

ОТРАСЛЕВАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

С. К. Томский¹

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики» (Санкт-Петербург, Россия)

А. В. Максимцева²

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики» (Санкт-Петербург, Россия)

УДК: 330.16

doi: 10.55959/MSU0130-0105-6-60-6-3

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ОПТОВЫМИ ЦЕНАМИ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ И ЦЕНАМИ НА ТОПЛИВО В РОССИИ³

Энергетический сектор играет ключевую роль в экономическом развитии каждого государства, особенно такого большого и наделённого богатыми природными ресурсами, как Российская Федерация. В этой статье исследуется влияние цен на топливо на цены на электроэнергию в России. Мы провели детальный анализ существующей научной литературы, чтобы изучить влияние различных факторов на цены энергетических ресурсов на международном уровне. Проведен тест на коинтеграцию и оценена модель векторной авторегрессии (VAR), на основе которой построены функции отклика. В исследовании анализируются ежемесячные данные с января 2002 по февраль 2024 год по четырём категориям цен на электроэнергию: для населения, непромышленных потребителей, промышленных потребителей и транспорта. Проверка на коинтеграцию с применением теста Энгла — Грейнджера продемонстрировала, что цена на электроэнергию, поставляемую населению существенно связана со всеми видами топлива, в то время как цены на электроэнергию, поставляемую непромышленным потребителям, промышленным потребителям и транспорту интегрируются с газом и углём хотя бы в одном тесте с константой или константой и линейным трендом. Статья вносит значительный вклад в исследование благодаря заполнению пробелов

¹ Томский Савва Константинович — старший преподаватель Санкт-Петербургской школы экономики и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Санкт-Петербург; e-mail: savvatoms@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5295-8876.

² Максимцева Анна Викторовна — преподаватель, аспирант Санкт-Петербургской школы экономики и менеджмента, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Санкт-Петербург; e-mail: amaksimtseva@hse.ru, ORCID: 0009-0004-5219-7009.

³ Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

© Томский Савва Константинович, 2025



© Максимцева Анна Викторовна, 2025



в литературе, поскольку, несмотря на наличие отдельных российских исследований, отсутствуют сопоставимые работы, объединяющие длительный период до 2024 г., четыре направления отпуска электроэнергии и единую VAR-идентификацию ценового канала через топливо — этим обусловлена новизна работы. Было обнаружено, что цены на электроэнергию растут через 1–2 месяца после шоков в стоимости топлива, но это влияние почти полностью исчезает через 1–2 месяца. Это указывает на то, что российская экономика более устойчива к таким потрясениям, но также может свидетельствовать о меньшей конкуренции на электроэнергетическом рынке РФ и требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: цена на электроэнергию, Россия, цена угля, цена газа, цена дизеля, VAR.

Цитировать статью: Томский, С. К., & Максимцева, А. В. (2025). Анализ взаимосвязи между оптовыми ценами на электроэнергию и ценами на топливо в России. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, 60(6), 56–75. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-60-6-3>.

S. K. Tomsky

HSE University (St. Petersburg, Russia)

A. V. Maksimtseva

HSE University (St. Petersburg, Russia)

JEL: C32, Q40, Q41

THE RELATIONSHIP BETWEEN WHOLESALE ELECTRICITY PRICES AND FUEL PRICES IN RUSSIA

The energy sector plays a pivotal role in the economic development of any country, especially the one as large and resourceful as the Russian Federation. This paper examines the impact of fuel prices on electricity prices in Russia. We conduct an in-depth review of the academic literature to assess how various factors affect energy prices internationally. We then perform a cointegration test and estimate a vector autoregression (VAR), on the basis of which we construct impulse response functions. The analysis uses monthly data from January 2002 to February 2024 for four categories of electricity prices: households, non-industrial users, industrial users, and transportation. Engle–Granger cointegration tests show that the electricity price to households is significantly linked to all fuel types, whereas the prices for non-industrial users, industrial users, and transportation cointegrate with natural gas and coal in at least one specification with a constant or with a constant and a linear trend. The study contributes to the literature by filling a gap: although some Russian studies exist, we are not aware of comparable work that jointly covers a long period up to 2024, four delivery/consumer segments, and a unified VAR identification of the fuel-to-electricity price pass-through — this defines the novelty of the paper. We find that electricity prices tend to rise 1–2 months after fuel-cost shocks, but this effect almost completely dissipates within the following 1–2 months. This suggests that Russian economy is more resilient to such shocks,

but it may also point to lower competition in the Russian electricity market and warrants further investigation.

Keywords: electricity price, coal price, gas price, diesel price, VAR, Russia.

To cite this document: Tomsy, S. K., & Maksimtseva, A. V. (2025). Analysis of the relationship between wholesale electricity prices and fuel prices in Russia. *Lomonosov Economics Journal*, 60(6), 56–75. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-60-6-3>

Введение

Энергетический сектор имеет решающее значение для экономического развития любой страны, особенно такой крупной и богатой природными ресурсами, как Россия. Один из ключевых аспектов этого сектора — это взаимосвязь между ценами на электроэнергию и стоимостью топлива, включая природный газ, дизельное топливо и уголь. В условиях нестабильности мировых энергетических рынков, колебаний цен на топливо и изменения внешних условий после 2022 г., понимание этих взаимосвязей становится особенно актуальным.

