

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2022.97.94.005

Перспективы развития Интернета энергии как инновационной технологии цифровой энергетики в России

Окороков Роман Васильевич

Доктор экономических наук, профессор,
Высшая школа производственного менеджмента,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29;
e-mail: roman_okorokov@mail.ru

Тимофеева Анна Анатольевна

Кандидат экономических наук, доцент,
Высшая школа производственного менеджмента,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29;
e-mail: anna_ti@mail.ru

Рыхтик Дарья Николаевна

Ассистент Высшей школы производственного менеджмента,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29;
e-mail: ryhtik_dn@spbstu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены особенности формирующейся новой инновационной концепции современной электроэнергетики – Интернета энергии, базирующейся на ускоряющихся процессах цифровизации, децентрализации и интеллектуализации энергетических комплексов и характеризующейся рядом положительных свойств, связанных с повышением надежности и качества энергоснабжения потребителей, ростом показателей энергоэффективности и снижением вредных выбросов. Проведен анализ внешней и внутренней среды новой архитектуры электроэнергетики для выявления наиболее важных факторов, в совокупности определяющих возможности и угрозы для развития концепции Интернета энергии, представлены основные потенциальные эффекты создания отечественных энергетических комплексов на инновационных принципах. Показано, что интенсивное внедрение технологий Интернета энергии способно результативно дополнять традиционную архитектуру отечественной электроэнергетики, реализуя возникающие новые возможности и снижая существующие риски в складывающихся сложных условиях внешней среды. Выполнен качественный сценарный анализ трех направлений развития

технологий Интернета энергии на среднесрочный период – негативного, консервативного (базового) и инновационного (позитивного). Сделан вывод о том, что, несмотря на наличие ряда объективных предпосылок для развития инновационного сценария, формирующаяся в настоящий момент ситуация в российской электроэнергетике может быть охарактеризована как консервативная, что может привести в долгосрочной перспективе к потенциальному снижению конкурентоспособности отечественных энергетических предприятий.

Для цитирования в научных исследованиях

Огороков Р.В., Тимофеева А.А., Рыхтик Д.Н. Перспективы развития Интернета энергии как инновационной технологии цифровой энергетики в России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022. Том 12. № 10А. С. 62-71. DOI: 10.34670/AR.2022.97.94.005

Ключевые слова

Электроэнергетика, децентрализация, цифровые технологии, Интернет энергии, интеллектуальные сети, энергоэффективность.

Введение

В настоящее время во многих странах наблюдается активное развитие новых энергетических технологий, в основном, связанных с внедрением объектов децентрализованной генерации на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), дополняемых инновационными цифровыми системами управления различного назначения [Илюшин, 2022, 20]. Меняются и модели поведения промышленных и бытовых потребителей, которые становятся активными участниками энергетических рынков и все более влияют на режимы работы централизованных энергосистем за счет управления собственным энергопотреблением [Маркова, Чурашев, 2020, 10].

Сложившаяся за последние полвека традиционная архитектура электроэнергетики в России была построена на принципах укрупнения единичных мощностей генерирующих источников, централизованного функционирования и иерархической системе диспетчерского управления, что определяет необходимость ее существенных видоизменений при применении новых интеллектуальных информационно-коммуникационных и энергетических технологий, особенно распределенной генерации, базирующейся на ВИЭ [Батенин, Бушуев, Воропай, 2017, 19].

Целью данного исследования является обоснование концепции Интернета энергии как эффективного инновационного направления развития отечественной электроэнергетики при активном внедрении цифровых технологий, связанных с интеллектуальным управлением и «умным» построением сетей. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- определить современные тенденции и будущие тренды развития российской электроэнергетики;
- провести анализ внешней и внутренней среды формирующейся новой архитектуры электроэнергетики для выявления наиболее важных факторов, в совокупности определяющих возможности и угрозы (риски) для развития концепции Интернета энергии;
- показать основные потенциальные эффекты создания отечественных энергетических комплексов на новых инновационных принципах;

– выполнить сценарный анализ развития перспективных технологий Интернета энергии на среднесрочный период.

В работе использован ряд общепринятых методов научно-теоретического и эмпирического исследования, применение которых позволило выполнить поставленную цель. К ним относятся: методы научной дедукции и индукции, анализа и синтеза, методы группировки и логического обобщения результатов; общие положения экономической теории, теории внешних эффектов; специальные подходы в области теории и методологии обеспечения устойчивого развития и «зеленой» экономики.

