



Внешнеполитические риски для связности электроэнергетической системы России

id А.А. Сизов

АО «Ленинградская областная электросетевая компания»

Статья посвящена анализу внешнеполитических рисков для трансграничной связности электроэнергетической системы России и стратегий институциональной и технологической адаптации к этим рискам. Концептуальной основой служит современное понимание энергетической безопасности как низкой уязвимости жизненно важных энергосистем. Эмпирически рассмотрены три вектора связности: европейский (десинхронизация БРЭЛЛ и автономизация калининградской подсистемы), евразийский (трансформации в Центральной Азии, формирование общего электроэнергетического рынка ЕАЭС, проекты «Север – Юг») и восточный (экспорт в КНР, технологическое сотрудничество, перспективы каспийских и ближневосточных маршрутов), а также сквозные риски – санкционные, кибернетические и военно-диверсионные. Показано, что трансграничная связность имеет двойственный характер: увеличивая техническую устойчивость за счёт масштаба и взаимной помощи, она одновременно формирует каналы политического давления и угрозу каскадных сбоев. Уязвимости дифференцируются по референтным объектам (государство, регионы, отраслевые сегменты) и ценностям (надёжность снабжения, экономическая эффективность, geopolитическое влияние). Портфель адаптационных мер включает повышение автономности критических узлов (островные режимы, резервирование), институционализацию связности в формате «дружественных» объединений (ЕАЭС, южные и восточные перетоки), диверсификацию партнёров и снижение импортозависимости в ключевых технологиях, а также усиление кибер- и физической защиты инфраструктуры. Теоретический вклад состоит в уточнении рамки уязвимости применительно к разветвлённой энергосистеме; практический – в обосновании баланса между интеграцией и изоляцией как принципа управления рисками в условиях геополитической турбулентности.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, трансграничная интеграция энергосистем, энергетическая геополитика, устойчивость критической инфраструктуры, евразийский электроэнергетический рынок, санкционные риски, киберугрозы в энергетике

Сложность и комплексность энергетики позволяет говорить о целой системе, которая отвечает за функционирование и связность современной экономики и государства в целом. Энергосистема представляет собой сложный технический комплекс, предназначенный для производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии. Она объединяет генерирующие станции, электрические сети, трансформаторные подстанции и системы управления, обеспечивая надёжное и экономичное снабжение потребителей электроэнергией (Воропай, Стенников 2014; Bhattacharyya, Timilsina 2010).

Электроэнергетическая система России исторически формировалась как часть единой энергосети Евразии, унаследованной от СССР, и остаётся связанными линиями электропередачи с соседними государствами. Такая связанность энергосистемы приносит как преимущества (повышение надёжности, возможности экспорта/импорта электроэнергии), так и создаёт уязвимости перед внешнеполитическими факторами. В последние годы геополитические изменения – от стремления соседних стран интегрироваться в энергосети Европейского союза до международных конфликтов и санкций – поставили под вопрос устойчивость и безопасность российской энергосистемы в условиях трансграничной связности. Это породило научный и практический интерес к внешнеполитическим рискам, связанным с межгосударственной интеграцией электрических сетей, и к тому, как Россия адаптируется к этим рискам.

Понятие энергетической безопасности служит теоретической основой для анализа указанных проблем. В классическом подходе энергетическая безопасность часто описывалась через концепцию «четырёх А» (availability, accessibility, affordability, acceptability) – доступность ресурсов, их приемлемость и пр. Однако такой подход оказался недостаточным для комплексного анализа новых вызовов. Современное определение, предложенное Алегом Черпом и коллегами, фокусируется на уязвимости энергетических систем: энергобезопасность – это «низкая уязвимость жизненно важных энергосистем». (Cherp, Jewell 2014)

Жизненно важные энергосистемы включают ресурсы, инфраструктуру и потребление, связанные потоками энергии и поддерживающие критически важные функции общества. Такой подход предполагает выяснение трёх ключевых вопросов: «безопасность для кого? безопасность каких ценностей? и от каких угроз?» (Cherp, Jewell 2014). Отвечая на них, можно определить, какие элементы энергосистемы критически важны для страны, и оценить их уязвимость к внешним воздействиям. Применительно к теме это означает: чья безопасность ставится под угрозу при внешнеполитических потрясениях – государства, общество, отдельных регионов? Какие ценности и интересы затрагиваются – экономическое благополучие, политическое влияние, устойчивое энергоснабжение? От каких внешних угроз (например, от действий иностранных государств, международных конфликтов, трансграничных аварий) требуется защитить энергосистему?

В научной литературе отмечается, что трансграничные энергосети всё больше переплетаются с geopolитикой. Так, К. Вестфаль и соавторы указывают, что электрические сети создают особые политico-экономические пространства и сферы влияния, хотя их geopolитическое значение долгое время недооценивалось (Westphal, Pastukhova, Pere 2022). Концепция «сообщества сетей» (*grid communities*) подчёркивает, что государства, объединённые синхронной сетью, обречены на «общую судьбу» в вопросах электроснабжения, безопасности и благосостояния (Westphal, Pastukhova, Pere 2022). С одной стороны, более широкая интеграция сетей даёт технические плюсы – повышает устойчивость системы за счёт эффекта масштаба и взаимной помощи при дефиците мощности. С другой, такая взаимозависимость может стать источником политических рисков шантажа и давления. Как отмечает исследование К. Вестфаль и соавторов, «межсистемный электрический интерконнектор... может нести geopolитические риски; [его могут] использовать в качестве своего рода политического шантажа». В отличие от торговли нефтью и газом, где обычно есть асимметрия «поставщик – потребитель», обмен электроэнергией носит более взаимный характер (электричество физически течёт в обе стороны). Тем не менее степень уязвимости государства зависит от того, насколько его собственная энергосистема способна работать автономно при отключении интерконнектора (т. е. соблюдение принципа N-1) (Westphal, Pastukhova, Pere 2022). Если какая-то страна критически зависит от импорта электроэнергии по одной линии, то эта зависимость может быть использована внешними силами как рычаг давления.

Исходя из изложенного, исследовательский вопрос данной работы формулируется так: какие внешнеполитические риски возникают из-за связности (международной интегрированности) электрической энергосистемы России, и как Российская Федерация адаптируется к этим рискам? Для ответа на этот вопрос в статье проведён анализ различных направлений международной электрической связности России (европейского, постсоветского евразийского, восточноазиатского), выявлены основные типы рисков (геополитические, технологические, военные и др.) и рассмотрены меры адаптации и реагирования, предпринимаемые российским государством и энергетическим сектором.

Методологически исследование опирается на междисциплинарный подход: рамка энергетической безопасности Черпа используется для концептуализации угроз и уязвимостей, а анализ кейсов – для изучения конкретных ситуаций и ответных стратегий. В качестве кейсов рассматриваются, прежде всего, последние события: десинхронизация энергосистем стран Балтии с Россией, трансформации интегрированной энергосистемы в Центральной Азии, перераспределение энергетических связей России в условиях санкций и поворота на Восток.

Развитие энергосистемы России

Становление энергосистемы России прошло несколько ключевых этапов, отражающих технологический прогресс и экономические преобразования в стране. Первые шаги в создании централизованного энергоснабжения были сделаны в конце XIX в., когда в крупных городах появились локальные электростанции постоянного тока. В 1886 г. была запущена первая в России центральная электростанция на Берсеневской набережной в Москве, а к 1913 г. суммарная мощность электростанций Российской империи достигла 1,141 млн кВт (Симонов 2017, 2022).

Переломным моментом стало принятие в 1920 г. плана ГОЭЛРО (Государственная электрификация России), ставшего первым в мире комплексным планом развития национальной энергетики. В этот период были сооружены такие знаковые объекты, как Волховская ГЭС (1926), Днепрогэс (1932) и первые теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), что позволило создать основу для формирования региональных энергосистем¹. В послевоенный период начался процесс объединения энергосистем в единую энергосистему (ЕЭС) европейской части СССР. В 1956 г. была создана первая в мире межгосударственная объединенная энергосистема «Мир» с участием стран социалистического лагеря². К 1970-м гг. завершилось формирование ЕЭС СССР, включавшей 11 объединённых энергосистем, соединённых линиями электропередачи напряжением 220–500 кВ. В этот период были построены уникальные объекты инфраструктуры: первая в мире линия электропередачи постоянного тока напряжением 800 кВ Волгоград – Донбасс (1965), атомные электростанции (первая промышленная АЭС – Обнинская, 1954)³.

Планировалось объединение энергосистем Сибири и Дальнего Востока с Уралом и Центром страны за счёт строительства ЛЭП сверхвысокого напряжения. Целью было не просто технологически объединить энергосистему, но получить возможность резко наращивать маневренный резерв мощности системы и возможности регулирования частоты, более оптимально сбалансировать загрузку станций всех типов. Кроме того, более дешевая энергия сибирских ГЭС могла бы поступать к центрам потребления на запад страны. В свою очередь, связность энергосистем обеспечивала бы и надёжность снабжения сибирских потребителей.

¹ ГОЭЛРО: Доклад о результатах работы государственной комиссии по электрификации России (Гоэлро). URL: https://istmat.org/files/uploads/29115/plan_goeiro_doklad.pdf (дата обращения: 05.12.2025).

² 1962 г. Создание крупнейшей на планете энергосистемы «Мир». *Системный оператор Единой энергетической системы*. URL: <https://www.so-ups.ru/memorial-day/history-event/news/12996/> (дата обращения: 05.12.2025)

³ Появление оперативно-диспетчерского управления как особой дисциплины в электроэнергетике (1921–2002 гг.). *Системный оператор Единой энергетической системы*. URL: <https://www.so-ups.ru/about/history/1921-2002/> (дата обращения: 05.12.2025)

Для решения этой задачи долгое время не существовало адекватных технологий. ЛЭП протяжённостью тысячи километров требуют самых передовых технических решений. Лишь в 1980-х гг. советскими инженерами была спроектирована и построена уникальная для своего времени линия электропередач 1150 кВ Итат – Барнаул – Экибастуз – Кокчетав – Кустанай – Челябинск. Прорабатывались и дополнительные линии аналогичного класса. Этот проект так и не был завершён, подстанции в Итате и Челябинске не достроены, а линия до сих пор используется на напряжении 500 кВ (Павлушкин, Опадчий 2012).