Объект исследования — оптовый сегмент рынка электроэнергии России. Предмет исследования — взаимосвязь между ценами на топливо (природный газ, дизельное топливо, каменный уголь) и оптовыми ценами на электроэнергию, закупаемую сбытовыми организациями для последующей поставки населению, непромышленным, промышленным и транспортным потребителям. Цель исследования — оценить влияние динамики цен на природный газ, дизельное топливо и каменный уголь на оптовые цены электроэнергии по четырем направлениям отпуска.

Несмотря на критическую важность данной взаимосвязи для экономики России, на сегодняшний день, насколько нам известно, отсутствуют комплексные исследования, посвященные влиянию топливных цен на оптовые цены на электроэнергию в стране. Отдельные российские работы рассматривают причинно-следственные связи на энергетических рынках (Афанасьев, Федорова, 2018), однако сопоставимых по охвату периода до 2024 г. и межкатегориальных оценок на единой методологии нами не обнаружено. Данный пробел в академической литературе подчеркивает необходимость проведения такого анализа, что и является основной задачей данной статьи.

Согласно данным Ассоциации «НП Совет рынка» 61% электроэнергии вырабатывается на тепловых электростанциях, в которых используется сжигаемое топливо. Около 20% энергии производят атомные электростанции, 18,2% выработки приходится на гидроэнергетику и около 0,8% энергии производится с использованием возобновляемых источников. Такая зависимость от топлива делает российскую экономику уязвимой к колебаниям цен на мировых рынках, что требует де-

тального анализа и понимания взаимосвязей между ценами на топливо и электроэнергию.

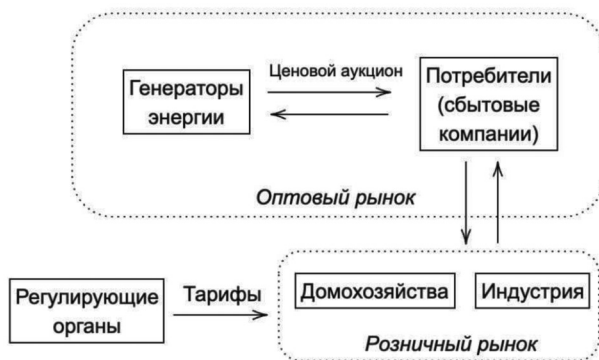


Рис. 1. Упрощенная схема рынка электроэнергии
Источник: составлено авторами.

В оптовом рынке электроэнергии участвуют генераторы энергии и потребители, представленные сбытовыми компаниями. Ценообразование на этом уровне осуществляется через ценовой аукцион, на котором генераторы предлагают свою электроэнергию, а сбытовые компании приобретают ее по наиболее выгодным ценам. Сбытовые компании, приобретая электроэнергию на оптовом рынке, далее распределяют ее на розничном рынке. Основными потребителями на розничном рынке являются домохозяйства и индустрия. В дальнейшем под оптовыми ценами мы понимаем закупочную цену электроэнергии, приобретаемой сбытовыми организациями для последующей поставки четырем категориям: населению, не промышленным, промышленным и транспортным потребителям.

Регулирующие органы играют значительную роль в функционировании данной системы, устанавливая тарифы, которые влияют на розничный рынок. В целом регулирование обеспечивает баланс интересов между производителями и потребителями, а также способствует устойчивости и надежности поставок электроэнергии. Таким образом, представленная схема иллюстрирует сложные взаимодействия и зависимости на рынке электроэнергии в России, подчеркивая важность регулирования и оптимального ценообразования для стабильного функционирования сектора.

Основываясь на современных методах анализа временных рядов, принятых в международной литературе, наше исследование опирается на подходы, подобные использованным в работе Бернала и др. (Bernal et al., 2018). В данном исследовании авторы использовали эмпирические методы, включая тесты на коинтеграцию и векторную авторегрессионную модель (VAR), для анализа влияния цен на ископаемое топливо на стоимость электроэнергии в Мексике. В нашем анализе российского рынка

мы применяем схожие подходы для изучения взаимосвязей между ценами на природный газ, дизельное топливо, уголь и оптовыми ценами на электроэнергию. Использование проверенных методик позволяет нам глубже понять динамику рынка, выявить значительное влияние колебаний цен на ископаемое топливо и оценить, как они воздействуют на ключевые показатели в российском контексте. Такой подход не только делает наши результаты сопоставимыми с международными исследованиями, но и повышает надежность и точность выводов. В выборку включены месячные данные с января 2002 г. по февраль 2024 г.; такой период обусловлен доступностью сопоставимых показателей для всех переменных.

Структура статьи следующая: во втором разделе мы рассматриваем литературу, посвященную анализу цен на электроэнергию как в международном, так и в российском контексте. В третьем разделе обсуждаются данные, которые мы использовали, и приводится их предварительный анализ. В четвертом разделе представлены результаты теста на коинтеграцию и оценки модели VAR.