Основная часть

На сегодняшний день разработанные подходы и варианты концепции Интернета энергии не воспринимаются как нечто законченное и нормативно зафиксированное. В научной литературе и электронных публикациях можно встретить ряд общих трактовок данной концепции, определяемой, в частности, как новая технологическая и хозяйственная парадигма развития и организации электроэнергетики, а для термина «Интернет энергии» пока еще не выработано однозначного, единого и общепринятого определения. Авторам ближе всего из рассмотренных представленное в [Холкин и др., 2021] краткое определение: Интернет энергии – это киберфизическая инфраструктура децентрализованного интеллектуального управления энергосистемами и бесшовной интеграции в них распределенных активных потребителей, источников энергии и гибкости. Из данного определения, во-первых, следует, что Интернет энергии базируется на широком использовании современных цифровых технологий, организующих децентрализованное взаимодействие всех ключевых субъектов; во-вторых, в данной концепции промышленные и бытовые потребители, наряду с энергокомпаниями, становятся активными участниками энергетических рынков для удовлетворения их требований и потребностей. В-третьих, широким вовлечением всех конечных потребителей в интеллектуальные процессы управления обеспечивается гибкость и устойчивость энергосистемы, а также снижение издержек, возникающих при интеграции отдельных объектов распределенной энергетики.

На рис. 1 представлено сравнение традиционной и формирующейся новой архитектуры электроэнергетики, базирующейся на концепции Интернета энергии. В децентрализованной энергосистеме (Интернет энергии), с одной стороны, обеспечивается снижение трансформационных (за счет баланса совместной нагрузки и, соответственно, снижения единичной мощности энергообъектов и сокращения размеров капитальных вложений), так и трансакционных (за счет оптимизации взаимодействия субъектов) издержек. С другой стороны, на основе цифровизации энергетических рынков появляется возможность трансформировать сокращение издержек в снижение стоимости электроэнергии для конечных потребителей [Кваша, Бондарь, 2021, 73].

Развитие и дальнейшее внедрение технологий Интернета энергии концептуально соответствует положениям Энергетической стратегии России до 2035 года [Энергетическая стратегия..., www], где отмечается, что развитие технологий децентрализованной или распределенной энергетики как одного из ключевых элементов Интернета энергии является одним из возможных инструментов диверсификации энергетики и высвобождения мощностей для наращивания экспорта природных ресурсов. Также реализация данной концепции соответствует современной экологической повестке, обеспечивая через широкое использование энергоисточников на базе ВИЭ прямой путь к экологически чистой «безуглеродной» экономике

и энергетике.



Источник: [Холкин и др., 2021]

Рисунок 1 - Отличия архитектур традиционной и децентрализованной энергосистем

В ходе проведения исследования было выполнено сопоставление технологий децентрализованной энергетики (как правило, для установок малой мощности до 25 МВт, включая ВИЭ) по степени проникновения на отечественный рынок и определены эффективные инновационные направления развития отечественной энергетики. Среди ключевых технологий децентрализованной генерации, имеющих значительный потенциал развития, предпочтение отдано гибридным электростанциям с аккумулярованием, ветроэнергетическим и гидроэнергетическим (малые ГЭС) станциям, объектам распределенной генерации, использующим природный газ (парогазовые и газотурбинные установки, газопоршневые агрегаты), а также перспективным технологиям будущего (водородная энергетика, системы накопления энергии).

Методом PEST-анализа в работе выявлены факторы внешней среды, в совокупности определяющие возможности и угрозы для развития Интернета энергии в целом, так и ключевых технологий децентрализованной генерации по отдельности. Исходя из рассчитанных значений относительного влияния факторов внешней среды с учетом вероятности их изменения, сделан вывод о том, что наиболее значимыми факторами для развития инновационных технологий Интернета энергии в России с учетом напряженной геополитической обстановки, а также беспрецедентных санкционных ограничений для отечественных промышленных компаний, в первую очередь, являются политические, экономические и технологические.

Наиболее значимые факторы внешней бизнес-среды, влияющие на развитие технологий Интернета энергии и определенные методом PEST-анализа, представлены в табл. 1.

