 2014. – COM (2014) 330 final. – 24 p. – P.15 – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52014DC0330>

81. House of Commons Trade and Industry Committee. Written evidence by Prof. Jonathan Stern // UK Parliament. – Session 2005–06. – 16 May 2006. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://publications.parliament.uk/pa/cm200506/cmselect/cmtrdind/1123/1123ev.pdf>

82. Stoiber C., Deese D., Nye J. Energy and Security // The American Journal of International Law. – 1981. – Vol. 75, No. 4. – P. 1029–1030. – DOI: 10.2307/2201396.

83. Helm D. Cost of Energy Review [Электронный ресурс]. – London: Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2017. – 158 p. Р. 62–Режим доступа:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/654902/Cost_of_Energy_Review.pdf. –

84. EC. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions — Strategic goals and recommendations for the EU’s maritime transport policy until 2018. — [Электронный ресурс]. — Brussels, 21.1.2009. — COM (2009) 8 final. —Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/>

85. Eurostat. Statistics Explained [Электронный ресурс]. — Eurostat, 2022. — Режим доступа: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained>.

86. IEA. Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028. —143 p. — Р. 8— [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>

87. IEA. World Energy Outlook 2022. — Краткий обзор. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.

88. Danish Energy Agency. Energy statistics 2022. —[Электронный ресурс]. 24p.— Режим доступа: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energy_in_denmark_2022.pdf

89. Zhang W. China’s Energy Diplomacy and Global Integration // Journal of International Studies. – 2010. – No. 4. – P. 56–62. (In Chinese; title in English).

90. INOGATE. Энергетическое сотрудничество между ЕС и странами-партнёрами / Европейская комиссия. — 2016. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/INOGATE>.

91. Golovko, Maria, Setrakov, Alexander, Tomilin, Sergey. Wind Energy Development in the Context of Sustainable Development Goals / M. Golovko, A. Setrakov, S. Tomilin // Global Nuclear Safety. — 2022. — Vol. 43. — P. 68–78. — DOI: 10.26583/gns-2022-02-07.

92. Pakhomov, N. V. Global Energy Security as Global Public Good / N. V. Pakhomov // MGIMO Review of International Relations. — 2017. — Vol. 1. — P. 173–186. — DOI: 10.24833/2071-8160-2017-1-52-173-186.

93. United Nations. Sustainable Development Goal 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable, and modern energy for all. — United Nations [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/energy/?utm_source.

94. Wiatros-Motyka, M., Fulghum, N. Global Electricity Mid-Year Insights 2023 / M. Wiatros-Motyka, N. Fulghum // Ember. — 2023. — P. 13–14. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ember-energy.org/latest-insights/global-electricity-mid-year-insights-2023/>.

95. OilCapital.ru. Варёной в реках рыбы не будет: Франция отключила реактор Голфеш 2 из-за жары. — OilCapital.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://oilcapital.ru/news/2023-08-21/varenoy-v-rekah-ryby-ne-budet-frantsiya-otklyuchila-reaktor-golfech-2-iz-za-zhary-3018283>.

96. IPCC. Climate Change 2021: Summary for All / Version 3. — 12 December 2022. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll.pdf.

97. IPCC. Sixth Assessment Report (AR6) “Climate Change 2023” Synthesis Report / Adopted Longer Report (Submitted by the IPCC Chair) — 58th Session of the IPCC, Interlaken, Switzerland, 13–17 March 2023. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/synthesis-report/>.

98. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis / Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

99. NASA. Climate Change. — NASA [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://science.nasa.gov/climate-change/>.

100. WMO. State of the Climate 2023. — World Meteorological Organization [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2023>. — Дата обращения: 26.03.2025.

101. UNEP. Climate Change 2023: Synthesis Report. — 20 March 2023. — Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.unep.org/resources/report/climate-change-2023-synthesis-report>.

102. UNFCCC. Paris Agreement (2015) / Distr.: General 15 March 2024. Russian Original: English. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://unfccc.int>.

103. Council of the EU. Council conclusions on climate finance / PRESS RELEASE 797/15; 10/11/2015. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2015/11/10/conclusions-climate-finance/pdf/>

104. The Boston Consulting Group. Review. Специальный выпуск: Казахстан. — Май 2018. — Обзорение. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://web-assets.bcg.com/img-src/BCG_Review_KZ_May_tcm9-193677.pdf.

105. Asian Development Bank Institute. Connecting Central Asia with Economic Centers. — 2014. — ISBN 978-4-89974-050-8 (PDF).

106. SAID. Investor's Guide to Renewable Energy Projects in Kazakhstan / USAID Power the Future Regional Program. — Нур-Султан, 2020. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/68180?lang=en>.

107. World Bank. China: 40-Year Experience in Energy Efficiency Development / Policies, Achievements, and Lessons Learned. — 2021. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/975831625856343245/pdf/China-40-Year-Experience-in-Energy-Efficiency-Development-Policies-Achievements-and-Lessons-Learned.pdf>.

108. The World Bank Group. Implementing Rooftop Solar Projects: Public-Private Partnerships in India. — World Bank Group [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/127561467990990089/pdf/100987-BRI-VC-PUBLIC-ADD-SERIES-Box393254B-Knowledge-Notes-LW50-OKR.pdf>.

109. OSHPC BARKI TOJK. Techno-Economic Assessment Study for Rogun Hydroelectric Construction Project. Phase II Report (Final): Project Definition Options. Volume 3: Engineering and Design. Chapter 5: Reservoir Operation Study. — 108 с. — Р-19. — Отчет. — Электронный ресурс. — Режим

доступа: https://www.rogunges.tj/wp-content/uploads/2024/04/p002378_t2-20_financial-analysis_rev-b_final.pdf.