Важной вехой развития энергосистемы России является создание в 1992 г. РАО «ЕЭС России», которое в 2000-х гг. провело масштабную реформу отрасли, включавшую разделение естественно-монопольных (сетевые компании) и конкурентных (генерация, сбыт) секторов. В 2008 г. РАО «ЕЭС» было ликвидировано, а его активы перешли к новым компаниям: «ФСК ЕЭС», «Холдинг МРСК», «СО ЕЭС» и другим. В 2000-е гг. помимо традиционных государственных компаний в Сибири начали активно развивать промышленность частные корпорации. Укрупнившаяся вокруг «Русала» отечественная алюминиевая промышленность обрела контроль над местными ГЭС и энергокомпаниями региона, а СУЭК консолидировал угольную энергетику. К 2012 г. идея объединения ОЭС Сибири и ОЭС Урала вновь стала актуальной. Предполагалось за счёт выдачи мощности сибирских ГЭС и угольных станций (как существующих, так и вновь построенных) обеспечить значительный переток мощности на запад России. Помимо дешевизны сибирской электроэнергии, это позволило бы сократить и объём газа, сжигаемого электростанциями ОЭС Урала и Центра (Сидоровнина 2015). В свою очередь, это позволило бы «Газпрому» продавать больше газа в Европу без дорогостоящего освоения новых месторождений. Для реализации проекта требовалась значительная государственная финансовая поддержка, в первую очередь за счёт обеспечения сетевого строительства. В течение десяти следующих лет идея трансформировалась в развертывание в Сибири энергоёмких производств на базе вновь построенных и существующих ГЭС. Однако и эти проекты остаются не реализованными.

Энергосистема России разделена на семь крупных элементов, которые называются объединёнными энергосистемами (ОЭС), и технологически изолированные регионы Камчатки, Чукотки, Сахалина и Магадана⁴. Но две из семи ОЭС (ОЭС Сибири и ОЭС Востока) имеют очень слабые электрические связи с соседними регионами и между собой. Перетоки энергии из Сибири на Урал ограничены величиной в 2 ГВт, а связь между ОЭС Сибири и Востока осуществляется через вставку постоянного тока на подстанции «Могоча» (Забайкальский край) пропускной способностью всего около 100 МВт. ОЭС Востока

⁴ ЕЭС 2023. Единая энергетическая система России. Системный оператор Единой энергетической системы. URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/ups/ups2025/> (дата обращения: 05.12.2025)

является отдельной синхронной зоной, то есть совокупностью её энергосистем поддерживается отличная от остальной энергосистемы России частота электрического тока (Бердышев и др. 2023). Фактически Сибирь и Дальний Восток России представляют собой отдельные, причём растущие энергосистемы. Продолжает расти нагрузка, строятся всё новые промышленные, коммерческие и гражданские объекты, развивается инфраструктура, дополняются планы по развитию регионов. Гидроэлектростанции играют большую роль в энергетическом балансе этих регионов. Они могли бы снабжать своей дешёвой энергией и соседние системы при наличии полноценной связи.

Последствия распада СССР ударили по перспективам развития Сибири. Были достроены несколько крупнейших ГЭС, но Сибирь и Дальний Восток страны так и оставались отрезанным от «большой земли» в плане энергетики. Стойки ГЭС сильно опередили рост нагрузки в регионе, а выдать имеющуюся мощность во «внешний мир» было просто невозможно из-за отсутствия ЛЭП нужной пропускной способности. ГЭС оказались «заперты» в своей локальной энергосистеме, а сетевое строительство для ряда из них до сих пор не завершилось. Наиболее ярким примером является Саяно-Шушенская ГЭС, которая до сих пор не может выдать всю свою мощность, 6,4 ГВт. Системный оператор ЕЭС России оценивает технологически невыпускаемый резерв мощности ОЭС Сибири на уровне не менее 6 ГВт. Резервы мощности ОЭС Востока полностью отрезаны от внешнего мира, при том что в регионе из-за фактического и прогнозируемого роста нагрузки необходимо строить всё новые и новые электростанции, не имея возможности пользоваться мощностями соседей. Сильно страдает и КИУМ (коэффициент использования установленной мощности – отношение фактически выработанной электроэнергии к тому количеству, которое было бы выработано, если бы электростанция работала с нагрузкой, соответствующей её установленной мощности) отечественных ГЭС, не превышающий скромный показатель 40%, в то время как хорошо связанные сетями с энергосистемой ГЭС Канады, Южной Америки и Африки приближаются к 58–60%.

Гидроэлектростанции являются источником дешёвой и экологически чистой электроэнергии, но условием для раскрытия их полного потенциала является подключение к единой сети и способность участвовать в регулировании параметров энергосистемы. Существующие проблемы с наличием линий электропередачи (ЛЭП) нужной мощности приводят к тому, что гидроэлектростанции оказываются «запертыми» в своем регионе и используются не на полную мощность. Российским энергетикам до сих пор не удалось получить устойчивое и контролируемое сечение Урал – Сибирь, выдача мощности сибирских ГЭС остаётся ограниченной, что влечёт за собой проблемы для развития энергетики сибирских регионов России. Избыток генерирующих мощностей являются только частью проблемы. Надёжное и бесперебойное энергоснабжение в крупных энергосистемах невозможно без мощных связей с соседями. В 2009 г. после

аварии на Саяно-Шушенской ГЭС потеря очень крупного объекта генерации не могла быть быстро компенсирована перетоком извне: остро не хватало пропускной способности сетей, в том числе той самой линии 1150 кВ через Казахстан. Возникла ситуация, когда при общем избытке генерирующих мощностей в стране Красноярский край испытал острый дефицит электроэнергии. Тогда длительных ограничений для потребителей удалось избежать благодаря наличию местной тепловой генерации и других ГЭС (Рисунок 1).

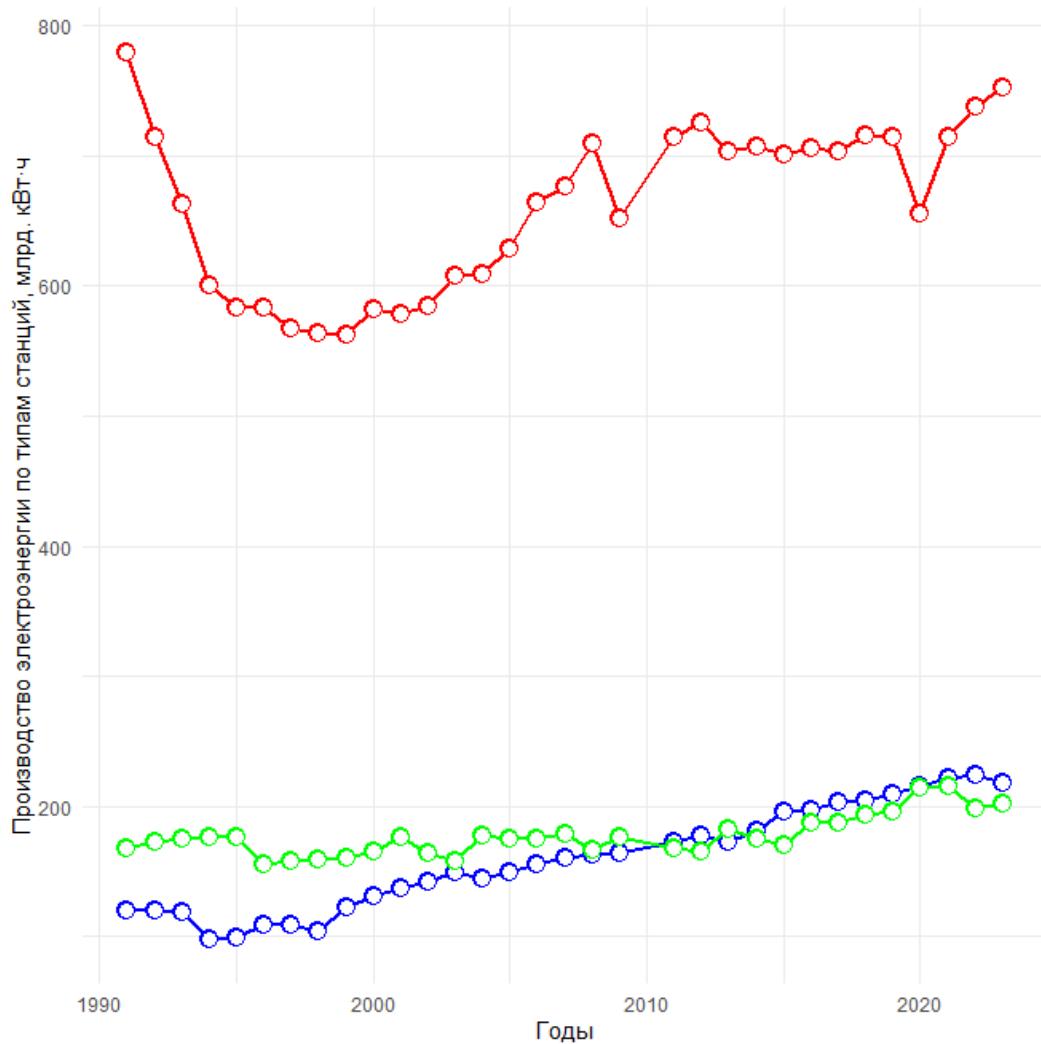


Рисунок 1. График производства электроэнергии по типам электростанций на основе данных EMIS

Figure 1. Graph of electricity production by power plant type based on EMIS data

Источник: составлено автором на основе: ЕМИС: Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicators/> (дата обращения: 05.12.2025).

Методология

Настоящее исследование выполнено в парадигме качественного кейс-анализа, комбинирующего элементы прикладного обзора и концептуального исследования. Базовая методологическая рамка – расширенное понятие энергетической безопасности (Cherp, Jewell 2014), фокусирующееся на уязвимости энергосистем. Это позволило операционализировать исследовательский вопрос следующей логикой: «*уязвимость каких систем, от каких внешних угроз и для каких акторов?*» Вначале были идентифицированы ключевые компоненты связанной энергосистемы России, имеющие внешнее измерение: межгосударственные линии электропередачи, синхронные зоны с участием России, экспортно-импортные потоки электроэнергии, а также критические объекты инфраструктуры, зависящие от внешних поставок технологий или энергии. Затем проведён сравнительный анализ нескольких кейсов:

1. Европейский кейс (Балтия и СНГ западного направления) – рассмотрены процессы десинхронизации БРЭЛЛ, отключение Украины и Республики Молдова от единой с Россией работы энергосетей, влияние санкций ЕС.
2. Евразийский кейс (Центральная Азия и ЕАЭС) – изменения в Единой энергосистеме Центральной Азии, участие России в проектах ЕАЭС по формированию общего электроэнергетического рынка, сотрудничество с Кавказом.
3. Восточный кейс (Китай и Азия) – текущий статус и планы по расширению экспорта электроэнергии в КНР, проекты соединения сетей через Монголию, сотрудничество с Ираном и другими странами Ближнего Востока.
4. Глобальные и технологические аспекты – угрозы кибератак на энергосистему извне, риски военных конфликтов и диверсий, внешние технологические и климатические вызовы.