Проведенный SWOT-анализ распределенной энергетики и ключевых технологий децентрализованного производства энергии, базирующийся на результатах анализа внешней среды, позволил определить их сильные и слабые стороны, а также новые возможности для промышленных предприятий, в совокупности определяющих потенциал развития Интернета энергии.

В табл. 2 представлены ранжированные по значимости элементы SWOT-анализа распределенной энергетики по четырем исследуемым направлениям.

В работе выявлены следующие наиболее значимые риски развития как отечественной децентрализованной генерации, так и технологий Интернета энергии: риски снижения доступности импортных комплектующих и оборудования, риски ужесточения требований к инвесторам в проектах строительства энергообъектов, риски лоббирования интересов крупных энергокомпаний, риски изменения курса стратегического развития распределенной энергетики, а также нежелания квалифицированных специалистов работать вдали от крупных городов и районных центров.

Таблица 1 - Матрица наиболее значимых факторов внешней среды

Политические факторы:	Экономические факторы:
текущая геополитическая обстановка; новые санкционные ограничения; государственная политика и изменения в регулировании деятельности субъектов энергетики; снижение инвестиций в традиционную энергетику в пользу технологий ВИЭ; повышение влияния крупных энергокомпаний и групп потребителей на формирование энергетической политики.	новая экономическая ситуация и тенденции ее развития; инвестиционный климат в отрасли; переход к «зеленым» технологиям и повышение доли использования ВИЭ; снижение энерго- и ресурсоемкости промышленных производств; развитие высокотехнологичных производств и смежных отраслей экономики.
Социально-культурные факторы:	Технологические факторы:
разные модели энергопотребления основных сегментов потребителей; улучшение здоровья людей благодаря внедрению «зеленых» технологий; новые рабочие места в сфере электроэнергетики; репутация энергокомпаний, имидж «умных» технологий; мнение и отношение к цифровым инновациям конечных потребителей.	развитие интеллектуальных сетевых технологий, например, гибких сетей, систем накопления энергии и др.; развитие цифровых информационно-управляющих и экспертных систем; снижение стоимости технологий производства оборудования ВИЭ; появление перспективных материалов (композитных и др.); потенциал инноваций и проблемы интеллектуальной собственности

Источник: разработки авторов

В целом следует отметить трудности с получением системных и локальных эффектов, так как процесс развития децентрализованной энергетики сегодня носит малоуправляемый характер и слабо прогнозируется; процедурные сложности при технологическом присоединении и заключении договоров на продажу излишков электроэнергии не позволяют массово распространяться данному виду энергетики; низкая стоимость покупки излишков электроэнергии приводит к отсутствию мотивации у частных производителей энергии (появлению просьюмеров); увеличение доли объектов на основе ВИЭ без решения технических вопросов может приводить к повреждению электросетевого оборудования и системным

авариям; негативное отношение к распределенной энергетике сетевых и сбытовых компаний тормозит процессы распространения децентрализованной энергетике [Зубакин, 2019, 327].

Таблица 2 - Матрица SWOT-анализа распределенной энергетике (фрагмент)

Сильные стороны:	Слабые стороны:
снижение стоимости электроэнергии для конечных потребителей в децентрализованной энергосистеме; гибкость и устойчивость интеллектуальной энергосистемы; снижение транзакционных и других издержек, возникающих при интеграции объектов распределенной энергетике	значительные первоначальные капитальные вложения; влияние погодных условий на функционирование оборудования ВИЭ и низкая локализация его производства; зависимость от мер государственного субсидирования и изменений в законодательстве
Возможности:	Угрозы:
«умное» и энергоэффективное потребление электроэнергии; экономия традиционных топливных энергоресурсов за счет использования ВИЭ; переход к углеродной нейтральности	увеличение платы за техприсоединение для промышленных потребителей; сложности синхронизации работы ВИЭ с централизованной энергосистемой; снижение покупательной способности потребителей при росте тарифов

Источник: разработки авторов

Можно согласиться с мнением, высказанным в [Хохлов и др., 2018], что для отечественной электроэнергетики в дальнейшем будет формироваться разумная комбинация объектов централизованной и децентрализованной энергетике как один из способов повышения энергоэффективности. Потенциальные эффекты для отечественных энергосистем при этом будут определяться снижением потерь в магистральных сетях; сокращением инвестиций в распределительные сети; уменьшением затрат на энергию при применении технологий ко/тригенерации; повышением надежности энергоснабжения потребителей; использованием местных видов топлива или отходов производства [Волтов, Окороков, Тимофеева, 2019, 98].