110. DNV GL. Digitalization and the Future of Energy. — 2019. — DNV [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.dnv.com/energy/topics/digitalization/>.

111. Norwegian Water Resources and Energy Directorate. Digitalization of Hydropower. — 2023. — Norwegian Water Resources and Energy Directorate [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nve.no/digitalhydro>.

112. German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. Smart Energy Systems Strategy. — 2022. — German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://bmwk.de/smartenergy>.

113. International Energy Agency (IEA). The Role of AI in Smart Energy Management. — 2023. — International Energy Agency [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://iea.org/smartai>.

114. U.S. Department of Energy. Cybersecurity in the Power Sector. — 2023. — U.S. Department of Energy [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://energy.gov/cybersecurity>

115. Yergin D. The Quest: Energy, Security, and the Remaking of the Modern World. – New York: Penguin Press, 2011. – 804 p.

116. Lovins, A. B. Reinventing Fire: Bold Business Solutions for the New Energy Era / A. B. Lovins. — Chelsea Green Publishing, 2011.

117. Massel, Aleksei, Gaskova, Daria. Ontological engineering for the development of the intelligent system for threats analysis and risk assessment of cybersecurity in energy facilities / A. Massel, D. Gaskova // *Ontology of Designing*. — 2019. — Vol. 9. — P. 225–238. — DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-2-225-238.

118. Massel, Liudmila, Voropay, Nikolay, Senderov, Sergey, Massel, Aleksei. Cyber Danger as One of the Strategic Threats to Russia's Energy Security / L. Massel, N. Voropay, S. Senderov, A. Massel // *Voprosy kiberbezopasnosti*

119. Helm, D. Energy Policy: Security of Supply, Sustainability, and Competition / D. Helm // *Energy Policy*. — 2002. — Vol. 30, No. 3. — P. 173–184.

120. Stern, D. I. Energy and Economic Growth / D. I. Stern // *Encyclopedia of Energy*. — 2004. — Vol. 2. — P. 35–51. — Elsevier.

121. Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland. Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie: Neuauflage 2021 [Электронный ресурс]. – Berlin, 2021. –62 S.–Режим доступа:

<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1873516/9d73d857a3f7f0f8df5ac1b4c349fa07/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-barrierefrei-data.pdf>

122. United Nations Framework Convention on Climate Change. Paris Agreement (2015) [Electronic resource]. – Distr.: General, 15 March 2024. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unfccc.int>

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

[1-А] Саидова Ш.Н. Гидроэнергетический потенциал Таджикистана и эффективность его использования [Текст] / А.Д. Ахророва, Ф. Дж. Бобоев, Ш.Н. Саидова // Вестник ТТУ. – Душанбе: 2016. - № 4(36), 2016. – С. 9-16. – 72 стр.

[2-А] Саидова Ш.Н. К вопросу оценки финансовой устойчивости энергетической компании [Текст] / А.Д. Ахророва, Ф. Дж. Бобоев, Ш.Н. Саидова, М. Сайфуддинова // Вестник Таджикского Технического Университета (ТТУ). – Душанбе: 2017. - № 4(40), 2017. – С. 122-133.-146 стр.

[3-А] Саидова Ш.Н. Гидроэнергетика Таджикистана и ее уязвимость в условиях изменения климата [Текст] / А.Д. Ахророва, Ш.Н. Саидова // Вестник Таджикского Технического Университета. – Душанбе: - № 1(49), 2020. – С. 37-42. - 62 стр.

[4-А] Саидова Ш.Н. Платежеспособный спрос на электрическую энергию и его влияние на устойчивое развитие энергетического бизнеса [Текст] / А.Д. Ахророва, Н.М. Камилова, Ш.Н. Саидова // Политехнический вестник ТТУ имени акад. М.С.Осими. Серия: Интеллект. Инновация. Инвестиция» 2023 г.- №3(63) 2023., С. 47-56, ISSN 2520-2235.

[5-А] Саидова Ш.Н. Инвестиционная активность энергетической и транспортной инфраструктуры Таджикистана в условиях долговых обязательств [Текст] / А.Д. Ахророва, Ф. Дж. Бобоев, Ш.Н. Саидова // Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. № 3

(67) 2024. С. – 86-96. 101с., ISSN 2520-2235

[6-А] Саидова Ш.Н. Цифровизация энергосистемы Республики Таджикистан: преимущества и вызовы [Текст] / Ш.Н. Саидова // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 4 (68) 2024. С. – 54-62. 201с., ISSN 2520-2227

[7-А] Саидова Ш.Н. Тарифная политика в электроэнергетике как механизм управления энергетической безопасностью [Текст] / Ш.Н. Саидова // Политехнический вестник ТТУ имени акад. М.С.Осими. Серия: Интеллект. Инновация. Инвестиция» 2025 г.- №2(70) 2025., С. 128-134, ISSN 2520-2235.

Статьи в материалах научных конференций:

[8-А] Саидова Ш.Н. Эффективность использования установленной мощности Нурекской ГЭС [Текст] / А.Д. Ахророва, Ш.Н. Саидова // Часть 2. Материалы II научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов «Таджикская наука – ведущий фактор развития общества», ТТУ, Душанбе: 2017. С.307-310. – 372 стр.