Для каждого кейса собирались данные из научной литературы (рецензируемые статьи, обзоры, доклады аналитических центров). Кроме того, учитывались официальные документы и статистика: Энергетическая стратегия РФ, материалы Евразийской экономической комиссии о едином энергорынке, данные операторов энергосистем. Критическая проверка фактов осуществлялась путём сопоставления нескольких источников. Например, данные об объёмах экспорта электроэнергии сверялись с таможенной статистикой, а утверждения об испытаниях изолированной работы энергосистем – с сообщениями профильных министерств.

Результаты анализа кейсов позволяют выделить ключевые риски для российской энергосистемы и провести анализ рисков. В современной практике выделяют несколько ключевых методов анализа рисков, каждый из которых обладает особенностями и областями применения. Качественные методы ориентированы на описание и классификацию рисков без использования точных количественных показателей. Они включают экспертные оценки, мозговые

штурмы и анализ сценариев (Aven 2015). Исследование рассматривает внешнеполитические риски, под которыми понимаются угрозы, возникающие в результате взаимодействия государства с международной средой и негативно влияющие на экономику, безопасность и политическую стабильность.

Исследование содержит сетевой анализ российской энергосистемы. В технических науках системный подход стал основой системной инженерии – дисциплины, занимающейся проектированием и управлением сложными техническими системами. При создании авиакосмической техники, энергетических комплексов и транспортных систем обязательно учитываются системные взаимосвязи между компонентами (Fattah, Sijm, Faaij 2020). В социальных науках Талкотт Парсонс применил системный подход к анализу общества, рассматривая его как систему социальных действий. Современная социология использует системные модели для изучения социальных институтов, стратификации и процессов глобализации (Парсонс 1996). Анализ энергосистем как сложных систем особенно актуален в современных условиях. Системный подход позволяет рассматривать энергосистему как целостный объект, включающий генерацию, передачу, распределение и потребление энергии, а также внешние факторы – экономические, политические и экологические. Примером системного исследования может служить анализ устойчивости энергосистемы к внешним воздействиям, таким как климатические изменения или geopolитические кризисы. Рассматривается не только техническая инфраструктура, но и институциональные механизмы, рыночные регуляторы и социальные факторы (Холбаев, Шарибаев, Тулкинов 2020). Особую ценность системный подход представляет при проектировании «умных сетей» (Smart Grid), где традиционные компоненты энергосистемы интегрируются с цифровыми технологиями и распределённой генерацией.

Связность энергосистемы проанализирована с помощью алгоритма Гирвана-Ньюмана. Это иерархический метод, предназначенный для выявления структур сообществ в сложных системах (Newman 2007). Алгоритм выявляет сообщества, последовательно удаляя рёбра из исходной сети; связные компоненты, оставшиеся в сети, и являются сообществами. Степень посредничества вершин указывает на высокую центральность узла в сети. Для любого узла степень посредничества вершины определяется как количество кратчайших путей между парами узлов, проходящих через эту вершину. Степень посредничества вершин связана с моделями, где сеть определяет передачу товара между известными начальной и конечной точками, предполагая, что такая передача ищет кратчайший доступный путь. Показатель модулярности, используемый как мера разбиения сети на модули, продемонстрирует связность сети (Newman 2007). В качестве источников для построения сети использованы данные Системного оператора единой энергетической системы, содержащие данные о перетоках, прогнозируемом потреблении и пр.⁵.

⁵ Планирование развития энергосистем. Системный оператор Единой энергетической системы. URL: <https://www.so-ups.ru/future-planning/> (дата обращения: 05.12.2025)

Надёжность выводов обеспечивается триангуляцией источников (научные статьи, отраслевые данные, официальные комментарии) и привлечением концепций из смежных областей – теории международных отношений (для анализа политических мотивов отключений/интеграций) и инженерно-технических исследований по устойчивости энергосетей (для понимания физических аспектов риска). Ограничения метода заключаются в том, что ряд обсуждаемых сценариев носит прогнозный характер (например, потенциальные кибератаки) и основан на экспертных оценках, а не статистически значимых выборках. Тем не менее такой подход соответствует цели работы – дать комплексную научную картину внешнеполитических рисков для энергосистемы России и ответных мер, вписав её в существующий научный дискурс об энергетической безопасности.

Европейское направление: выход соседей из российской энергосистемы и его риски

Самый наглядный пример внешнеполитических рисков для российской энергосистемы – дезинтеграция с европейскими соседями. После десятилетий совместной работы в едином синхронном режиме (IPS/UPS) бывшие советские республики Прибалтики и Восточной Европы отключились от энергокольца с Россией и стали синхронизироваться с сетью континентальной Европы (ENTSO-E). Данное решение имело политические мотивы: желание снизить энергетическую зависимость от России и встроиться в европейское пространство. Для России же оно создает риски потери влияния и технические вызовы.

Энергокольцо БРЭЛЛ, соединявшее Беларусь, Россию, Эстонию, Латвию и Литву, до недавнего времени обеспечивало синхронную работу их сетей и обмен электроэнергией в аварийных ситуациях⁶. Доля российской электроэнергии в потреблении Балтии была существенной (около 10%) (Lazarczyk 2022). Однако на фоне обострения отношений после 2014 г. и особенно после 2022 г., страны Балтии ускорили план выхода. 8 февраля 2025 г. Эстония, Латвия и Литва официально отключились от БРЭЛЛ и прекратили параллельную работу с энергосистемой России и Беларуси⁷. С этого момента их сети работают автономно (до подключения к ENTSO-E через Польшу).

Данный шаг устранил прежнюю уязвимость Балтии – угрозу, что Россия использует их энергозависимость как средство давления. Ранее эксперты указывали, что до синхронизации с ЕС балтийские страны «подвержены риску отключения со стороны России, что могло бы вызвать скачок цен, перегрузки и даже блэкауты» (Lazarczyk 2022). В особых сценариях обсуждалась возможность

⁶ Отключение Эстонии, Латвии и Литвы от БРЭЛЛ прошло для Калининграда гладко. 2025. Янтарный край. URL: <https://kaliningradfirst.ru/352677> (дата обращения: 05.12.2025)

⁷ Захарова назвала отключение Прибалтики от БРЭЛЛ разрушением стран региона. 2025. РБК. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/67a8cfa59a79475489facf3c> (дата обращения: 05.12.2025)

преднамеренного отключения: например, российский оператор мог бы внепланово обесточить линии, оставив Балтию в изоляции до готовности к синхронной работе с ЕС (Fans 2023).

Для России уход Прибалтики тоже представлял риск, хотя и иного рода. Во-первых, теряется экспортный рынок электроэнергии. Прекращение торговли в 2022–2023 гг. из-за санкций и политических решений лишило российские генерирующие компании части выручки. Во-вторых, возник технический вызов – обеспечение автономной работы энергосистемы Калининградской области. Калининград – эксклав России, ранее технологически зависимый от БРЭЛЛ: через Литву шли линии, поддерживающие частоту и перетоки. Неподготовленный обрыв связи грозил дестабилизацией частоты и риском отключений в самом Калининграде (Lazarczyk 2022). Кроме того, режим «энергоострова» мог быть нестабильным без достаточных резервных мощностей. Таким образом, со стороны России главный риск заключался не в потере электроэнергии (Россия нетто-экспортёр, и её балтийские связи не были критичны для снабжения), а в угрозе надёжности изолированного региона и снижении энергетического влияния на соседей.

Предвидя выход Балтии, российские власти предприняли меры для минимизации рисков. В 2018–2020 гг. в Калининградской области были ускоренными темпами построены новые генерирующие мощности (четыре современных электростанции суммарной мощностью порядка 1 ГВт), способные полностью покрыть потребности региона автономно. Параллельно «Россети» и системный оператор провели серию испытаний работы Калининградской энергосистемы в изолированном режиме. По данным открытых источников, успешно проведены как минимум три теста автономной работы, самый длительный – 72 часа⁸. Это позволило отработать поддержание частоты без синхронизации с БРЭЛЛ и выявить узкие места. Интересно, что запланированные на 2022 г. дополнительные тесты были отменены, возможно, из-за геополитической обстановки. Тем не менее к 2024 г. Минэнерго РФ заявило о полной готовности Калининграда к выходу Прибалтики из кольца.

Главные внешнеполитические риски для связности энергосистемы РФ на европейском направлении связаны с потерей традиционно интегрированных частей сети и изменением конфигурации параллельной работы. Это приводит к падению экспортных доходов, снижению геополитического веса (энергетическое влияние на соседей уменьшается).

⁸ Baltic TSOs Postpone the Baltics' Power System Isolated Operation Test. [S. l.]. 2019. *Elering*. URL: <https://elering.ee/en/article/baltic-tso-postpone-baltics-power-system-isolated-operation-test> (accessed 05.12.2025)

Евразийское пространство: Центральная Азия, Кавказ и электрическая интеграция в рамках ЕАЭС

Второе ключевое направление – южные и восточные соседи России на постсоветском пространстве, прежде всего страны Центральной Азии, Закавказья, а также партнёры по Евразийскому экономическому союзу. Здесь картина рисков и адаптации более комплексна: с одной стороны, Россия заинтересована в сохранении и укреплении связей своих энергосетей с соседями (что усиливает взаимозависимость и влияние); с другой – существуют внешнеполитические риски фрагментации этих связей из-за внутренних конфликтов между третьими странами, а также конкуренции со стороны других крупных держав (Китая, ЕС).

В советский период республики Центральной Азии были объединены в Единую энергетическую систему Средней Азии (ЕЭС СА), работавшую синхронно внутри региона. Северный Казахстан тогда энергически был связан больше с Россией, а юг Казахстана и остальные республики – между собой и с центром в Ташкенте. После распада СССР эта интегрированная система начала распадаться под влиянием межгосударственных разногласий. В 1990-х – начале 2000-х гг. сначала Туркменистан, затем Узбекистан, а к 2009 г. и Таджикистан поочередно выходили из общего режима параллельной работы⁹. Узбекистан, обладавший центральным положением и крупнейшей генерацией, покинул объединённую энергосистему в 2009 г., во многом чтобы оказать давление на соседей по спорным вопросам водно-энергетических ресурсов. Этот шаг фактически положил конец функционированию региональной сети как единого целого, что имело негативные последствия прежде всего для энергодефицитных стран – Таджикистана и Киргизии. Они потеряли доступ к избыточным мощностям соседей в зимние пики и столкнулись с перебоями электроэнергии¹⁰. Тем не менее Россия сохраняла опосредованное влияние через двусторонние связи. С севером Казахстана российская сеть осталась синхронной, а через Казахстан осуществлялись точечные перетоки между РФ и южными республиками. Полностью изолированной центральноазиатская сеть не стала: Киргизия, Казахстан и Узбекистан продолжили частичную параллельную работу, регулируя перетоки через диспетчерский центр «Энергия» в Ташкенте.