Обзор литературы

История исследования цен на ресурсы показывает, что стоимость сырой нефти играет ключевую роль в объяснении макроэкономических и финансовых показателей. Еще в 1983 г. Гамильтон установил, что резкие изменения цен на нефть оказывают значительное влияние на экономическую активность, нередко предвещая периоды рецессии. Впоследствии Кунадо и Перес де Грасиа (Cunado, Perez de Gracia, 2003, 2005) продолжили эту тему, показав, что колебания цен на нефть существенно влияют на инфляцию и экономический рост в различных странах. Позднее исследования Кунадо и др. (Cunado et al., 2014, 2015), охватывающие более продолжительные временные интервалы, подтвердили эту взаимосвязь.

Влияние цен на нефть не ограничивается только экономической активностью. Исследования Бахмани-Оское и Сахи (Bahmani-Oskooee, Saha, 2015), а также Першин и др. (Pershin et al., 2016) выявили, что колебания цен на нефть оказывают значительное влияние на валютные курсы, вызывая их волатильность и изменяя торговые балансы стран. Влияние на финансовые рынки также существенно: работы Кунадо и Перес де Грасиа (Cunado, Perez de Gracia, 2014) и Диас и др. (Dias et al., 2016) показывают, что изменения цен на нефть сказываются на доходности фондового рынка, влияя на ожидания инвесторов и уровень риска.

Цены на сырую нефть также влияют на стоимость других сырьевых товаров. Например, Сари и др. (Sari et al., 2010) обнаружили значительную связь между ценами на нефть и золото, что объясняется их статусом «безопасных активов» в мировой экономике. В работах Брауна и Юсея (Brown, Yücel, 2008, 2009) было установлено, что повышение цен на нефть

обычно вызывает рост цен на природный газ, поскольку эти ресурсы тесно связаны. Более того, исследования Авалоса (Avalos, 2014) и Бауместера и Килиана (Baumeister, Kilian, 2014) показали, что изменения цен на нефть могут оказывать умеренное влияние на стоимость сельскохозяйственных продуктов, так как они увеличивают издержки на их производство и транспортировку.

Исследование Атила и др. (Atil et al., 2014) углубилось в тему нефтяных шоков, исследуя, как они по-разному влияют на экономику. Авторы применили методы асимметричной коинтеграции и несимметричных моделей коррекции ошибок, чтобы понять, чем отличается воздействие роста и падения цен на нефть. Их результаты показывают, что резкий рост цен на нефть может стимулировать экономическую активность, увеличивая доходы от экспорта и привлекая инвестиции в нефтяной сектор. Однако такие же скачки цен могут вызвать инфляцию и рост производственных затрат в других отраслях, что создает риски для экономической стабильности.

Исследование влияния ценовых шоков на ископаемое топливо и его воздействие на стоимость электроэнергии берет свое начало в статье Серлетиса и Герберта (Serletis, Herbert, 1999). В этой работе авторы изучили, как изменения цен на ресурсы связаны с ценами на электроэнергию. Изучив подробные ежедневные данные с октября 1996 г. по ноябрь 1997 г., исследователи установили взаимосвязь между ценами на природный газ и мазут на двух спотовых рынках. Это исследование заложило основу для последующих исследований, которые сосредоточились на взаимодействии цен на электроэнергию и невозобновляемые ресурсы, подчеркивая значимость данной темы.

Когда речь идет о взаимосвязи между ценами на электроэнергию и ископаемое топливо, особое внимание заслуживает анализ отношений между ценами на электроэнергию и природный газ. В исследовании Эмери и Лиу (Emery, Liu, 2002) было установлено, что фьючерсные цены на электроэнергию имеют тесную связь с фьючерсными ценами на природный газ. Подобные выводы сделаны и в работе Ву и др. (Woo et al., 2006), где выявлена двусторонняя причинно-следственная связь между оптовыми ценами на электроэнергию и природный газ в Техасе. Эти исследования подчеркивают ключевую роль природного газа в формировании цен на электроэнергию.

Еще один важный аспект касается влияния цен на различные виды топлива на стоимость электроэнергии. Например, Аше и др. (Asche et al., 2006) установили, что в Великобритании существует тесная взаимосвязь между рынками газа, нефти и электроэнергии, указывающая на их взаимозависимость. В другом исследовании Мжелде и Бесслер (Mjelde, Bessler, 2009) выявили, что в краткосрочной перспективе текущие пиковые цены на электроэнергию значительно влияют на стоимость природного газа,

тогда как в долгосрочной перспективе цены на топливо воздействуют на стоимость электроэнергии. Мохаммади (Mohammadi, 2009) обнаружил значительную долгосрочную связь между ценами на электроэнергию и уголь, а также менее выраженную корреляцию с ценами на нефть, что подчеркивает сложность и многоуровневость ценовой динамики на этих рынках.

В Европе Боско и др. (Bosco et al., 2010) исследовали долгосрочную связь между ценами на электроэнергию и газ в шести странах, применяя метод коинтеграции, что позволило им проследить устойчивые тенденции в этих рынках. В Испании Фурио и Чилиа (Furio, Chulia, 2012) исследовали причинно-следственные связи между ценами на электроэнергию, нефть и природный газ, подтвердив их ключевую роль в формировании стоимости электроэнергии. Аналогичные исследования Фрайденберга и др. (Frydenberg et al., 2014), проведенные в Великобритании, Германии и регионе Северного моря, выявили значительные корреляции между ценами на электроэнергию и такими энергоносителями, как нефть, природный газ и уголь.