[9-А] Саидова Ш.Н. К вопросу об эффективности использования гидроэнергетического потенциала Республики Таджикистан. [Текст] / А.Д. Ахророва, Ф. Дж. Бобоев, Ш.Н. Саидова // Материалы апрельской научно-практической конференции на тему: «Национальная стратегия развития Республики Таджикистана период до 2030 года: теория и практика», г. Душанбе: 2017. – С. 19-22.- 107 стр.

[10-А] Саидова Ш.Н. To the question of efficiency of use of the installed capacity of the hydro-electrostation. [Текст] / Ф. Дж. Бобоев, Ш.Н. Саидова // Тезисы VI- международной научно-практической конференции аспирантов и магистрантов «Прогресс через инновации» // отв. ред. А.Ю. Алябьева. – г. Новосибирск, Россия: Изд-во НГТУ, 2017. – С. 125-130. - 264 стр.

[11-А] Саидова Ш.Н. Экспортный потенциал электроэнергетики Республики Таджикистан и его вклад в формирование государственного бюджета [Текст] / Ш.Н. Саидова, А.Д. Ниязов // Часть I. Материалы Международной научно-практической конференции: «Электроэнергетика: Проблемы и перспективы развития энергетики региона» ТТУ, г. Душанбе: 2018. С.43-47. – 383 стр.

[12-А] Саидова Ш.Н. Export Potential of Hydropower of the Republic of
203

Tajikistan and the Efficiency of its Implementation [Текст] / Ш.Н. Саидова // Труды VIII - международной научно-практической конференции аспирантов и магистрантов «Прогресс через инновации» // г. Новосибирск, Россия, 28 марта 2019г.: Изд-во НГТУ, 2019. – С. 130-133. - 296 стр.

[13-А] Саидова Ш.Н. Угрозы энергетического бизнеса гидроэлектростанций и их оценка [Текст] / Ш.Н. Саидова // Материалы Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов "Радиоэлектроника, электротехника и энергетика" НИУ "МЭИ". 12-13 - марта 2020г., г. Москва, Российская Федерация. – С. 1097. - 1158 стр.

[14-А] Саидова Ш.Н. «Зеленые» технологии в энергетике и их роль в обеспечении устойчивого энергетического развития [Текст] / А.Д. Ахророва, Ш.Н. Саидова // Материалы: Научно-практической конференции-выставки «Дни Возобновляемых источников энергии и энергосбережения в Таджикском техническом университете имени академика М.С.Осими. НИИ. НИЦ «Энергетика». 1-2 июня 2021г., Издательство ТТУ, г. Душанбе, 2021.

[15-А] Саидова Ш.Н. К вопросу развития регионального энергетического рынка Центральной Азии [Текст] / Ф. Дж. Бобоев, Ш.Н. Саидова // Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе. // Сборник научных трудов II-Международной конференции. – Ташкент. ТашГТУ, 2022. – С. 438-439. -535 с.

[16-А] Саидова Ш.Н. К вопросу управления энергетической безопасностью [Текст] / Ш.Н. Саидова // Финансово-экономический вестник. – 2024. – № 4.2(43). – С.590-597.

Монографии:

[17-А] Саидова Ш.Н. Параграф 3.5. Стимулирующая роль тарифов в повышении эффективности использования установленной мощности Нурекской ГЭС [Текст] / А.Д. Ахророва, Ш.Н. Саидова // Системное тарифное регулирование в энергетической отрасли: теория. методология, практика: коллективная монография: Издательство МЭИ, 2021. — 645 с., С. 521-532.

Таблица 1 - Международные энергетические организации и институты и направления их деятельности

Название	Направление/Деятельность
Международное энергетическое агентство (МЭА)	основная цель – содействие энергетической безопасности, устойчивому развитию и охране окружающей среды. МЭА собирает и анализирует данные о мировых энергорынках, разрабатывает рекомендации и поддерживает стратегические резервы нефти и газа.
ОПЕК (Организация стран-экспортеров нефти)	международная организация, объединяющая крупнейшие нефтедобывающие страны. ОПЕК играет ключевую роль в стабилизации цен на нефть, управлении добычей и регулировании нефтяных рынков.
Международная энергетическая хартия (МЭХ)	международное соглашение, подписанное в 1994 году, с целью содействия в обеспечении безопасных и устойчивых энергоснабжений, а также улучшения энергетических отношений между странами-производителями, транзитными странами и потребителями. <small>продолжение таблицы 3.2</small>
Мировой энергетический совет (МИРЭС)	– независимая организация, основанная в 1923 году, с целью развития глобального энергетического сотрудничества и устойчивых решений для энергетической безопасности и устойчивости. МИРЭС активно занимается исследованиями в области энергоэффективности, возобновляемых источников энергии и глобальной энергетической политики.
Группа 20 (G20)	– группа ведущих экономик мира, которая также обсуждает вопросы энергетической безопасности в контексте глобальных экономических и экологических проблем.
Международная атомная энергетическая организация (МАГАТЭ)	– занимается координацией использования ядерной энергии в мирных целях, а также поддержанием ядерной безопасности и предотвращением распространения ядерного оружия.
Энергетическая хартия	– международное соглашение, подписанное рядом стран с целью гармонизации энергетической