⁹ Горбоконенко М. 2022. Как связаны энергосистемы Казахстана, Узбекистана и Кыргызстана. *Orda.kz*. URL: <https://orda.kz/kak-svijazany-jenergosistemy-kazahstana-uzbekistana-i-kyrgyzstana/> (дата обращения: 05.12.2025)

¹⁰ Томберг И.Р. 2012. Энергетика Центральной Азии: проблемы и перспективы. РСМД. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/energetika-tsentralnoy-azii-problemy-i-perspektivy/> (дата обращения: 05.12.2025)

С середины 2010-х гг. ситуация изменилась: в Центральной Азии наметилось понимание, что разделение сетей ослабляет всех участников. Особую роль сыграла смена политики Узбекистана после 2016 г. Новое руководство взяло курс на энергетическую кооперацию. К 2018–2019 гг. Узбекистан и Киргизия подписали соглашения о возобновлении параллельной работы, Туркменистан заявил о готовности экспортировать электроэнергию соседям, а Таджикистан – о присоединении к общим проектам. В 2019 г. Узбекистан официально вернулся в синхронный режим с Казахстаном и Киргизией, частично восстановив Объединённую энергосистему Центральной Азии. Эти подвижки рассматриваются как элементы более широкой инициативы – реактивации интегрированной сети.

Для России эти процессы несут двоякий эффект. С одной стороны, восстановление региональной синхронной работы открывает перспективу расширения параллельной зоны IPS/UPS на весь регион, что усилило бы системную устойчивость и создало возможности для российского экспорта электроэнергии дальше на юг. Уже сегодня через Казахстан россияне могут поддерживать перетоки в Среднюю Азию, особенно зимой в период дефицита. Кроме того, совместная работа сетей упрощает торговлю: например, поставки из Сибири в Казахстан и далее – в Узбекистан. С другой стороны, существует риск, что интеграция Центральной Азии пойдёт без решающей роли России или даже в обход её интересов. В регионе активно присутствует Китай, инвестируя в генерацию и ЛЭП, предлагая свои проекты линии «Азия – Юг». Также Запад (США, ЕС) продвигает проекты вроде CASA-1000 – линии постройки ЛЭП из Центральной Азии (Киргизия, Таджикистан) через Афганистан в Пакистан¹¹.

К главным рискам относится конкуренция инфраструктурных проектов. Например, CASA-1000 при поддержке США стремится интегрировать Таджикистан и Киргизию с южными рынками, ослабляя их нужду в координации с Россией. Аналитики отмечают, что у Узбекистана есть свои geopolитические мотивы интереса к CASA-1000 – получить прямой доступ к южноазиатскому рынку и стать хабом, опередив соседей. Для России это сигнал о потенциальной переориентации партнёров (Westphal, Pastukhova, Pepe 2022). Другой риск – технические сбои и дефициты, которые могут перекидываться через границы. Пример – массовое отключение электроэнергии 25 января 2022 г., затронувшее сразу Казахстан, Узбекистан и Киргизию¹². Причиной стал дисбаланс нагрузки в региональной сети, приведший к аварийному разделению системы. Этот случай показал, что при недостаточной координации и инвестициях в сеть

¹¹ Международный энергетический проект в Центральной и Южной Азии. CASA-1000. URL: <https://casa-1000.kg/> (дата обращения: 25.09.2025)

¹² Алешина М. 2022. Массовое отключение электричества произошло в Казахстане, Киргизии и Узбекистане. *Российская газета*. 25.01. URL: <https://rg.ru/2022/01/25/massovoe-otkliuchenie-elektrichestva-proizoshlo-v-kazahstane-kirgizii-i-uzbekistane.html> (дата обращения: 05.12.2025)

региональная связность может обернуться синхронным коллапсом, влияющим и на связанные сети Казахстана, и опосредованно России. В январской аварии север Казахстана, плотно связанный с Россией, избежал отключения благодаря тому, что электрообмен с РФ удерживал частоту¹³. Однако такой инцидент высветил необходимость модернизации и согласованного управления.

Стратегия России на этом направлении – укреплять интеграцию через институты и собственные инициативы. Центральным механизмом стала площадка Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Россия, Казахстан, Беларусь, Киргизия и Армения заключили Протокол о создании общего электроэнергетического рынка ЕАЭС. Планируется запуск этого общего рынка к 2025–2027 гг. после выработки единых правил торговли и доступа к сетям. Предполагается, что участники смогут свободно покупать/продавать электроэнергию друг другу, что повысит надёжность и экономическую эффективность использования генерирующих мощностей. Для России общий рынок означает сохранение лидирующей роли и институционализацию связности – превращение её в регулируемое пространство сотрудничества. Ожидается, что «создание общего электроэнергетического пространства укрепит энергетическую безопасность всех стран ЕАЭС» (Belyaev 2020).

Ещё одна адекватная инициатива – проект «Север – Юг». В 2019–2020 гг. Россия, Азербайджан и Иран подписали соглашение о разработке ТЭО по синхронизации своих энергосистем – т. н. Север – Юг энергетический коридор. Идея состоит в соединении энергосетей РФ и Ирана через Кавказ: через Азербайджан (и, возможно, Армению) создать трансрегиональную систему. Одновременно обсуждается и «Каспийское энергокольцо», которое связало бы Россию, страны Центральной Азии, Закавказье, Иран и Турцию. Эти амбициозные проекты преследуют сразу несколько целей. Во-первых, открыть для России новые рынки сбыта на юге (Иран, а через него – Пакистан, возможно, Индия). Во-вторых, усилить взаимозависимость с такими ключевыми партнёрами, как Иран (особенно на фоне общего противостояния санкциям). В-третьих, препятствовать сценарию, при котором стандарты межсетевого взаимодействия в Евразии устанавливаются без России (например, Китаем) (Belyaev 2020).

Кавказский узел тоже важен: Россия поддерживает электрические связи с Грузией и Азербайджаном. Несмотря на политическую напряжённость, существуют проекты кольца Россия – Азербайджан – Грузия, позволившего бы обмениваться мощностью между этими странами¹⁴. Азербайджан заинтересован

¹³ Нургалиев Д. 2022. Массовое отключение света вzbudorажило казахстанцев: что ждёт энергосистему страны в будущем. *Казахстанская правда*. URL: <https://kazpravda.kz/n/massovoe-otklyuchenie-sveta-vzbudorazhilo-kazahstanshetsev-chto-zhdet-energosistemu-strany-v-budushchem/> (дата обращения: 05.12.2025)

¹⁴ Продолжаются работы по созданию энергокольца Азербайджан – Грузия – Россия. 2019. Report. URL: <https://report.az/ru/energetika/prodolzhayutsya-raboti-po-sozdaniyu-energokolca-azerbaydzhan-gruziya-rossii> (дата обращения: 05.12.2025)

в импорте электроэнергии в зимние месяцы, Россия – в экспорте избыточной (особенно из Дагестана, где ГЭС). Грузия, хотя и стремится к взаимодействию с ЕС, также выигрывает от транзита и баланса между Турцией, Россией и Арменией.

Подводя итог по евразийскому направлению: ключевые риски – это фрагментация постсоветской энергосети из-за конфликтов или конкурирующих интеграционных проектов, а также технические риски в недостаточно модернизированной общей сети. Адаптация России выражается в стремлении институционализировать энергетическую интеграцию (ЕАЭС общий рынок), расширить её географически на юг (проекты Север – Юг, каспийское кольцо) и поддерживать двусторонние обмены там, где многосторонняя интеграция затруднена. Такие действия уменьшают уязвимость, так как переводят спонтанные зависимости в плоскость договорённостей и правил. Кроме того, Россия вкладывается в резервирование мощностей и сетей на своих границах (например, строит новые ЛЭП с Казахстаном, усиливает пропускную способность, чтобы гибче реагировать на перебои в ЦА). Это повышает устойчивость энергетической системы РФ перед потрясениями у соседей.

Восточное направление: энергосвязь с Китаем и Азиатско-Тихоокеанским регионом

После охлаждения отношений с Западом Россия провозгласила стратегический «поворот на Восток» в энергетике, в первую очередь ориентированный на Китай. Хотя нефть и газ находятся в центре этого поворота, электрическая энергетика тоже приобретает значение. Связанность с Китаем до сих пор ограничена: отсутствует синхронная работа (различие частоты и стандарты не позволяют), но существуют мощные линии постоянного тока для экспорта электроэнергии. Внешнеполитические риски и выгоды здесь несколько иные: не существует прямой опасности зависеть от Китая в плане импорта электроэнергии (Россия сама крупный производитель), однако есть риск экономической асимметрии и технологической зависимости при реализации крупных проектов.

На начало 2020-х гг. Россия экспортит в Китай относительно небольшие объёмы электроэнергии по меркам общей генерации, но они растут. Экспорт идёт в основном из Амурской области и Приморья в прилегающие провинции Китая. По данным торговой статистики, в 2023 г. экспорт электроэнергии из России в Китай составил ~\$143 млн (для сравнения: в Казахстан ~\$235 млн, в другие страны меньше)¹⁵. В физическом выражении это несколько миллиардов кВт/ч,

¹⁵ Electricity in Russia. 2022. *The Observatory of Economic Complexity*. URL: <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/electricity/reporter/rus> (accessed 05.12.2025)

то есть доли процента от производства России. Тем не менее тренд восходящий: после 2022 г. Россия стремится нарастить эти поставки, компенсируя прекращение торговли с Финляндией и Прибалтикой. Китай заинтересован в импорте электроэнергии на северо-восток страны, особенно экологически чистой (в перспективе – от российских ГЭС и АЭС), чтобы снижать угольную генерацию у себя. Тут возникает окно возможностей: энергосотрудничество укрепляет политические связи. В 2023 г. на высшем уровне обсуждались планы увеличить экспорт мощности в Китай, построив новые ВЛ до 500 кВ и конвертерные станции.