Кроме того, Муноз и Дики (Muñoz, Dickey, 2009) исследовали, как спотовые цены на электроэнергию в Испании связаны с обменным курсом доллар/евро, учитывая влияние цен на нефть. Их работа подчеркивает, насколько сложны факторы, влияющие на цены на электроэнергию, и как важно учитывать различные рыночные переменные, чтобы понять, что именно движет этими ценами.

Исследование Бернала и др. (Bernal et al., 2018) стало важным вкладом в понимание того, как цены на ископаемое топливо влияют на стоимость электроэнергии в Мексике. Авторы использовали эмпирические методы для изучения взаимосвязей между ценами на нефть, природный газ, уголь и электроэнергию, применяя тесты на коинтеграцию и модель векторной авторегрессии (VAR). Выводы исследования показали, что изменения цен на ископаемое топливо оказывают значительное влияние на динамику цен на электроэнергию, особенно сильно воздействуют колебания стоимости природного газа и нефти. Это подчеркивает сложность и многогранность факторов, влияющих на энергетический рынок в развивающихся странах, таких как Мексика. Как и в нашем исследовании, в работе Бернала и др. (Bernal et al., 2018) подчеркивается важность учета взаимосвязей между различными источниками энергии для разработки точных и надежных моделей прогнозирования цен на электроэнергию.

Для российского контекста после 2022 г. академические работы фиксируют санкционные сдвиги в ТЭК и их ценовые последствия, формирующие внешний фон для канала передачи через топливные цены в электроэнергетику. Обсуждаются возможные эффекты санкций для составляющих цены на электроэнергию (Миллер, 2022), институциональные изменения и антимонопольные аспекты на рынке электроэнергетики в «новой реаль-

ности» (Гончаров, 2023), а также торговые и ценовые последствия ограничений для российских энергоносителей (Семикашев, 2022; Гребенников, 2024; Пылин, 2024). На международном уровне показано, что всплеск мировых цен на энергоносители в период конфликта России и Украины имеет значимые макро- и отраслевые последствия (Sun et al., 2024).

Недавние исследования акцентируют внимание на значимости влияния возобновляемых источников энергии и новых технологий на формирование цен на электроэнергию. Например, Бондио и др. (Bondio et al., 2018) выявили, что затраты на установку солнечных панелей существенно влияют на рынок электроэнергии. В их работе показано, что снижение стоимости установки солнечных панелей ведет к их более широкому использованию, что, в свою очередь, уменьшает общие затраты на производство электроэнергии и способствует стабилизации цен.

Кроме того, в исследовании Эллабана и Аласси (Ellabban, Alassi, 2019) рассматривалось влияние возобновляемых источников энергии на энергетические рынки. Авторы пришли к выводу, что интеграция таких источников, как солнечная, ветровая и гидроэнергия, может значительно снизить волатильность цен на электроэнергию. Их работа показала, что увеличение доли возобновляемых источников в общем энергетическом балансе способствует уменьшению колебаний цен, формируя более устойчивую и стабильную энергосистему, что, в свою очередь, поддерживает более стабильный экономический рост.

Исследования, посвященные анализу ценообразования на электроэнергию в России, играют важную роль в контексте национальной энергетической политики и экономического развития. В частности, они рассматривают как макроэкономические факторы, так и влияние новых технологий и возобновляемых источников энергии на динамику цен на электроэнергию.

Переход на возобновляемые источники энергии стал важным направлением в развитии энергетического сектора. В исследовании Митровой и Мельникова (Mitrova, Melnikov, 2019) анализируется влияние внедрения возобновляемых источников энергии на рынок электроэнергии в России. Авторы подчеркивают, что интеграция этих источников способна снизить стоимость электроэнергии и повысить ее доступность. Однако для успешного перехода требуются значительные инвестиции и масштабные изменения в инфраструктуре.

В этом контексте исследование Рослякова и Вечкинзова (Roslyakova, Vechkinzova, 2022) рассматривает влияние различных ценовых факторов на производство экологически чистой энергии в российских регионах. Авторы отмечают, что затраты на внедрение и эксплуатацию технологий для производства возобновляемой энергии существенно влияют на конечные цены на электроэнергию. Они также подчеркивают важность государственных субсидий и других стимулов для поддержки развития возоб-

новляемых источников, что может способствовать снижению цен и улучшению экологической ситуации в стране.

Гатагова (2012) исследует влияние экономического развития страны на цены на электроэнергию. Она отмечает, что экономические циклы существенно влияют на колебания цен в этом секторе. Это подчеркивает важность учета макроэкономических факторов для обеспечения стабильности и предсказуемости цен на электроэнергию.