	политики, обеспечения прозрачности и доступа к энергетическим рынкам.
Международный форум стран экспортеров газа (GECF)	– международная организация, объединяющая крупнейших производителей и экспортеров природного газа. GECF способствует координации политики в области газа, установлению справедливых и стабильных цен, а также обеспечению энергетической безопасности через эффективное использование природного газа.
Азиатский банк инфраструктурных инвестиций (АИВ)	– международный финансовый институт, который активно инвестирует в энергетические проекты, особенно в области устойчивой энергетики и инфраструктуры. АИВ содействует развитию энергетических ресурсов в азиатском регионе и за его пределами.
Международная ассоциация возобновляемых источников энергии (IRENA)	– межправительственная организация, которая содействует продвижению возобновляемых источников энергии, обеспечивая техническую, финансовую и научную поддержку для стран, стремящихся перейти на чистые источники энергии.
Международная ассоциация гидроэнергетики (ИНА)	– организация, которая занимается развитием гидроэнергетики, поддерживает исследования и проекты по улучшению эффективности гидроэнергетических установок и способствует устойчивому использованию водных ресурсов для производства энергии. продолжение таблицы 3.2
Международный энергетический форум (IEF)	– платформа для обмена информацией и обсуждения проблем энергетической безопасности, цен и устойчивости поставок между странами-производителями и потребителями энергетических ресурсов. Форум собирает министров энергетики и представителей международных организаций.
Глобальная инициатива по углеродной ценности (Carbon Pricing Leadership Coalition)	– инициатива, направленная на создание глобальных рынков углеродных выбросов и стимулирование стран к внедрению углеродных ценовых механизмов, что оказывает влияние на энергетический сектор и развитие чистых технологий.
Североатлантический альянс по энергетической безопасности (НАТО)	– специализированная структура НАТО, которая занимается вопросами энергетической безопасности в рамках обороны, в том числе угрозами, связанными с энергетическими поставками и инфраструктурой.

Energy Security Centre of Excellence)	
Международная ассоциация экономики энергетики (IAEE)	– ведущая мировая некоммерческая организация, объединяющая специалистов в области экономики энергетики. Основанная в 1977 году, IAEE предоставляет междисциплинарную платформу для обмена знаниями, опытом и обсуждения актуальных вопросов в сфере энергетики.
«Устойчивая энергетика для всех» (Sustainable Energy for All, SEforALL)	– международная некоммерческая организация, созданная в 2011 году по инициативе Генерального секретаря ООН Пан Ги Муна. Её миссия — обеспечить всеобщий доступ к устойчивой, надёжной и современной энергии к 2030 году, в соответствии с Целью устойчивого развития №7 (SDG 7) и Парижским соглашением по климату.
Международная конференция по возобновляемым источникам энергии (IREC)	– серия высокоуровневых международных конференций, посвящённых вопросам политики в области возобновляемой энергетики. Конференции проводятся под эгидой REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) и проходят раз в два года в разных странах..
Институт европейской энергетики и климатической политики (IEECP)	- независимая некоммерческая исследовательская организация, основанная в 2015 году. IEECP объединяет ведущих европейских экспертов в области климатических изменений, энергоэффективности и политики в сфере возобновляемых источников энергии. Организация предоставляет научно обоснованные исследования и аналитические материалы для поддержки политиков, государственных и частных структур в процессе энергетического перехода и достижения устойчивого будущего.
Глобальная платформа для устойчивой энергетики (GSEP)	– это международный альянс ведущих энергетических компаний, направленный на продвижение устойчивой энергетики и электрификации во всем мире. Основанная в 1992 году, организация объединяет ключевых игроков отрасли для обмена опытом, поддержки инноваций и содействия устойчивому развитию энергетического сектора.
Форум энергетической безопасности Азии (Asia Energy Security Forum)	- международная платформа, организуемая Asia Council, целью которой является обсуждение и разработка стратегий по обеспечению энергетической безопасности в регионе. Форум

	собирает представителей правительств, бизнеса и научного сообщества для обмена опытом и выработки совместных решений в сфере энергетики
Климатические инвестиционные фонды (Climate Investment Funds, CIF)	– один из крупнейших в мире многосторонних климатических фондов, созданный в 2008 году по инициативе стран G8 и G20. Цель CIF — ускорение климатических преобразований в развивающихся странах посредством финансирования проектов в области чистых технологий, устойчивого землепользования, декарбонизации промышленности и повышения климатической устойчивости.
Глобальная инициатива устойчивых энергетических островов (Global Sustainable Energy Islands Initiative, GSEII)	– эта инициатива была основана в 2000 году и представляет собой консорциум международных неправительственных организаций и многосторонних учреждений, работающих над поддержкой малых островных развивающихся государств (SIDS) в переходе от ископаемых видов топлива к возобновляемым источникам энергии и повышению энергоэффективности.
Международная организация по стандартизации в энергетике (ISO/TC 301)	– это действующий технический комитет Международной организации по стандартизации (ISO), занимающийся стандартизацией в области энергетического менеджмента и энергосбережения. Он играет ключевую роль в разработке международных стандартов, направленных на повышение энергоэффективности и устойчивого развития в различных секторах экономики.
Глобальный энергетический форум (Global Energy Forum - GEF)	— это ежегодная международная конференция, организуемая Атлантическим советом (Atlantic Council) через его Центр глобальной энергетики (Global Energy Center). Форум служит ключевой площадкой для обсуждения геополитики, энергетической безопасности и устойчивого развития, объединяя лидеров из правительств, бизнеса и научных кругов.