Риски во взаимодействии с Китаем носят главным образом стратегический и экономический характер. Во-первых, Китай – гораздо более мощный потребитель, и в двусторонних проектах диктует условия (цены, объёмы). Существует вероятность, что Россия вложится в инфраструктуру (новые электростанции на Дальнем Востоке, линии до границы), а Китай затем воспользуется монополией (положением единственного покупателя) для снижения цены закупки. Это может сделать проекты менее окупаемыми. Во-вторых, технологическая зависимость: высоковольтные линии постоянного тока, системы управления, преобразователи – всё больше поставляются из Китая. Уход западных фирм (Siemens, ABB) из России из-за санкций приводит к тому, что Китай становится основным поставщиком энергетического оборудования. С одной стороны, это помогает реализовать проекты, с другой – порождает новую зависимость от китайских технологий. Если предположить гипотетическое ухудшение отношений с КНР в будущем, российская энергосистема может столкнуться с нехваткой запчастей или поддержкой ПО китайского производства. Прямая физическая уязвимость российской энергосистемы от Китая сейчас минимальна, поскольку нет синхронной работы. Все соединения – через В2В-вставки (преобразовательные станции), что изолирует частоту. Таким образом, даже серьёзные аварии в сети одного государства не перекинутся на другого напрямую.

Важным шагом адаптации стало сотрудничество с Ираном и другими странами Ближнего Востока (о чём частично сказано выше). В 2022 г. объявлено, что произведена первичная синхронизация сетей России и Ирана через Кавказ. Идут работы по полноценному объединению четырёх стран: России, Ирана, Азербайджана и Армении¹⁶. Для России это возможность экспорттировать избыток летом (когда в Иране пик потребления от кондиционеров, а в России низкий спрос) и импортировать зимой (у Ирана зимой избыток, а у России пики нагрузки). Фактически создается обмен мощностями по сезонам между двумя несоприкасающимися странами через транзит. В geopolитическом плане это сближает Россию с Ираном и создаёт совместный блок энергосотрудничества, устойчивый к санкционному давлению Запада.

¹⁶ Iran to Synchronize Power Grids with Russia, Azerbaijan, Armenia Soon. 2022. *Tehran Times*. URL: <https://www.tehrantimes.com/news/478903/Iran-to-synchronize-power-grids-with-Russia-Azerbaijan-Armenia> (accessed 05.12.2025)

Таким образом, на восточном направлении Россия смещает фокус связности: с политически ненадёжных западных партнёров – на большие развивающиеся экономики Азии. Риски при этом касаются экономических условий и долгосрочной зависимости от одного рынка (китайского), но они менее острые по сравнению с прямыми политическими угрозами отключения. Меры адаптации включают: диверсификацию экспорта (по странам и по формату сделок – коммерческие сделки взамен политически обусловленных), развитие собственной технологической базы для ВЛ постоянного тока (чтобы снизить зависимость от китайских конвертеров), а также активное включение в региональные инициативы (например, участие России в создании азиатского энергетического кольца, чтобы задавать стандарты, а не только следовать им). В итоге связность российской энергосистемы трансформируется: она уже меньше интегрирована с Европой, но потенциально может сильнее интегрироваться с южными и восточными соседями на условиях, приемлемых для Москвы.

Прочие внешние угрозы: кибератаки, конфликты и санкции

Помимо структурных трансформаций трансграничных энергосвязей, существуют иные внешние угрозы, потенциально способные нарушить функционирование российской энергосистемы. Эти риски не всегда непосредственно связаны с межсистемной интеграцией, однако они происходят из международной обстановки и потому имеют прямое отношение к проблематике исследования.

Киберугрозы

В современном мире энергосистемы управляются автоматизированными системами (SCADA), которые могут стать мишенью кибератак со стороны других государств или негосударственных групп. Известны прецеденты: атаки вируса Stuxnet на иранские объекты, атаки на украинские облэнерго (2015, 2016) и пр. Российская энергосистема теоретически тоже уязвима для кибершпионажа и киберсаботажа. В 2019 г. американские СМИ сообщали, что США якобы внедрили вредоносные программы в российские энергосети в качестве предупреждения Москве (информация официально не подтверждена). Возможны сценарии, при которых во время серьёзного кризиса противник попытается вывести из строя оборудование (подстанции, генераторы) через цифровое воздействие. Это новый тип угрозы, который не связан с физическими интерконекторами, но является прямым следствием внешнеполитической конфронтации.

Россия адаптируется, усиливая кибербезопасность энергетического сектора. Созданы подразделения в Минэнерго и ФСБ, ответственные за защиту критической инфраструктуры. После 2022 г. эти усилия удвоены, учитывая рост напряжённости. Вводятся требования использовать отечественное программное обеспечение в энергокомпаниях, ограничивать удалённый доступ к сетевому оборудованию. Проводятся учения по отражению кибератак. Однако

полностью устраниить риск сложно из-за высокой сложности системы и вовлечения зарубежных компонентов в прошлом. Тем не менее укрепление киберустойчивости – ключевая адаптивная мера для снижения уязвимости энергосистемы перед внешними угрозами нетрадиционного характера. В терминах Черпа, это повышение устойчивости в дополнение к снижению экспозиции.

Военные действия и терроризм

Прямое разрушение энергетической инфраструктуры в ходе военных конфликтов стало реальностью на Украине. Хотя на территории собственно России подобных разрушений в крупных масштабах не происходило, некоторая часть приграничных сетей и объектов оказалась под ударом (например, обстрелы Белгородской области нарушили электроснабжение). Растущая милитаризация также повысила риск диверсий на объектах энергетики (теракты). Для России это означает необходимость физической защиты ЛЭП, подстанций, особенно в приграничных и стратегических районах. Адаптация: усиление ПВО вокруг критических электростанций, патрулирование линий, создание резервных схем питания на случай вывода из строя магистральных ЛЭП. Например, после повреждения линий на западе Белгородчины были быстро переключены резервные, минимизировав отключения.

Санкции и технологическая изоляция

Технологические риски – одни из опаснейших для энергосистемы России. Одним из наиболее существенных внешнеполитических рисков является уже-стечание санкционного режима, направленного на ограничение доступа России к высокотехнологичному оборудованию (Тимофеев 2022). Исторически российская энергетика зависела от импорта газовых турбин, силовых трансформаторов и систем автоматизированного управления, ключевыми поставщиками которых выступали компании из стран ЕС, США и Японии. Введение запретов на экспорт подобных технологий создаёт серьёзные трудности при строительстве новых и модернизации существующих энергообъектов. Санкционные режимы оказывают негативное влияние на развитие энергетической отрасли, причём это касается как секторальных, так и персональных санкций. Ограничения, направленные на смежные области (топливный сектор, санкции в сфере информационных технологий), также оказывают влияние на энергетику ввиду её комплексности. Санкции осложняют решение задач долгосрочного развития нефтегазовой отрасли: Запад запрещает поставки в Россию оборудования, необходимого для эксплуатации новых месторождений, в том числе в Арктике и Западной Сибири (Сидорова 2016).

Европейские ограничения, введённые в рамках последовательных пакетов санкций, предусматривают запрет на поставки энергетического оборудования (Клинова, Сидорова 2014). Американские ограничения по линии Министерства финансов (OFAC) и Министерства торговли (BIS) включают российские

энергетические компании в SDN-листы и устанавливают экспортные ограничения по EAR (Export Administration Regulations)¹⁷. Особую проблему представляют включение в санкционные списки ключевых производителей энергетического оборудования, таких как Siemens Energy и General Electric, что фактически блокирует доступ к оригиналам запчастям и сервисному обслуживанию ранее поставленного оборудования. Например, уже возникали сложности с обслуживанием турбин Siemens, используемых на ряде российских ТЭС, что потребовало поиска альтернативных решений, включая локализацию производства или переход на менее эффективные аналоги. Отдельного внимания заслуживают вторичные санкции, которые распространяются на третьи страны, продолжающие сотрудничество с российскими энергетическими предприятиями. Эти меры создают эффект «санкционного запугивания», ограничивая возможности российской стороны по поиску альтернативных поставщиков. Особенно чувствительными оказались ограничения на финансовые операции, включая отключение российских банков от системы SWIFT и запрет на расчёты в долларах и евро¹⁸.

Технологические санкции затронули критически важные сегменты энергосистемы. Под ограничения попали поставки газотурбинных установок большой мощности, высоковольтного трансформаторного оборудования, систем релейной защиты и автоматики. Особую уязвимость демонстрирует сектор распределённой генерации, где применяется импортное оборудование малой и средней мощности. Санкционные риски усугубляются ограничениями на передачу программного обеспечения для проектирования и управления энергосистемами. В ответ на эти вызовы российская энергетика вынуждена развивать стратегии импортозамещения и переориентации на альтернативных поставщиков. Однако процесс локализации производства сложного энергетического оборудования требует значительного времени и инвестиций. В краткосрочной перспективе это приводит к повышению эксплуатационных рисков и снижению общей надёжности энергосистемы. Особую озабоченность вызывает состояние резервных мощностей, чьё техническое обслуживание традиционно зависело от западных технологий и сервисных компаний.

Санкционная политика западных стран (ЕС, США) влияет на экспорт углеводородов и модернизацию энергетической инфраструктуры. Это создаёт угрозу снижения доходов и технологической изоляции. Конфликты с соседними странами могут привести к разрыву транзитных маршрутов или блокировке

¹⁷ General Information. *Code of Federal Regulations*. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-15/subtitle-B/chapter-VII/subchapter-C/part-730> (accessed 05.12.2025)

¹⁸ Тимофеев И.Н. 2024. Без «чёрных рыцарей». Остаются ли третьи страны проблемой для инициаторов санкций против России? *Российский совет по международным делам (РСМД)*. URL: [https://russiancouncil.ru/analytics/bez-chyernykh-rytsarey-ostayutsya-li-treti-strany-problemoy-dlya-initiatorov-sanktsiy-protiv-rossii/](https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/bez-chyernykh-rytsarey-ostayutsya-li-treti-strany-problemoy-dlya-initiatorov-sanktsiy-protiv-rossii/) (дата обращения: 05.12.2025)

совместных проектов. Энергосистема России традиционно была интегрирована в более широкий евразийский энергорынок, включая синхронизацию с объединёнными сетями стран СНГ и Балтии. Однако политическая конфронтация привела к разрыву этих связей, что повлекло за собой необходимость перестройки логистики электроэнергии и поиска новых партнёров. В частности, отказ Литвы, Латвии и Эстонии от работы в общем режиме с ЕЭС России вынудил переориентировать потоки энергии на внутренний рынок и ускорить интеграцию с энергосистемами стран Азии¹⁹. Трансграничные энергопотоки всегда были инструментом политического влияния, и в условиях обострения международных отношений их уязвимость значительно возрастает. Примером может служить ситуация вокруг Калининградской области, где энергоснабжение зависит от транзита через Литву, или перебои с поставками электроэнергии в Крым после повреждения линий на территории Украины²⁰. Подобные инциденты демонстрируют, что зависимость от транзитных государств создаёт дополнительные риски для энергобезопасности. Стоит отметить, что политизированность энергетического сектора приводит к экономическим рискам, связанным с активностями других поставщиков и нерыночным поведением ряда игроков. Рост спроса на альтернативные источники энергии (СПГ из США, возобновляемые источники энергии) снижает конкурентоспособность российских энергоресурсов в Европе.