Рыночные реформы и дерегулирование оказывают значительное влияние на цены на электроэнергию. В исследовании Ванадзиной (Vanadzina, 2017) рассматривается, как дерегулирование внутреннего газового рынка в России повлияло на цены на электроэнергию. Автор отмечает: дерегулирование привело к увеличению конкуренции на газовом рынке, что вызвало снижение цен на газ. Это, в свою очередь, способствовало снижению цен на электроэнергию. Исследование подчеркивает, что рыночные реформы могут играть важную роль в стабилизации и уменьшении стоимости энергии для потребителей.

Доходы от природных ресурсов оказывают значительное влияние на экономику России и, как следствие, на цены на электроэнергию. В исследовании Клиффорда и Барри (Clifford, Barry, 2013) рассматривается, как доходы от экспорта энергетических ресурсов воздействуют на российскую экономику. Авторы отмечают, что высокая зависимость от этих доходов делает экономику уязвимой к колебаниям мировых цен на энергоносители. Такие колебания напрямую влияют на внутренние цены на электроэнергию. Исследование подчеркивает важность диверсификации экономики и разработки стратегий, которые могли бы уменьшить зависимость от доходов от природных ресурсов, обеспечив большую стабильность в энергетическом секторе.

Множество исследований сосредоточено на том, как колебания цен на топливные ресурсы влияют на стоимость электроэнергии в разных странах. При этом, несмотря на наличие отдельных российских исследований, сопоставимых работ, объединяющих длительный период наблюдений до 2024 г., четыре категории оптовых цен и единую VAR-идентификацию ценового канала, нами не выявлено.

Данные и предварительный анализ

В нашем исследовании мы использовали данные по четырем категориям цен на электроэнергию: для населения, непромышленных потребителей, промышленных потребителей и транспорта. В дополнение к этому мы проанализировали данные по ценам на природный газ, дизельное топливо и уголь. Цены на электроэнергию представлены в рублях за МВт·час, цены на газ — в рублях за тысячу м³, а цены на уголь и дизельное топливо — в рублях за тонну. Период наблюдений: январь

2002 г. — февраль 2024 г. (266 месяцев). Данные взяты с официального сайта Росстата. В табл. 1 представлена подробная информация обо всех переменных и их описания.

Население в данном контексте представляет собой обычных людей, которые покупают электроэнергию непосредственно у поставщиков или через посредников, таких как сбытовые компании. Эта группа потребителей составляет большую часть всего рынка. Хотя люди зависят от электричества для повседневных нужд, они могут в какой-то степени адаптироваться к временному отключению, не теряя при этом полностью возможность вести привычный образ жизни.

Непромышленные потребители включают различные организации, такие как образовательные учреждения, медицинские учреждения, транспортные компании, компании связи, магазины и рестораны. Эти предприятия и индивидуальные предприниматели зависят от стабильных поставок электроэнергии для своей работы и обслуживания клиентов. Для них электроэнергия играет ключевую роль в поддержании бесперебойного функционирования всех процессов и операций.

Таблица 1

Обозначения переменных

	Описание переменной	Единица измерения
E1	Средние цены производителей электроэнергии, отпущенной населению	руб./МВт·час
E2	Средние цены производителей электроэнергии, отпущенной непромышленным потребителям	руб./МВт·час
E3	Средние цены производителей электроэнергии, отпущенной промышленным потребителям	руб./МВт·час
E4	Средние цены производителей электроэнергии, отпущенной транспорту	руб./МВт·час
G	Средние цены производителей на природный газ	руб./тыс. м ³
D	Средние цены производителей на дизельное топливо	руб./т
C	Средние цены производителей на каменный уголь	руб./т

Источник: составлено авторами.

Промышленные потребители составляют основную часть рынка электроэнергии и играют ключевую роль в потреблении и распределении энергии. Их потребление энергии тесно связано с уровнем производственной активности, внедрением новых технологий, колебаниями цен на электроэнергию и изменениями в регулирующих мерах. Эти предприятия часто более чувствительны к изменениям в поставках и стоимости электроэнер-

гии, и любые колебания могут существенно повлиять на их эффективность и конкурентоспособность.

Транспортный сектор — это важный потребитель электроэнергии, особенно с учетом роста популярности электрического транспорта. В эту категорию входят такие виды транспорта, как электропоезда, метро, трамваи, троллейбусы и электромобили. Электротранспорт играет ключевую роль в крупных городах, обеспечивая экологически чистое и эффективное перемещение людей. Например, метро и трамваи полностью зависят от бесперебойных поставок электроэнергии. Любое отключение может вызвать серьезные сбои в транспортной системе, что непосредственно влияет на мобильность и экономическую активность горожан.

В табл. 2 представлена статистика по различным видам топлива и электроэнергии. Средние значения показывают, что самые высокие цены наблюдаются для дизельного топлива (D) — 20 791,15 руб./т, что значительно превышает средние цены на электроэнергию и другие виды топлива. Электроэнергия для непромышленных потребителей (E2) также имеет высокое среднее значение — 3321,47 руб./МВт.ч, что указывает на существенные затраты для этого сегмента. Максимальные значения демонстрируют пики цен для каждого типа ресурса. Дизельное топливо (D) достигает максимума 47 963,39 руб./т, в то время как электроэнергия для населения (E1) имеет максимум 3584,81 руб./МВт.ч.