Источник: Составлено автором

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 2 - Общие положения и ключевые принципы законов

Наименование	Основные положения	Ключевые принципы
Закон "Об энергетике"	<ul style="list-style-type: none"> • Определяет правовые и организационные основы энергетической политики. • Устанавливает государственное регулирование добычи, производства, транспортировки, распределения и потребления энергоресурсов. • Включает положения о развитии топливно-энергетического комплекса на рыночных принципах. • Определяет полномочия государственных органов в области энергетики. • Включает меры по обеспечению энергетической безопасности страны. • Устанавливает требования к надежности и качеству энергоснабжения. • Способы привлечения инвестиций в энергетический сектор. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Энергетическая безопасность и надежность поставок. 2. Эффективное использование энергоресурсов. 3. Прозрачность государственного регулирования. 4. Развитие рыночных механизмов в энергетике. 5. Экологическая устойчивость и минимизация воздействия на окружающую среду. 6. Стимулирование использования возобновляемых источников энергии.
Закон "Об энергосбережении и энергоэффективности"	<ul style="list-style-type: none"> • Регламентирует меры по сокращению потерь энергии в процессе производства, транспортировки и потребления. • Определяет обязательные нормы энергоэффективности для предприятий и зданий. • Вводит систему энергоаудита и энергетических паспортов. • Стимулирует внедрение энергосберегающих технологий. • Устанавливает контроль за соблюдением стандартов энергоэффективности. • Включает меры по экономическому стимулированию энергосбережения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рациональное и экономически обоснованное использование энергии. 2. Применение энергоэффективных технологий. 3. Экономическое стимулирование энергосбережения. 4. Государственный контроль и мониторинг потребления энергии. 5. Информирование и вовлечение общественности в процесс энергосбережения.

	<ul style="list-style-type: none"> • Регулирует вопросы сертификации энергосберегающего оборудования. 	6. Снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет энергоэффективности.
Закон "Об использовании возобновляемых источников энергии"	<ul style="list-style-type: none"> • Устанавливает правовые и экономические основы для внедрения ВИЭ. • Определяет формы государственной поддержки проектов в области ВИЭ. • Регламентирует интеграцию ВИЭ в общую энергосистему. • Включает меры по сертификации объектов, работающих на ВИЭ. • Регулирует вопросы стимулирования научных исследований и разработок в сфере ВИЭ. • Определяет права и обязанности производителей и потребителей энергии из ВИЭ. • Создает условия для привлечения инвестиций в сектор ВИЭ. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приоритетное развитие возобновляемых источников энергии. 2. Государственная поддержка и стимулирование ВИЭ. 3. Снижение зависимости от ископаемого топлива. 4. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. 5. Создание благоприятных условий для инвесторов и производителей ВИЭ. 6. Развитие инновационных технологий в сфере ВИЭ.
Закон "О лицензировании отдельных видов деятельности"	<ul style="list-style-type: none"> • Устанавливает виды деятельности, требующие лицензирования в энергетическом секторе. • Определяет порядок получения, продления и аннулирования лицензий. • Устанавливает лицензионные требования и условия. • Вводит механизм государственного контроля за соблюдением лицензионных условий. • Устанавливает правовые меры ответственности за нарушение условий лицензии. • Регламентирует ведение государственного реестра лицензий. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прозрачность и доступность процесса лицензирования. 2. Соблюдение стандартов безопасности и качества. 3. Государственный контроль за лицензируемыми видами деятельности. 4. Защита интересов государства и потребителей. 5. Соблюдение конкуренции и недопущение монополии. 6. Обеспечение устойчивости энергетической системы страны.

Закон "О безопасности гидротехнических сооружений"	<ul style="list-style-type: none"> • Определяет требования безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и ликвидации гидротехнических сооружений. • Устанавливает порядок мониторинга и контроля состояния объектов. • Обязывает собственников разрабатывать декларации безопасности. • Устанавливает механизмы предотвращения аварий и ликвидации их последствий. • Определяет меры по обеспечению надежности гидроэнергетических объектов. • Вводит государственный надзор за безопасностью сооружений. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гарантия безопасности населения и окружающей среды. 2. Превентивные меры по предотвращению аварий. 3. Государственный надзор и контроль. 4. Обязанность владельцев по обеспечению безопасности сооружений. 5. Прозрачность информации и отчетности по безопасности. 6. Финансовое обеспечение мероприятий по безопасности.
Водный кодекс Республики Таджикистан	<ul style="list-style-type: none"> • Устанавливает принципы владения, пользования и распоряжения водными ресурсами. • Определяет права и обязанности водопользователей. • Устанавливает меры по охране и рациональному использованию водных объектов. • Вводит требования по защите водных объектов от загрязнения и истощения. • Регламентирует водохозяйственную деятельность. • Определяет принципы интегрированного управления водными ресурсами. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вода – государственная собственность. 2. Приоритетное использование воды для питьевых нужд. 3. Комплексный и рациональный подход к управлению водными ресурсами. 4. Охрана водных объектов от загрязнения и истощения. 5. Экономическое стимулирование водосбережения. 6. Соблюдение прав водопользователей и ответственность за использование воды.

Источник: Составлено автором

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3 - Анализ законодательства Республики Таджикистан в сфере энергетики, включая его достоинства и недостатки, с учетом международных практик и современных вызовов:

Достоинства	Недостатки	Примечание
<p>- Устойчивый правовой фундамент для гидроэнергетики <u>Преимущества:</u> Законодательство чётко определяет гидроэнергетику как приоритетный сектор. Разработаны механизмы управления водными ресурсами, что является ключевым фактором для обеспечения энергетической безопасности. Государственная политика направлена на развитие крупных гидроэлектростанций (Нурекская ГЭС, Рогунская ГЭС), что способствует экспорту электроэнергии в соседние страны. <u>Пример:</u> Национальная стратегия развития до 2030 года подчеркивает значимость гидроэнергетики для экономического роста и регионального сотрудничества [2].</p>	<p>- Зависимость от гидроэнергетики и климатические риски <u>Проблемы:</u> Законодательство недостаточно учитывает климатические риски, такие как сезонные колебания водных ресурсов и последствия изменения климата. Отсутствуют эффективные механизмы адаптации к рискам засухи и водных кризисов, что может угрожать энергетической безопасности. Не предусмотрены достаточные меры для развития альтернативных источников энергии в неблагоприятные сезоны.</p>	<p><u>Рекомендации:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Разработать нормативные акты, стимулирующие развитие солнечной и ветровой энергетики. • Внедрить системы управления водными ресурсами с учетом климатических изменений.
<p>- Государственная поддержка энергоэффективности и ВИЭ <u>Преимущества:</u> Разработка законов, стимулирующих использование возобновляемых источников</p>	<p>- Сложность административных процедур и инвестиционных барьеров <u>Проблемы:</u> Процедуры лицензирования и разрешительной деятельности сложны и</p>	<p><u>Рекомендации:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ввести механизм «единого окна» для иностранных и частных инвесторов.

<p>энергии (ВИЭ), таких как солнечная и ветровая энергетика.</p> <p>Принятие закона об энергосбережении и энергоэффективности, который вводит механизмы контроля и учета энергопотребления.</p> <p>Государственные программы субсидирования энергоэффективных технологий, в том числе в социальной сфере (больницы, школы).</p> <p><i>Пример: Закон "Об энергосбережении и энергоэффективности" предусматривает обязательный энергоаудит для крупных предприятий.</i></p>	<p>непрозрачны, что затрудняет привлечение частных инвесторов.</p> <p>Бюрократические барьеры и коррупционные риски ограничивают развитие сектора ВИЭ.</p> <p>Неясность в распределении ответственности между различными государственными ведомствами.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Обеспечить упрощение регуляторных процедур и прозрачность принятия решений.
<p>- Региональная интеграция и экспорт электроэнергии</p> <p><u>Преимущества:</u></p> <p>Законодательство поддерживает участие Таджикистана в международных энергетических проектах, таких как CASA-1000 (экспорт электроэнергии в Афганистан и Пакистан).</p> <p>Установлены правовые рамки для межгосударственного сотрудничества в энергетической сфере.</p> <p>Выгодное географическое положение страны используется для трансграничной передачи электроэнергии.</p>	<p>- Низкий уровень внедрения энергоэффективных технологий</p> <p><u>Проблемы:</u></p> <p>Законодательство об энергоэффективности носит декларативный характер и слабо применимо на практике.</p> <p>Отсутствуют четкие механизмы экономического стимулирования энергоэффективности в частном и промышленном секторах.</p> <p>Энергоаудит в большинстве случаев проводится формально, без реального мониторинга.</p>	<p><u>Рекомендации:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Усилить контроль за соблюдением стандартов энергоэффективности. • Ввести систему налоговых льгот для предприятий, внедряющих энергосберегающие технологии.
<p>- Контроль и регулирование деятельности в энергетическом секторе</p> <p><u>Преимущества:</u></p>	<p>- Недостаточная цифровизация и мониторинг энергосистем</p> <p><u>Проблемы:</u></p>	<p><u>Рекомендации:</u></p>

<p>Законодательство чётко регулирует порядок лицензирования деятельности в области энергетики, обеспечивая прозрачность для бизнеса.</p> <p>Введены механизмы государственного контроля за безопасностью гидротехнических сооружений.</p> <p>Регулируются тарифы и инвестиционные обязательства для энергетических компаний.</p> <p><i>Пример: Закон "О лицензировании отдельных видов деятельности" устанавливает строгие требования к субъектам в энергетическом секторе.</i></p>	<p>Отсутствие законодательной базы для внедрения интеллектуальных систем учета энергии (smart grids, smart meters).</p> <p>Низкий уровень цифровизации систем управления энергосетями.</p> <p>Неэффективное использование данных для прогнозирования спроса и предложения электроэнергии.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Разработать законопроекты, регулирующие внедрение цифровых технологий в энергетический сектор. • Ввести обязательное использование интеллектуальных счетчиков для крупных потребителей.
<p>-</p>	<p>- Ограниченные возможности для привлечения ГЧП (государственно-частного партнерства)</p> <p><u>Проблемы:</u></p> <p>Недостаточная правовая защита инвесторов, что делает участие частного сектора в крупных энергетических проектах рискованным.</p> <p>Отсутствие конкретных механизмов по обеспечению гарантий возврата инвестиций в секторе ВИЭ.</p> <p>Ограниченное участие международных финансовых организаций в проектах ГЧП.</p>	<p><u>Рекомендации:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Разработка новой правовой базы для привлечения ГЧП в энергетике. • Обеспечение государственных гарантий и субсидий для частных инвесторов.

Источник: Составлено автором



**ФИЛИАЛИ «НЕРУГОҶИ НОРАК»-и
ЧАМЪИЯТИ САҲОМИИ КУШОДАИ «БАРКИ ТОЧИК»**

735300, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Норақ тел: 2-13-80, 2-14-11
факс: 2 -13 -80 E-mail: nurekges_07@mail.ru

№ 6.1/132 аз «21» 08 соли 2024.
Ба № _____ аз « _____ » _____ соли 2024.

СПРАВКА

о внедрении результатов диссертационной работы Саидовой Шахло Нуруллоевны на тему: «Энергетическая безопасность Республики Таджикистан в условиях современных климатических тенденций», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD)

Настоящим руководство Нурекской ГЭС сообщает, что в условиях изменения климата, которое выражается увеличением температуры в летний период, снижением количества осадков и, как следствие, формированием угроз водообеспеченности гидроэлектростанций и энергетической безопасности страны выполненное исследование Саидовой Ш. Н. направлено на обеспечение энергетической безопасности страны.