Сетевой анализ российской электроэнергетической системы

Представленная сетевая карта (рис. 1) визуализирует структуру российской электроэнергетической системы через призму её региональной организации и межсистемных связей. Каждый узел на карте отражает либо регион, либо объединённую энергосистему (ОЭС), а линии – электрические связи между ними. Таким образом, карта является не просто географической схемой, но аналитической моделью, фиксирующей сложность, масштаб и уязвимости энергетического пространства страны.

Наиболее плотный узловой кластер формируется в европейской части России. Здесь расположены ОЭС Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада и Юга. Эти блоки соединены многочисленными линиями, что создаёт эффект высокой связности и структурной устойчивости. Данный узловой комплекс фактически образует «энергетическое ядро» страны, обеспечивающее как крупнейшие индустриальные зоны, так и высокую плотность населения. В сетевой

¹⁹ «Прощай, Ленин!»: Балтия отключилась от электричества РФ. 2025. РБК. 9 февраля. URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/09/02/2025/67a900e59a7947075eb210fe (дата обращения: 05.12.2025)

²⁰ Энергосистема Калининградской области перешла на изолированный режим работы. 2025. Интерфакс. 8 февраля. URL: <https://www.interfax.ru/russia/1006975> (дата обращения: 05.12.2025)

терминологии это выражается в высокой посреднической центральности: через данные узлы проходят основные пути распределения мощности. Их роль как «центров тяжести» российской энергосистемы делает их одновременно источником устойчивости и потенциальной уязвимости: сбой в одном из них способен вызвать каскадные эффекты.

Совсем иначе выглядит восточная часть карты. ОЭС Сибири и Востока, хотя и представлены крупными узлами, обладают относительно малым числом межсистемных связей с ядром. Это указывает на частичную изолированность восточных энергосистем. Более того, внутри них сосредоточены значительные гидроэнергетические ресурсы, но их выдача ограничена слабой пропускной способностью линий на Урал. Таким образом, карта наглядно фиксирует структурную проблему «энергетического запертого пространства», когда избыток мощностей не может быть перераспределён в масштабах всей системы.

Особый интерес вызывают малые узлы на Дальнем Востоке и Севере – Чукотка, Камчатка, Сахалин, Магадан. Они представлены как отдельные «энергоострова», существующие преимущественно за счёт локальной генерации и не имеющие значимой межсистемной интеграции. Такая «энергетическая фрагментация» увеличивает стоимость энергоснабжения и снижает общую устойчивость системы: в случае аварий отсутствует возможность компенсировать потери за счёт перетоков мощности.

На карте обозначены также международные связи – Беларусь, Финляндия, Грузия, Азербайджан, Абхазия, Южная Осетия, Китай и Монголия. Эти узлы подчёркивают, что энергосистема России не является замкнутой: она встроена в более широкие евразийские энергетические пространства. Однако степень интеграции различна. Европейские связи исторически были сильны (БРЭЛЛ), но в последние годы демонстрируют тенденцию к дезинтеграции. Напротив, восточные векторы (Китай, Монголия) представляют собой потенциал для расширения экспорта. Таким образом, карта отражает двойственность геополитического положения России: между сокращающимися западными и растущими восточными энергетическими взаимодействиями.

С точки зрения системного анализа, карта демонстрирует разветвлённую энергосистему с выраженным ядром и периферией. Её устойчивость обеспечивается множеством внутренних связей в европейской части, но уязвимость возрастает на периферии, где избыточные мощности остаются недоиспользованными, а «энергоострова» функционируют в условиях хронической изоляции. Геополитический контур усиливает данные противоречия: западное направление превращается из ресурса устойчивости в источник рисков, в то время как восточное, наоборот, открывает новые возможности, но при этом требует значительных инвестиций в инфраструктуру.

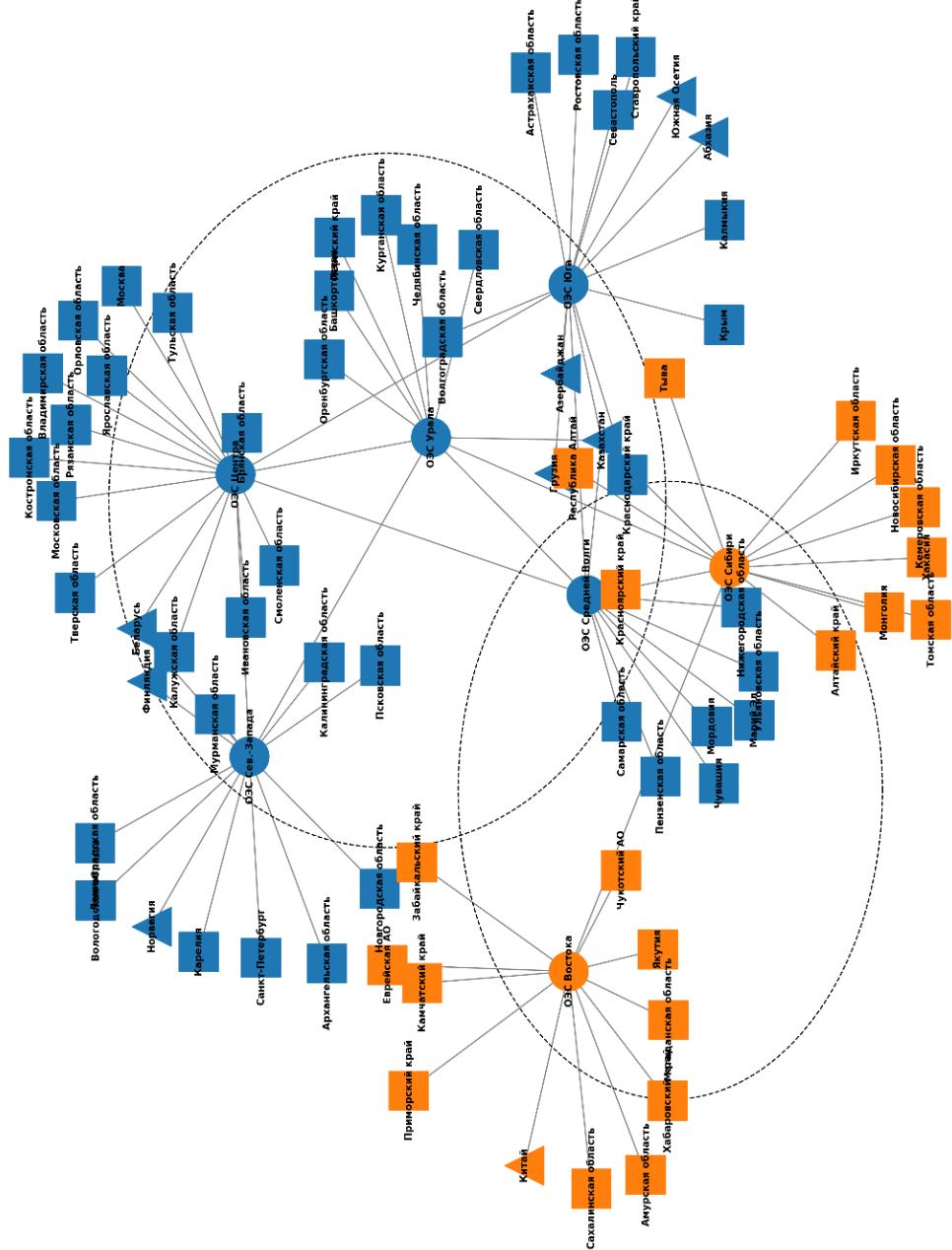


Рисунок 2. Сетевая карта энергосистемы России. Составлено автором на основе данных Системного оператора
Figure 2. Network map of the Russian power grid. Compiled by the author based on data from the System Operator

Источник: составлено автором по результатам исследования

Анализ выявил, что внешнеполитические риски связности энергосистемы России многообразны и динамичны, а адаптивная стратегия РФ носит многоплановый характер. Рассмотрим интерпретацию результатов сквозь призму концепции энергобезопасности и сопоставим их с ожиданиями научной литературы.

Прежде всего, вывод о двойственной природе межсистемной связности подтверждает положения, выдвинутые рядом исследователей. С одной стороны, интеграция сетей действительно повышает устойчивость энергоснабжения за счёт эффекта масштаба и взаимопомощи: технические преимущества межсистемных интерконнекторов позволяют компенсировать дефицит мощности и предотвращать локальные сбои. Это особенно заметно на примере Евразийского экономического союза, где формирование общего электроэнергетического рынка призвано повысить надёжность снабжения всех участников. Такая взаимозависимость создаёт общие ценности и выгоды для государств, объединённых в единую сеть, что подчёркивается в концепции «сообщества сетей» (*grid community*).

С другой стороны, та же связность порождает уязвимость к недружественным действиям – будь то политически мотивированное отключение (как в случаях Балтии и Украины) либо манипулирование техническими режимами работы сети. Исследование конкретизировало данные угрозы применительно к России: к числу наиболее значимых относятся опасность преднамеренного отключения (например, в связи с выходом стран Балтии из энергокольца), использование инструментов контроля частоты как потенциального средства давления, а также каскадные аварии, возникающие вследствие нестабильности у соседних государств (характерным примером стал блэкаут 2022 г. в Центральной Азии).

Важно отметить, что «безопасность для кого» тоже дифференцируется: уязвимыми оказываются *определенные регионы и группы*. Например, Калининградская область – конкретный «референт» безопасности, для которого уход Балтии был критической угрозой. Адаптация – строительство локальных станций – напрямую снизила *уязвимость этой жизненно важной подсистемы*, что соответствует рекомендации Черпа: уменьшать уязвимость жизненно важных энергетических систем. В то же время для общенациональной энергосистемы эффект выхода Балтии был умеренным – т. е. критичность угрозы географически ограничена.