Таблица 2

Описательная статистика использованных данных

	Кол-во	Среднее	Ст. откл.	Мин.	Макс.	Skewness	Kurtosis	Jarque — Bera
G	266.00	1254.66	918.87	129.38	3842.57	0.75	-0.15	24.99
D	266.00	20791.15	10334.59	3712.97	47963.39	0.26	-0.86	11.37
C	266.00	1145.51	788.47	222.88	5738.72	1.53	4.28	307.52
E1	266.00	1888.26	889.16	310.47	3584.81	-0.02	-1.13	14.13
E2	266.00	3321.47	1659.38	711.10	6428.68	0.03	-1.22	16.62
E3	266.00	2169.69	1156.72	551.62	4632.27	0.39	-1.11	20.49
E4	266.00	2107.55	1230.76	536.72	4790.58	0.68	-1.10	33.62

Источник: расчеты авторов.

Минимальные значения показывают нижние границы ценовых колебаний, например, минимальная цена на природный газ (G) составляет 129,38 руб./тыс.м³. Электроэнергия для транспорта (E4) имеет минимальное значение 536.72 руб./МВт.ч.

Стандартное отклонение отражает степень разброса ценовых данных. Природный газ (G) имеет значительное стандартное отклонение — 918,87,

что указывает на значительные колебания цен. Для сравнения, электроэнергия для промышленных потребителей (Е3) имеет стандартное отклонение 1156,72, что свидетельствует о более стабильных ценах.

Асимметрия данных показывает направление и степень отклонения от нормального распределения. Положительная асимметрия наблюдается у природного газа (G, 0,75) и электроэнергии для транспорта (Е4, 0,68), что указывает на длинный правый хвост распределения. Отрицательная асимметрия у электроэнергии для населения (Е1, -0,02) показывает более длинный левый хвост распределения.

Экссесс (Kurtosis) измеряет «пики» распределения. Положительные значения эксцесса для угля (С, 4,28) указывают на более острое распределение по сравнению с нормальным. Например, отрицательный эксцесс для дизельного топлива (D) составляет -0,86, что говорит о более плоском распределении цен.

Тест Жарка — Бера используется для проверки нормальности распределения. Все переменные имеют значительные значения теста Жарка — Бера, особенно каменный уголь (С) со значением 307,52 и электроэнергия, отпущенная транспорту (Е4) — 33,62, что указывает на значительные отклонения от нормального распределения. Это требует использования в эмпирическом анализе логарифмированных данных.

Эмпирический анализ и результаты

Первым шагом в эмпирическом анализе является тестирование на наличие авторегрессионного единичного корня. Для этого мы провели расширенный тест Дики — Фуллера (1979) и Филиппса — Перрона (1988) для логарифмированных изначальных данных и для первых разностей логарифмированных данных (табл. 3). В обоих тестах нулевой гипотезой является наличие единичного корня против альтернативной о том, что переменная сгенерирована по стационарному процессу.

Таблица 3

Расширенный тест Дики — Фуллера и тест Филиппса — Перрона

	Расширенный тест Дики — Фуллера		Тест Филиппса — Перрона	
	Константа	Константа и линейный тренд	Константа	Константа и линейный тренд
<i>Изначальные данные</i>				
G	-1.212	-3.289*	-1.189	-3.248*
D	-2.169	-3.157*	-2.144	-3.303*
C	-1.619	-3.295*	-1.617	-3.488**

	Расширенный тест Дики — Фуллера		Тест Филиппса — Перрона	
	Константа	Константа и линейный тренд	Константа	Константа и линейный тренд
E1	-4.935***	-4.241***	-4.805***	-4.216***
E2	-2.395	-2.137	-2.882**	-1.875
E3	-1.555	-3.053	-1.621	-2.967
E4	-1.357	-3.082	-1.339	-2.899
<i>Первые разности</i>				
G	-15.741***	-15.716***	-15.800***	-15.772***
D	-12.552***	-12.609***	-12.289***	-12.341***
C	-16.105***	-16.107***	-16.106***	-16.108***
E1	-13.588***	-14.175***	-13.582***	-14.114***
E2	-17.827***	-18.043***	-18.326***	-18.755***
E3	-15.834***	-15.867***	-15.884***	-15.928***
E4	-18.927***	-18.911***	-19.010***	-18.998***

***, **, * обозначают значимость на 1%, 5%, 10% соответственно.

Источник: расчеты авторов.

По результатам тестов мы видим, что переменная E1 показывает стационарность и на исходных данных, и на первых разностях. Некоторые другие переменные также показывают стационарность на уровне значимости 10% при тестировании с константой и линейным трендом. Визуальный анализ позволяет понять, что в исходных данных этих переменных присутствует тренд. При этом для всех переменных четко наблюдается стационарность для первых разностей. Таким образом, мы будем строить оценки модели VAR на первых разностях.

Следующим шагом анализа является тестирование на коинтеграцию, которая выявляет наличие общего стохастического тренда. Для этих целей мы провели тест Энгла — Грейнджера на коинтеграцию, основанном на расширенном тесте Дики — Фуллера (Engle, Granger, 1987).

По результатам теста Энгла — Грейнджера переменная E1 показала значимую коинтеграцию со всеми видами топлива, переменные E2, E3 и E4 с газом и углем хотя бы при одном виде теста с константой или с константой и линейным трендом (табл. 4).