Научные результаты, полученные Саидовой Ш. Н. представляют практический интерес в плане их использования в управлении Нурекской ГЭС в целях повышения ее эффективности, а именно:

- оценка экономического ущерба, нанесенного холостыми сбросами воды;
- потери воды в результате повышения интенсивности ее испарения с зеркала водохранилища и соответственно недовыработка электрической энергии;
- индексы климатической уязвимости территории Таджикистана, в том числе города Нурека;
- обоснованные меры по повышению уровня энергетической безопасности страны, повышению финансовой устойчивости ГЭС и в целом энергетической компании;
- методика анализа рисков, связанных с изменением гидрологических режимов, включая процессы заиливания водохранилища, и рекомендации по адаптации гидроэнергетики к климатическим изменениям;
- предложенные экономические механизмы, стимулирующие рациональное потребление электроэнергии, в том числе через гибкие тарифные схемы для промышленности и населения.

Использование вышеотмеченных результатов научного исследования на

современных климатических тенденций» обеспечивает повышение эффективности работы Нурекской ГЭС, рациональное использование ее установленной мощности в сезонных условиях, снижение водных потерь и в целом устойчивость энергетической системы страны перед вызовами изменяющегося климата.

Директор Нурекской ГЭС



Шоиддинов Ф. Т.



**ВАЗОРАТИ ЭНЕРГЕТИКА
ВА ЗАХИРАҶОИ ОБИ ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН**

734064, ш. Душанбе, кӯчаи Шамсӣ 5/1
Тел: +992 37 235 35 66, Факс: +992 37 236 03 04
E-mail: info@mewr.tj, Web: www.mewr.tj

аз «19» 02 соли 2015 № 11-344
ба № _____ аз «__» _____ соли 20__

Справка

о внедрении результатов диссертационной работы Саидовой Шахло Нуруллоевны на тему: «Энергетическая безопасность Республики Таджикистан в условиях современных климатических тенденций», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 06D 0506007 – промышленности и энергетики

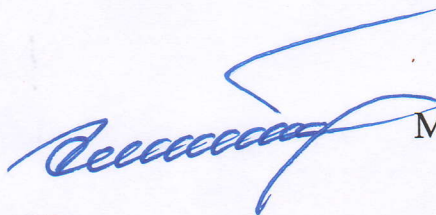
Удостоверяем, что результаты диссертационной работы Саидовой Шахло Нуруллоевны на тему «Энергетическая безопасность Республики Таджикистан в условиях современных климатических тенденций», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD), будут использованы в деятельности Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан при разработке стратегических программ обеспечения энергетической безопасности.

Особый интерес для соответствующих служб Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан представляют разработанные Саидовой Ш. Н. методологические подходы к обеспечению энергетической безопасности страны, включающие:

- математическую модель расчёта индекса энергетической безопасности Республики Таджикистан, которая позволяет количественно и качественно оценить уровень энергетической устойчивости страны, выявить уязвимые сектора и прогнозировать развитие энергетической системы в условиях различных сценариев;
- обоснованные расчетами рекомендации по повышению эффективности использования установленной мощности ГЭС;
- оценку уязвимости энергетической безопасности к изменению климата, включая влияние экстремальных погодных условий, колебаний водных ресурсов на гидроэнергетический потенциал и необходимость адаптационных мер;
- результаты анализа тарифной политики с учетом факторов устойчивого энергоснабжения, доступности электроэнергии для населения и стимулирования инвестиций в энергетическую инфраструктуру.

Настоящий справка подтверждает, что практическое применение данных решений способствует оптимизации управления энергетическими ресурсами, снижению потерь электроэнергии, обеспечению стабильности тарифов и повышению устойчивости энергосистемы к внешним и климатическим вызовам.

Заместитель Министра

A stylized handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke.

М. Сафарзода



**ВАЗОРАТИ РУШДИ ИҚТИСОД ВА
САВДОИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН**

734002, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи Бохтар 37

тел./факс: (+992 37) 227-34-34; 221-94-63; www.medt.tj, info@medt.tj

№ 11/2-178 аз 27 02 25

СПРАВКА

**об использовании методологических и методических положений
диссертационной работы Саидовой Ш.Н. на тему: «Энергетическая
безопасность Республики Таджикистан в условиях современных
климатических тенденций»**

Министерство экономического развития и торговли Республики Таджикистан настоящим удостоверяет, что методологические и методические положения диссертационной работы Саидовой Шахло Нуруллоевны на тему "Энергетическая безопасность Республики Таджикистан в условиях современных климатических тенденций", представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 06D 0506007 – промышленности и энергетики, представляют научный и практический интерес.

Полученные результаты выполненного Саидовой Ш.Н. научного исследования представляют практическую ценность и рекомендованы соответствующим подразделениям Министерства экономического развития и торговли Республики Таджикистан к использованию в практике государственного управления отраслью, а именно:

- 1) Методы анализа влияния климатических факторов на энергетическую безопасность и устойчивое развитие экономики;
- 2) Оценка экономических рисков в энергетическом секторе, связанных с изменением климата и их влияние на стратегическое планирование;
- 3) Рекомендации по совершенствованию экономической политики с учётом обеспечения энергетической устойчивости;
- 4) Анализ инвестиционной привлекательности энергетического сектора и разработка стратегий стимулирования устойчивых инвестиций.