Работа подтверждает слова Черпа о том, что нельзя измерять энергобезопасность только «четырьмя А» – доступностью, приемлемостью и т. п. Без учёта параметра «безопасность от каких угроз» сложно было бы понять, почему Россия, обладая избытком генерирующих мощностей, всё равно оказалась перед проблемой энергобезопасности, когда партнёры отключились. Ведь формально ни доступность ресурсов, ни ценовая доступность для российских потребителей не пострадали – однако в уязвимости системы произошли изменения.

Мы наблюдаем сдвиг: раньше у России была широкая интегрированная энергосистема «Мир» (совместно с бывшим СССР и Восточной Европой), теперь эта система сузилась, потеряв западное направление. С точки зрения *ценностей*, пострадали geopolитические ценности – влияние, престиж великой энергодержавы; а с точки зрения *угроз* – на первый план вышли угрозы *политической изоляции и технологического отставания*.

Следующий ключевой аспект – стратегии адаптации. В анализируемом материале прослеживается несколько их основных типов.

Во-первых, это повышение автономности критических территориальных узлов (Калининград, Крым, пограничные регионы). Подобная стратегия соответствует классическому подходу к снижению экспозиции к системным рискам посредством локального дублирования инфраструктурных мощностей и создания островных режимов в качестве резервного контура функционирования. В литературе по устойчивости энергетических систем подчёркивается значимость децентрализации и резервирования как механизмов поглощения шоков и поддержания функциональности системы в условиях дестабилизации (Holling 1973; Cherp, Jewell 2014). Российский пример демонстрирует именно такую логику институциональной адаптации.

Во-вторых, наблюдается стратегия институционализации и переформатирования энергетической интеграции – через развитие общего рынка ЕАЭС и формирование новых транзитных и кооперационных конфигураций, включая каспийский коридор. Эта линия действий концептуально соотносится с тем, что в литературе обозначено как «развитие электроэнергетической внешней политики» (Westphal et al. 2022). Речь фактически идёт о формировании Россией собственной электроэнергетической дипломатии: заключении межправительственных соглашений, создании альтернативных «сетевых сообществ» и институциональных архитектур вне западных режимов регулирования.

Данная стратегия соответствует также второй группе geopolитических инструментов, выделенной в исследовании К. Вестфаль и соавторов: расширение трансграничных сетей и интерконнекторов как средства проекции экономической мощи и влияния. В этом отношении особенно показателен кейс Ирана: синхронизация с иранской энергосистемой имеет преимущественно стратегический, а не технический характер. Она формирует новую энергетическую ось «Москва – Тегеран», выступающую параллелью уже существующей оси «Москва – Минск – Астана» в рамках ЕАЭС. Обе конфигурации представляют собой примеры геоэкономически мотивированного расширения связности, направленного на укрепление устойчивости и повышение автономности российской позиции в региональном и межрегиональном энергетическом пространстве.

В отношении диверсификации партнёров наблюдается явный параллелизм с нефтегазовым сектором: раз Европа «отпала», Россия переключается на Азию. Результаты показывают, что и в электроэнергетике происходит схожий процесс, хоть и в меньшем масштабе: экспортные потоки перенаправляются, внимание

переключено на восток. В литературе (мм. например: Downs 2019; Mitrova 2022) отмечается «энергетический поворот на Восток» как общий тренд российской политики. Анализ электроэнергетической сферы дополняет эту картину: даже такой консервативный и инфраструктурно сложный сектор, как электросети, пытается подстроиться под новый геополитический ландшафт, где Азия важнее, чем Европа.

Меры по укреплению устойчивости и защиты (кибер, физическая защита, импортозамещение) соответствуют расширительному пониманию энергобезопасности – защите критической инфраструктуры как части национальной безопасности (см. подход (Flaherty 2013) о связи энергобезопасности и защиты национальной инфраструктуры). Анализ показал, что без учёта данного изменения картина энергобезопасности остаётся неполной. Россия может усиливать интеграцию или, напротив, переходить к дезинтеграции сетевых связей, однако при сохранении «открытых ворот» для кибератак либо при отсутствии защиты критически важных технологий энергосистема неизбежно остаётся уязвимой. Поэтому адаптационные меры предпринимаются и на этом уровне: вносятся изменения в законодательство, создаются специализированные центры киберзащиты, разворачиваются программы локализации производства. Показателен пример разработок российских газовых турбин мощностью 110–170 МВт, призванных заменить оборудование Siemens. Хотя эти проекты в большей степени относятся к теплоэнергетике, они демонстрируют общую тенденцию к снижению технологической зависимости и формированию устойчивости критической инфраструктуры.

Заключение

В работе проведён анализ внешнеполитических рисков, возникающих в результате трансграничной связности электроэнергетической системы России, а также стратегий адаптации к ним. Рассмотрены случаи разрыва традиционных энергетических связей с европейскими государствами, трансформации энергетической интеграции на постсоветском пространстве, переориентация на новых партнёров в Азии, а также нетрадиционные угрозы, связанные с кибербезопасностью и санкционным давлением. Основной вывод состоит в том, что российская энергосистема сталкивается с беспрецедентными геополитическими вызовами, однако отвечает на них комбинацией институциональных, технологических и инфраструктурных мер, направленных на снижение уязвимости и формирование новых форм связности на условиях, соответствующих национальным интересам.

Проведённое исследование подтвердило аналитический потенциал концептуальной рамки А. Черпа для изучения внешнеполитических рисков в электроэнергетике. Через вопросы «безопасность для кого, каких ценностей и от каких угроз» было показано, что различные сегменты российской энергосистемы –

от Калининградской области до Центральной Азии – обладают собственными референтными объектами безопасности, оперируют различными ценностями (от гарантированного энергоснабжения населения до сохранения геополитического влияния) и подвержены разным типам угроз (от политически мотивированного отключения до технологических коллапсов и каскадных сбоев). Тем самым восполнен пробел в литературе, где рамка Черпа ранее не применялась к столь масштабной и комплексной системе, как ЕЭС России в условиях геополитической турбулентности.

Во-вторых, работа развивает направление исследований по международной политике электроэнергетики, предоставляя детальный анализ крупнейшей евразийской энергосистемы. Электрические сети выявлены как значимый элемент международной безопасности, что способствует более глубокому пониманию феномена «энергетического суверенитета» в XXI в.: государства способны трансформировать даже взаимовыгодные инфраструктуры, если они воспринимаются как угроза их политической безопасности. Этот вывод соотносится с теорией комплексной взаимозависимости Р. Кеохейна и Дж. Ная, одновременно уточняя её: взаимозависимость может быть сознательно редуцирована государствами, когда она рассматривается как фактор уязвимости.

В-третьих, исследование расширяет рамки дискуссии об энергетической политике России. Если прежние работы фокусировались преимущественно на нефти и газе как инструментах внешней политики, то полученные результаты демонстрируют, что и электроэнергетика занимает самостоятельное место в стратегиях государства – от участия в интеграционных инициативах ЕАЭС до реализации трансграничных проектов (например, российско-иранских). Это позволяет по-новому концептуализировать образ России как «энергетической державы», включая в него электрическую инфраструктуру наряду с углеводородами.

Наконец, результаты анализа указывают на необходимость равновесия между изоляцией и интеграцией в управлении рисками трансграничной связности. Полная изоляция сопряжена с издержками: утратой экономических выгод и снижением устойчивости без взаимной поддержки; в то время как чрезмерная интеграция создаёт угрозы в условиях недружественного поведения партнёров. Россия избирает стратегию умеренного выбора: усиление автономности там, где интеграция генерирует риски (западное направление), и формирование новых связей там, где угрозы ниже, а возможности шире (южное и восточное направления).

В совокупности исследование позволяет заключить, что к 2025 г. российская энергосистема вступила в фазу энергетического плюрализма во внешних связях. Доминирование европейского вектора уступило место более сложной и диверсифицированной сети отношений. Внешнеполитические риски при этом не исчезли, но трансформировались: от угроз отключения от энергосистем ЕС к дисбалансам в Евразии и осторожному сотрудничеству с азиатскими государствами. Россия демонстрирует гибкость в стремлении минимизировать уязвимость жизненно важных энергосистем.

Об авторе:

Андрей Андреевич Сизов – кандидат технических наук, генеральный директор АО «Лоэск». 187342, Ленинградская область, Кировский район, г. Кировск, Ладожская ул., д. За.
E-mail: sizov.a.a@inno.mgimo.ru

Конфликт интересов:

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

UDC: 621.311.327.8:338.242

Received: June 29, 2025

Accepted: October 20, 2025

Foreign Policy Risks to the Connectivity of Russia's Electric Power System

 A.A. Sizov

[DOI 10.24833/2071-8160-2025-6-105-124-153](https://doi.org/10.24833/2071-8160-2025-6-105-124-153)

JSC «Leningrad Regional Electric Grid Company»

Abstract: This article analyzes the foreign-policy risks arising from the cross-border interconnectedness (inter-system integration) of Russia's electric power system and the country's institutional and technological adaptation to these risks. The analysis applies a contemporary conception of energy security as "low vulnerability of vital energy systems," operationalized through the questions "security for whom, of which values, and from what threats." Methodologically, the study integrates a multidisciplinary framework with conceptual analysis, qualitative case studies, and elements of network modeling (community detection, betweenness centrality). Empirically, it examines three connectivity vectors: the European (BRELL de-synchronization and the islanding of the Kaliningrad subsystem), the Eurasian (Central Asian transformations, the emerging EAEU common electricity market, and North-South projects), and the Eastern (exports to China, technology cooperation, and prospective Caspian and Middle Eastern corridors), alongside cross-cutting risks such as sanctions, cyber threats, and warfare/sabotage. The findings highlight the dual nature of interconnection: while scale and mutual support enhance technical resilience, interties simultaneously create channels of political coercion and cascading failures. Vulnerabilities are differentiated across referent objects (state, regions, sectoral segments) and values (supply reliability, economic efficiency, geopolitical influence). Russia's adaptation portfolio includes strengthening the autonomy of critical nodes (islanding, redundancy), institutionalizing connectivity within "friendly" formats (EAEU; south- and east-bound interconnections), diversifying partners and reducing import dependence in key technologies, and reinforcing cyber and physical protection of critical infrastructure. The theoretical contribution lies in refining the vulnerability framework for a large multi-node system; the practical contribution is in substantiating a balance between integration and insulation as a principle of connectivity-risk management under geopolitical turbulence.

Keywords: energy security, cross-border integration of energy systems, energy geopolitics, resilience of critical infrastructure, Eurasian electricity market, sanctions risks, cyber threats in the energy sector

About the author:

Andrey A. Sizov – Candidate of Technical Sciences, General Director of JSC Loesk. 187342, Leningrad Region, Kirovsky District, Kirovsk, Ladozhskaya St., 3a.
E-mail: sizov.a.a@inno.mgimo.ru

Conflicts of interests:

The author declares the absence of conflict of interests.