Далее в работе был проведен качественный сценарный анализ трех направлений развития технологий Интернета энергии, которые имеют вероятность реализоваться в среднесрочный период, – негативного, консервативного (базового) и инновационного (позитивного) сценариев.

Негативный сценарий. Для данного сценария были отобраны ключевые факторы развития Интернета энергии, одним из которых является капиталоемкость. Энергетика – одна из наиболее капиталоемких отечественных отраслей, что связано с необходимостью обеспечения надежного электроснабжения потребителей и технического состояния оборудования. Поэтому следствием внедрения технологий Интернета энергии может быть увеличение финансовой нагрузки на инвесторов, что отразится на многих секторах экономики, на предпринимательском секторе, домашних хозяйствах, и ускорит темпы инфляции. Следующий важный фактор – технологическая составляющая. В новой экономической ситуации, когда ограничен импорт, происходит уход возможных инвесторов и технологических гигантов из страны, а импортозамещение еще не вышло на нужный уровень, можно прогнозировать недостаток технологий для успешной реализации концепции. Эффекты от ограничений на доступ к технологиям будут нарастать со временем, и могут проявиться через три-пять лет, когда потребуются заменять энергооборудование и программное обеспечение. Не менее значимые факторы – это ухудшение общеэкономической ситуации, падение платежеспособного спроса, увеличение ставок по кредитам. И, наконец, необходимо учесть вопросы кибербезопасности. Интернет энергии обеспечивает обмен большими объемами информации между субъектами,

при этом повышаются требования к безопасности передаваемых данных, предотвращения утечек информации, защите от несанкционированного вмешательства [Налбандян, Ховалова, 2018, 64].

Консервативный (базовый) сценарий. Как отмечено выше, в ближайшем будущем концепция Интернета энергии в развитых странах сформирует энергетический рынок таким образом, что сетевая распределительная инфраструктура станет децентрализованной и общедоступной для всех участвующих субъектов, а распределенная генерация на базе ВИЭ, станет доминирующим направлением в мировых инвестициях. В России же, несмотря на общую энергоизбыточность, низкая стоимость централизованной генерации компенсируется затратами на функционирование распределительной инфраструктуры [Холкин, Чаусов, 2018, 14]. На конечные цены для потребителя влияют такие факторы, как низкая плотность потребления, высокая стоимость строительства, низкая загрузка мощностей. Большая доля промышленной нагрузки, социально ориентированная политика государства (перекрестное субсидирование), несовершенство оптового и розничных рынков, отраслевого регулирования приводят к постоянному росту тарифов на электроэнергию для бизнеса и постепенно становятся сдерживающим фактором для развития экономики. Кроме того, большая часть существующей энергетической инфраструктуры достигнет предельных сроков эксплуатации к 2025-2030 гг.

Инновационный (позитивный) сценарий. Внедрение концепции Интернета энергии в среднесрочной перспективе положительно скажется на темпах роста экономики, что повысит уровень жизни населения. Децентрализованная энергосистема (Интернет энергии) способствует технологическому преобразованию РФ и позволит регионам строить собственные локальные интеллектуальные энергосистемы, что увеличит диверсификацию и возможности для дальнейших преобразований. Постепенное внедрение концепции в совокупности с ВИЭ высвободит мощности для экспорта энергоресурсов, что при необходимом курсе рубля положительно скажется на доходной статье бюджета РФ. Также, на основе широкого применения ВИЭ данная концепция откроет путь к углеродной нейтральности. Развитие Интернета энергии качественно выведет энергетический сектор на новый уровень и укрепит конкурентоспособность российской электроэнергетики, а также повлечет за собой сотрудничество с представителями близлежащих стран, что укрепит позиции России на геополитической карте.

Логично, что внедрение технологий целесообразно осуществлять последовательно, для начала с отдаленных и труднодоступных регионов автономного энергоснабжения, удовлетворяя их потребности в электрификации. Постепенное внедрение Интернета энергии на основе ВИЭ делает энергетику более гибкой и энергоэффективной, что положительно скажется как на экономических показателях, так и на качестве электрической энергии. Также это позволит снизить издержки на строительство ЛЭП и других распределительных устройств, параллельно создавая новые рабочие места и сглаживая графики местных нагрузок.