Данный документ свидетельствует о том, что предложенные научные разработки нашли своё применение в практике стратегического планирования, а их использование способствует формированию эффективной экономической политики, ориентированной на энергетическую устойчивость и адаптацию к климатическим вызовам.

**Заместитель министра
экономического развития
и торговли
Республики Таджикистан**

Нуриддинзода А.Н.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика М.С. Осими

734042, Душанбе, просп. академиков Раджабовых, 10, Тел.: (+992 37) 221-35-11, Факс: (+992 37) 221-71-35,
E-mail: ttu@ttu.tj, Web: www.ttu.tj

от «14» 03 2025г. № 27/289
на № _____ от «__» _____ 2025г.

В ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ
6D. КОА-015

СПРАВКА

об использовании теоретико-методических положений, методик, экономических и организационных механизмов диссертационной работы Саидовой Ш.Н. на тему: «Энергетическая безопасность Республики Таджикистан в условиях современных климатических тенденций», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) - доктора по специальности 6D050607 - «Экономика промышленности и энергетики»

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими настоящим подтверждает, что результаты диссертационного исследования Саидовой Ш.Н. на тему: "Энергетическая безопасность Республики Таджикистан в контексте современных климатических тенденций", включающие:

- теоретические основы, авторскую трактовку понятия «энергетическая безопасность», методику оценки влияния климатических изменений на гидроэнергетику и устойчивое развитие энергетической инфраструктуры в целом, научно обоснованные и подтвержденные конкретными расчетами рекомендации по обеспечению энергетической безопасности, эффективному управлению водно-энергетическими ресурсами;

- разработанные рекомендации и аналитические материалы, включая направления и угрозы цифровизации энергетического сектора, математическую модель расчёта индекса энергетической безопасности Республики Таджикистан;

- детальный обзор научных исследований зарубежных и отечественных ученых в области энергетической безопасности, методов управления ею, зарубежный опыт адаптации энергетической инфраструктуры к изменению климата включены в лекционные курсы и практические занятия образовательных программ подготовки инженерных и инженерно – экономических кадров в области энергетики, экономики и организации энергетического производства, производственного менеджмента, а также соответствующих программ магистратуры и докторантуры.

ПЕРВЫЙ ПРОРЕКТОР



МАДЖИДЗОДА Т. С.

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

Государственное учреждение "Высшая
аттестационная комиссия при Президенте
Республики Таджикистан"

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ЭКСПЕРТ

Автор работы: САИДОВА ШАХЛО НУРУЛЛОЕВНА
Самоцитирование
рассчитано для: САИДОВА ШАХЛО НУРУЛЛОЕВНА
Название работы: САИДОВА ШАХЛО НУРУЛЛОЕВНА-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ
Тип работы: Кандидатская диссертация
Подразделение:

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	99.99%	СОВПАДЕНИЯ	9.99%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	0.01%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	90.01%
ЦИТИРОВАНИЯ	0%	ЦИТИРОВАНИЯ	0%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%
ИИ-КОНТЕНТ	0%		

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 21.10.2025 09:27

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 21.10.2025

Структура документа:

Проверенные разделы: основная часть с.1-38, 62-103, выводы с.38-62

Модули поиска:

Перефразирования по коллекции IEEE; Коллекция НБУ; Рувики; Диссертации НББ; СПС ГАРАНТ: аналитика; Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Переводные заимствования; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Профессиональная лексика; Медицина; Издательство Springer Nature; Переводные заимствования IEEE; ИПС Адилет; IEEE; Цитирование; Патенты СССР, РФ, СНГ; Публикации РГБ; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Публикации eLIBRARY; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; СМИ России и СНГ; Сводная коллекция ЭБС; Переводные заимствования по коллекции Интернет в р...

Работу проверил: Ёров М. Р.

ФИО проверяющего

Дата подписи:

Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

Государственное учреждение "Высшая
аттестационная комиссия при Президенте
Республики Таджикистан"

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ЭКСПЕРТ

Автор работы: САИДОВА ШАХЛО НУРУЛЛОЕВНА
Самоцитирование
рассчитано для: САИДОВА ШАХЛО НУРУЛЛОЕВНА
Название работы: САИДОВА ШАХЛО НУРУЛЛОЕВНА-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ
Тип работы: Автореферат кандидатской диссертации
Подразделение:

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	<div><div></div></div>	89.21%	СОВПАДЕНИЯ	<div><div></div></div>	12.87%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	<div><div></div></div>	10.79%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	<div><div></div></div>	87.13%
ЦИТИРОВАНИЯ	<div><div></div></div>	0%	ЦИТИРОВАНИЯ	<div><div></div></div>	0%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	<div><div></div></div>	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	<div><div></div></div>	0%
ИИ-КОНТЕНТ	<div><div></div></div>	0%			

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 30.10.2025 12:11

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 30.10.2025

Структура документа: Проверенные разделы: основная часть с.1-17, 20, выводы с.17-19

Модули поиска: Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Шаблонные фразы; Коллекция НБУ; Публикации eLIBRARY; Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Рувики; Диссертации НББ; Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Публикации РГБ (переводы и перефразирования); Переводные заимствования; Профессиональная лексика; Медицина; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Патенты СССР, РФ, СНГ; СМИ России и СНГ; Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; IEEE; Публикации РГБ; Переводные заимствования IEEE; Кольцо вузов; ИПС Адилет; СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирования по коллекци...

Работу проверил: Ёров М. Р.

ФИО проверяющего

Дата подписи:

Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.