References:

- Aven T. 2015. *Risk Analysis*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Belyaev L., Chudinova L., Podkovalnikov S. 2020. Russia's Electric Power Reintegration with Central Asia and Caucasus and Entering South Asia and Middle East Electricity Markets. *E3S Web of Conferences*. №209. P. 4001. DOI: 10.1051/e3sconf/202020904001
- Bhattacharyya S.C., Timilsina G.R. 2010. A Review of Energy System Models. *International Journal of Energy Sector Management*. 4(4). P. 494–518.
- Cabeza L.F. et al. 2018. Comparison of Past Projections of Global and Regional Primary and Final Energy Consumption with Historical Data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. №82. P. 681–688.
- Cherp A., Jewell J. 2014. The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. *Energy Policy*. №75. P. 415–421.
- Fang S. 2023. *Electricity Grids and Geopolitics: A Game-Theoretic Analysis of the Synchronization of the Baltic States' Electricity Networks with Continental Europe*. SSRN. 35 p. DOI: 10.2139/ssrn.4644564.
- Fattah A., Sijm J., Faaij A. 2020. A Systemic Approach to Analyze Integrated Energy System Modeling Tools: A Review of National Models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. №133. P. 110–195.
- Lazarczyk Carlson E. 2022. Can the Baltic States Do Without Russian Electricity? Policy Brief. FREE Network, 2022. URL: <https://freepolicybriefs.org/2022/11/30/baltic-states-without-russian-electricity/>
- Moriarty P., Honnery D. 2012. What Is the Global Potential for Renewable Energy? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16(1). P. 244–252.
- National Research Council et al. 2010. *Hidden Costs of Energy: Unpriced Consequences of Energy Production and Use*. Washington, DC: National Academies Press.
- Neal L., Williamson J.G. eds. 2014. *The Cambridge History of Capitalism*: Vol. 1. The Rise of Capitalism: From Ancient Origins to 1848. Cambridge: Cambridge University Press.
- Newman M.E.J. 2006. Modularity and Community Structure in Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103(23). P. 8577–8596.
- Newman M.E.J. 2007. Mathematics of Networks. *The New Palgrave Encyclopedia of Economics*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Paltrinieri N., Comfort L., Reniers G. 2019. Learning about Risk: Machine Learning for Risk Assessment. *Safety Science*. №118. P. 475–486.
- Tao Z. et al. 2025. The Dynamic Linkage and Network Connectivity of Renewable Energy and Electricity Markets from a Time-Frequency Perspective. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 17(1).
- Westphal K., Pastukhova M., Pepe J.M. 2022. *Geopolitics of Electricity: Grids, Space and (political) Power: research paper Berlin: Stiftung Wissenschaft und Politik*. 57 p. DOI: 10.18449/2022RP06.

- Berdyshev I. et al. 2023. Issledovaniya perspektivy razvitiya gidroenergetiki v Sibiri, na Dal'nem Vostoke i Kamchatke [Research of the Prospects for the Development of Hydropower in Siberia, the Far East and Kamchatka]. *Energeticheskaya politika*. №6. P. 38–53.
- Bertalanffy L. 1969. Obshchaya teoriya sistem: kriticheskiy obzor [General Systems Theory: A Critical Review]. *Issledovaniya po obshchey teorii sistem*. Moscow: Progress. 520 c
- Bogdanov A.A. 2013. *Tektologiya. Vseobshchaya organizatsionnaya nauka* [Tectology: Universal Organizational Science]. Directmedia.
- Kholbaev D.Zh., Sharibaev E.Yu., Tulkinnov M.E. 2020. Analiz ustoychivosti energeticheskoy sistemy v obuchenii predmeta perekhodnye protsessy [Analysis of the Energy System Stability in Teaching the Subject of Transient Processes]. *Ekonomika i sotsium*. 5-2(72). P. 340–343.
- Klinova M., Sidorova E. 2014. Ekonomicheskie sanktsii i ikh vliyanie na khozyaystvennye svyazi Rossii s Evropeyskim soyuzom [Economic Sanctions and Their Impact on Russia's Economic Ties with the European Union]. *Voprosy ekonomiki*. №1. P. 67–79. DOI: 10.32609/0042-8736-2014-12-67-79
- Mastepanov A.M. 2019. Vliyanie zapadnykh sanktsiy na razvitiye energetiki Rossii [The Impact of Western Sanctions on the Development of Russia's Energy Sector]. *Regulirovanie energeticheskoy politiki. Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom*. 6(174). P. 5–24. DOI: 10.33285/1999-6942-2019-6(174)-5-24
- Neuymin V.G., Ostanin A.Yu., Tomalev A.A. 2019. Vnedrenie sistemy monitoringa zapasov ustoychivosti pri planirovaniyu i upravlenii elektroenergeticheskim rezhimom OES Sibiri [Implementation of a Stability Margin Monitoring System for Planning and Managing the Power Regime of the Siberian Integrated Power System]. *Energiya edinoy seti*. 6(49).
- Ostrovskiy A.V. 2011. *Rynok energeticheskikh resursov Kitaya: interesy i vozmozhnosti Rossii* [China's Energy Resources Market: Interests and Opportunities for Russia]. Moscow: Izdatel'stvo IDV RAN. 254 c.
- Parsons T. 1996. Ponyatie obshchestva: komponenty i ikh vzaimootnosheniya [The Concept of Society: Components and Their Interrelationships]. *Amerikanskaya sotsiologicheskaya mys'*. Moscow: INION RAN.
- Pavlushko S.A., Opadchiy F.Yu. 2012. O tselesoobraznosti stroitel'stva tranzita 1150 kV Ural – Kazakhstan – Sibir' [On the Feasibility of Constructing the 1150 kV Ural – Kazakhstan – Siberia Transit]. *Akademiya energetiki*. 6(50). P. 20–27.
- Sidorova E.A. 2016. Energetika Rossii pod sanktsiyami Zapada [Russia's Energy Sector under Western Sanctions]. *Mezhdunarodnye protsessy*. 1(44). P. 143–155. DOI: 10.17994/IT.2016.14.1.44.11
- Sidorovna I.A. 2015. Energosistema Sibiri: osobennosti i perspektivy razvitiya [The Siberian Energy System: Features and Development Prospects]. *Biznes. Obrazovanie. Pravo*. 2(31). P. 119–124.
- Simonov N. 2022. *Razvitie elektroenergetiki Rossiyskoy imperii: predistoriya GOELRO* [The Development of the Electric Power Industry in the Russian Empire: The Prehistory of GOELRO]. Moscow: Russkiy fond sodeystviya obrazovaniyu i nauke.
- Simonov N.S. 2017. Energeticheskaya statistika dorevolyutsionnoy Rossii [Energy Statistics of Pre-Revolutionary Russia]. *Statistika i ekonomika*. 4(14). P. 22–32. DOI: 10.21686/2500-3925-2017-4-22-32
- Timofeev I.N. 2022. Politika sanktsiy protiv Rossii: novyy etap [Sanctions Policy against Russia: a New Stage]. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii*. 3(55). P. 198–206.
- Voropay N.I., Stennikov V.A. 2014. Integrirovannye intellektual'nye energeticheskie sistemy [Integrated Intelligent Energy Systems]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Energetika*. №1. P. 64–73.

Wiener N. 2003. Kibernetika i obshchestvo [Cybernetics and Society]. Moscow: Taideks Ko. 245 p.

Список литературы на русском языке:

- Бердышев И. и др. 2023. Исследования перспективы развития гидроэнергетики в Сибири, на Дальнем Востоке и Камчатке. *Энергетическая политика*. №6. С. 38–53.
- Берталанфи Л. 1969. Общая теория систем: критический обзор. *Исследования по общей теории систем*. Москва: Прогресс. 520 с.
- Богданов А.А. 2013. *Тектология. Всеобщая организационная наука*. Directmedia.
- Винер Н. 2003. *Кибернетика и общество*. Москва: Тайдекс Ко. 245 с.
- Воропай Н.И., Стенников В.А. 2014. Интегрированные интеллектуальные энергетические системы. *Известия Российской академии наук. Энергетика*. №1. С. 64–73.
- Клинова М., Сидорова Е. 2014. Экономические санкции и их влияние на хозяйствственные связи России с Европейским союзом. *Вопросы экономики*. №1. С. 67–79. DOI: 10.32609/0042-8736-2014-12-67-79
- Мастепанов А.М. 2019. Влияние западных санкций на развитие энергетики России. Регулирование энергетической политики. *Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом*. 6(174) С. 5–24. DOI: 10.33285/1999-6942-2019-6(174)-5-24
- Неуймин В.Г., Останин А.Ю., Томалев А.А. 2019. Внедрение системы мониторинга запасов устойчивости при планировании и управлении электроэнергетическим режимом ОЭС Сибири. *Энергия единой сети*. 6(49).
- Островский А.В. 2011. *Рынок энергетических ресурсов Китая: интересы и возможности России*. Москва: Издательство ИДВ РАН. 254 с.
- Павлушкин С.А., Опадчий Ф.Ю. 2012. О целесообразности строительства транзита 1150 кВ Урал – Казахстан – Сибирь. *Академия энергетики*. 6(50). С. 20–27.
- Парсонс Т. 1996. Понятие общества: компоненты и их взаимоотношения. *Американская социологическая мысль*. Москва: ИНИОН РАН.
- Сидорова Е.А. 2016. Энергетика России под санкциями Запада. *Международные процессы*. 1(44). С. 143–155. DOI: 10.17994/IT.2016.14.1.44.11
- Сидоровина И.А. 2015. Энергосистема Сибири: особенности и перспективы развития. *Бизнес. Образование. Право*. 2(31). С. 119–124.
- Симонов Н. 2022. *Развитие электроэнергетики Российской империи: предыстория ГОЭЛРО*. Москва: Русский фонд содействия образованию и науке.
- Симонов Н.С. 2017. Энергетическая статистика дореволюционной России. *Статистика и экономика*. 4(14). С. 22–32. DOI: 10.21686/2500-3925-2017-4-22-32
- Тимофеев И.Н. 2022. Политика санкций против России: новый этап. *Журнал Новой экономической ассоциации*. 3(55). С. 198–206. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-55-3-11
- Холбаев Д.Ж., Шарибаев Э.Ю., Тулкинов М.Э. 2020. Анализ устойчивости энергетической системы в обучении предмета «Переходные процессы». *Экономика и социум*. 5-2(72). С. 340–343.