Заключение

В заключении еще раз отметим, что концепция Интернета энергии и ее технологий становится сегодня синонимом «умной» децентрализации, позволяющей распределять электроэнергию от различных источников наиболее эффективным образом, максимально задействовав все возможности; все энергоисточники, традиционные и ВИЭ, с разными величинами мощности, могут работать как в единой энергосистеме, так и изолировано; их нагрузки меняются с учетом экономической эффективности и рыночной конъюнктуры. Главное

при этом – не строительство дополнительной генерации, а способность «умных» сетей обеспечить оптимальное распределение имеющейся энергии [Иваха, Прохоренко, 2021, 19]. Именно Интернет энергии с оптимизацией источников мощности и потоков электроэнергии может обеспечить повышение надежности и качества энергоснабжения конечных потребителей в условиях нарастающего износа оборудования и снижающейся эффективности централизованной энергетики.

Следует также сделать вывод о том, что, несмотря на наличие ряда объективных предпосылок для развития инновационного сценария, складывающаяся в настоящий момент ситуация в российской энергетической отрасли в новых экономических условиях может быть охарактеризована как консервативная, что может привести в средне- и долгосрочной перспективе к потенциальному снижению конкурентоспособности отечественных промышленных предприятий.

Библиография

1. Батенин В.М. (ред.) Инновационная электроэнергетика – 21. М.: Энергия, 2017. 584 с.
2. Волтов И.П., Окорочков Р.В., Тимофеева А.А. Интеллектуальное управление сетевыми и сбытовыми энергокомпаниями на основе анализа больших данных // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2019. № 4 (42). С. 97-102.
3. Зубакин В.А. Государственное стимулирование трансформации электроэнергетики // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2019. Т. 10. № 4. С. 320-329.
4. Иваха Д.В., Прохоренко Н.Я. Интеллектуальная децентрализованная энергетическая сеть с транзакционным методом обмена // Наука без границ. 2021. № 2 (54). С. 16-22.
5. Илюшин П.В. Системный подход к развитию и внедрению распределенной энергетики и возобновляемых источников энергии в России // Энергетик. 2022. № 4. С. 20-26.
6. Кваша Н.В., Бондарь Е.Г. Распределенная и цифровая энергетика как инновационные элементы четвертого энергоперехода // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2021. Т. 14. № 6. С. 67-77.
7. Маркова В.М., Чурашев В.Н. Децентрализация энергетики: интеграция и инновации // ЭКО. 2020. № 4. С. 8-27.
8. Налбандян Г.Г., Ховалова Т.В. Концепция Интернета энергии в России: драйверы и перспективы // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 3. С. 60-65.
9. Холкин Д. и др. Архитектура Интернета энергии (IDEA). Версия 2.0 2021. URL: <https://idea-go.tech/IDEA-whitepaper-ru.pdf>
10. Холкин Д., Чаусов И. Цифровой переход в энергетике России: в поисках смысла // Энергетическая политика. 2018. № 5. С. 7-16.
11. Хохлов А. и др. Распределенная энергетика в России: потенциал развития. 2018. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf
12. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>

Prospects for the development of the Internet of energy as an innovative technology of digital power energy in Russia

Roman V. Okorokov

Doctor of Economics, Professor,
Higher School of Industrial Management,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
195251, 29, Politekhnikeskaya str., St. Petersburg, Russian Federation;
e-mail: roman_okorokov@mail.ru

Anna A. Timofeeva

PhD in Economics, Associate Professor,
Higher School of Industrial Management,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
195251, 29, Politekhnikeskaya str., St. Petersburg, Russian Federation;
e-mail: anna_ti@mail.ru

Dar'ya N. Rykhtik

Assistant Professor,
Higher School of Industrial Management,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
195251, 29, Politekhnikeskaya str., St. Petersburg, Russian Federation;
e-mail: ryhtik_dn@spbstu.ru