Тест Энгла — Грейнджера на коинтеграцию

	Газ		Дизель		Уголь	
	Константа	Константа и линейный тренд	Константа	Константа и линейный тренд	Константа	Константа и линейный тренд
E1	-4.558***	-4.355**	-3.478**	-3.381	-3.917**	-3.872**
E2	-3.741**	-2.991	-2.857	-2.240	-3.618**	-2.749
E3	-3.415**	-3.135	-2.917	-3.107	-3.859**	-3.486
E4	-2.467	-3.987**	-2.660	-3.069	-3.228*	-3.123

***, **, * обозначают значимость на 1%, 5%, 10% соответственно.

Источник: расчеты авторов.

Основным шагом эмпирического анализа является построение модели векторной авторегрессии (VAR), следуя за работами (Hamilton, 1983; Cunado, Perez de Garcia, 2014; Bernal, 2018). Данная модель позволит понять взаимосвязь между ценами на электроэнергию и ценами на топливо. VAR-модель порядка p , включающая k переменных может быть представлена в виде:

$$y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i y_{t-i} + \varepsilon_t,$$

где p — количество лагов;

y_t — вектор всех переменных в модели;

β_0 — вектор констант;

β_i — матрица коэффициентов;

ε_t — вектор ошибок модели.

Количество лагов выбиралось по информационному критерию AIC. После оценивания коэффициентов мы провели тесты на стабильность. Согласно (Lutkepohl, 2005; Hamilton, 1994) модель VAR стабильна, если собственное значение матрицы коэффициентов строго меньше 1. Результаты этих тестов показывают, что построенные нами модели VAR удовлетворяют условию стабильности. По результатам модели VAR построены функции отклика цены на электроэнергию (E1, E2, E3, E4) на шоки в ценах на топливо (рис. 2).

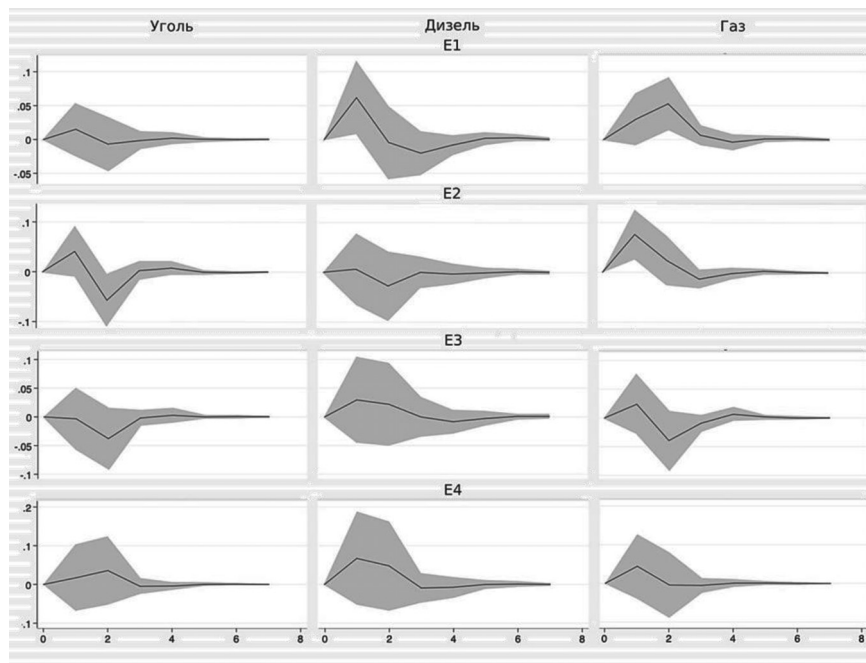


Рис. 2. Графики функций отклика цены на различные виды электроэнергии в ответ на шоки в ценах на топливо

Примечание: Серая область обозначает 95%-й доверительный интервал.

Источник: расчеты авторов.

Из графиков можно заметить, что цена на электроэнергию, отпущенную населению E1, реагирует на прирост цены всех видов топлива приростом на первый-второй месяц. Однако данная реакция сразу же практически исчезает на следующий месяц. Наибольшая реакция цены наблюдается при росте цены дизеля и газа, при росте цены угля реакция меньше.

Цена на электроэнергию, отпущенная непромышленным потребителям, увеличивается в первый месяц после шока цены на уголь и газ. Более того, на второй месяц цена сильно падает в ответ на шок цены угля. Однако мы наблюдаем, что при росте цены дизеля нет четко выраженной реакции, так как доверительный интервал покрывает как зоны роста, так и зоны падения цены.

Если рассматривать цену на электроэнергию, отпущенную промышленным потребителям, достаточно выраженную положительную реакцию можно увидеть в ответ на шок цены газа. Реакции в ответ на шоки цен остальных двух видов топлива неоднозначна, так как доверительный интервал покрывает как зоны роста, так и зоны падения цены. Такую

же неоднозначную реакцию мы видим в ценах на электроэнергию, отпущенную транспорту.