Abstract

The article discusses features of the emerging new innovative concept of the modern electric power industry – the Internet of energy, based on the accelerating processes of digitalization, decentralization and intellectualization of the energy complexes and characterized by a number of positive properties associated with improving reliability and quality of energy supply to consumers, increasing energy efficiency and reducing harmful emissions. The analysis of the external and internal environment of the new architecture of electric power industry is carried out to identify the most important factors that together determine the opportunities and threats to development of the concept of the Internet of energy; the main potential effects of creating domestic energy complexes on innovative principles are also presented. It is shown that intensive introduction of the Internet of energy technologies can effectively complement the traditional architecture of the domestic electric power industry, realizing the appearing new opportunities and reducing the existing risks in the emerging difficult environmental conditions. A qualitative scenario analysis of three directions of development of the Internet of energy technologies for the medium term, negative, conservative (basic) and innovative (positive), has been performed. It is concluded that, despite the existence of a number of objective prerequisites for the development of that innovative scenario, the current situation in the Russian electric power industry can be characterized as conservative, which may lead in the long term to a potential decrease in the competitiveness of the domestic power energy companies.

For citation

Okorokov R.V., Timofeeva A.A., Rykhtik D.N. (2022) Perspektivy razvitiya Interneta energii kak innovatsionnoi tekhnologii tsifrovoi energetiki v Rossii [Prospects for the development of the Internet of energy as an innovative technology of digital power energy in Russia]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 12 (10A), pp. 62-71. DOI: 10.34670/AR.2022.97.94.005

Keywords

Decentralized energy, digital technologies, Internet of energy, smart grid, energy efficiency.

References

1. Batenin V.M. (ed.) (2017) *Innovatsionnaya elektroenergetika – 21* [Innovative electric power industry – 21]. Moscow.
2. *Energeticheskaya strategiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2035 goda* [Energy strategy of the Russian Federation for the period up to 2035]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> [Accessed 10/10/2022]
3. Ilyushin P.V. (2022) Sistemnyi podkhod k razvitiyu i vnedreniyu raspredelennoi energetiki i vozobnovlyemykh istochnikov energii v Rossii [A systematic approach to the development and implementation of distributed energy and renewable energy sources in Russia]. *Energetik* [Power Engineer], 4, pp. 20-26.
4. Ivakha D.V., Prokhorenko N.Ya. (2021) Intellektual'naya detsentralizovannaya energeticheskaya set' s tranzaktsionnym metodom obmena [Intelligent decentralized energy network with transactional exchange method]. *Nauka bez granits* [Science without borders], 2 (54), pp. 16-22.
5. Kvasha N.V., Bondar' E.G. (2021) Raspredelennaya i tsifrovaya energetika kak innovatsionnye elementy chetvertogo energoperekhoda [Distributed and digital energy as innovative elements of the fourth energy transition]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki* [Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University. Economic Sciences], 6 (14), pp. 67-77.
6. Markova V.M., Churashev V.N. (2020) Detsentralizatsiya energetiki: integratsiya i innovatsii [Decentralization of energy: integration and innovation], *ECO*, 4, pp. 8-27.
7. Nalbandyan G.G., Khovalova T.V. (2018) Kontseptsiya Interneta energii v Rossii: draivery i perspektivy [The concept of the Internet of Energy in Russia: drivers and prospects]. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment* [Strategic decisions and risk management], 3, pp. 60-65.
8. Kholkin D., Chausov I. (2018) Tsifrovoy perekhod v energetike Rossii: v poiskakh smysla [Digital transition in the Russian energy sector: in search of meaning], *Energeticheskaya politika* [Energy policy], 5, pp. 7-16.
9. Kholkin D. et al. (2021) *Arkhitektura Interneta energii (IDEA). Versiya 2.0* [The architecture of the Internet of energy (IDEA). Version 2.0]. Available at: <https://idea-go.tech/IDEA-whitepaper-ru.pdf> [Accessed 09/10/2022]
10. Khokhlov A. et al. (2018) *Raspredelennaya energetika v Rossii: potentsial razvitiya* [Distributed energy in Russia: development potential]. Available at: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf [Accessed 08/10/2022]
11. Voltov I.P., Okorokov R.V., Timofeeva A.A. (2019) Intellektual'noe upravlenie setevymi i sbytovymi energokompaniyami na osnove analiza bol'shikh dannykh [Intelligent management of grid and distribution power companies based on big data analysis]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom* [Izvestia of Higher educational institutions. Series: Economics, Finance and Production Management], 4 (42), pp. 97-102.
12. Zubakin V.A. (2019). Gosudarstvennoe stimulirovanie transformatsii elektroenergetiki [State stimulation of electric power industry transformation]. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment* [Strategic decisions and risk management], 4 (10), pp. 320-329.