Релевантность полученных эффектов усиливается в 2022–2024 гг.: внешние ограничения и перестройка экспортно-логистических потоков воздействуют на электроэнергетику прежде всего через динамику цен на газ, уголь и нефтепродукты (см. обзор литературы). Поскольку идентификация в работе опирается на наблюдаемые цены топлива, представленные импульсные отклики описывают именно ценовой канал передачи этих шоков в оптовые цены электроэнергии. Практически это означает, что выявленные лаги 1–2 месяца и кратковременность отклика можно использовать для калибровки горизонтов и интенсивности мер тарифного сглаживания, а также для планирования закупочных бюджетов и запасов у бытовых и крупных потребителей.

Заключение

В заключение можно отметить, что проведенное исследование показало наличие значимых взаимосвязей между ценами на электроэнергию и ценами на топливо в России. Построенные модели VAR продемонстрировали, что цены на электроэнергию реагируют на изменения цен на природный газ, дизельное топливо и уголь, однако сила и характер этих реакций варьируются в зависимости от категории потребителей электроэнергии. Наибольшая чувствительность была зафиксирована в отношении цен на природный газ и дизельное топливо, тогда как реакции на изменения цен на уголь были менее выраженными и менее стабильными.

По результатам тестов на стационарность, переменная $E1$ показывает стационарность и на изначальных данных, и на первых разностях. Некоторые другие переменные также показывают стационарность на уровне значимости 10% при тестировании с константой и линейным трендом. Визуальный анализ позволяет понять, что в изначальных данных этих переменных присутствует тренд, при этом для всех переменных четко наблюдается стационарность для первых разностей. Таким образом, оценки модели VAR были построены на первых разностях.

Тестирование на коинтеграцию с использованием теста Энгла — Грейнджера показало, что переменная $E1$ имеет значимую коинтеграцию со всеми видами топлива, тогда как переменные $E2$, $E3$ и $E4$ коинтегрируют с газом и углем хотя бы при одном виде теста с константой или с константой и линейным трендом.

Основной вклад статьи заключается в заполнении исследовательского пробела в литературе, так как аналогичные работы по российскому рынку отсутствуют. Выявлено, что цены на электроэнергию увеличиваются на 1–2 месяца после шоков в ценах на топливо, однако данное

влияние практически нивелируется спустя 1–2 месяца. Это указывает на то, что экономика России более устойчива к такого рода шокам, однако это может также свидетельствовать о менее конкурентной среде в электроэнергетическом рынке РФ и требует дальнейшего анализа.

Полученные результаты имеют важное значение для энергетической политики и регулирования рынка электроэнергии в России: они подтверждают необходимость учитывать колебания цен на топливо при тарифных решениях и в долгосрочном планировании, а также полезны для прогнозирования динамики оптовых цен. Оценённые задержки и амплитуды реакций могут использоваться регуляторами для калибровки стресс-сценариев и тарифов, в анализе энергетической безопасности — для оценки уязвимости ценового канала, а бизнесом — для бюджетирования затрат и управления ценовыми рисками. Это особенно важно в условиях санкционного давления.

Таким образом, данное исследование вносит значимый вклад в понимание механики ценообразования на рынке электроэнергии в России и открывает новые перспективы для дальнейших исследований в этой области, направленных на повышение устойчивости и эффективности энергетической системы страны.

Список литературы

Афанасьев, Д. О., & Федорова, Е. А. (2018). Внешние и внутренние детерминанты рынка электроэнергии: мультимасштабный адаптивный каузальный анализ. *Журнал Новой экономической ассоциации*, (3), 33–54.

Гатагова, С. В. (2012). Анализ динамики цен на электроэнергию в Российской Федерации в зависимости от ее экономического развития. *Экономика и бизнес*, 3(4), 123–137.

Гончаров, В. А. (2023). Рынок электроэнергетики в России: текущее состояние, перспективы развития и антимонопольный контроль. *Экономика строительства*, (9), 29–34.

Гребенников, И. В. (2024). Влияние санкций на торговлю российской нефтью. *Российский внешнеэкономический вестник*, (2), 121–130. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2024-2-121-130>.

Миллер, Е. М. (2022). Возможные эффекты санкций для составляющих цены на электроэнергию в России. *Российская экономика в тенденциях и перспективах*, 29(12), 28–32.

Пылин, А. Г. (2024). Проблемы и перспективы энергетического экспорта России в условиях санкций. *Российский внешнеэкономический вестник*, (6), 99–116. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2024-6-99-116>.

Семикашев, В. В. (2022). Экономическая политика для отраслей ТЭК России в условиях санкций. *Энергетическая политика*, 174(8), 28–41.

Asche, F., Osmundsen, P., & Sandsmark, M. (2006). The UK market for natural gas, oil and electricity: Are the prices decoupled? *The Energy Journal*, 27(2), 27–41. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol27-No2-2>.

Atil, A., Lahiani, A., & Nguyen, D. K. (2014). Asymmetric and nonlinear pass-through of crude oil prices to gasoline and natural gas prices. *Energy Policy*, 65, 567–573. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.064>.

Avalos, F. (2014). Do oil prices drive food prices? The tale of a structural break. *Journal of International Money and Finance*, 42, 253–271. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2013.08.014>.

Bahmani-Oskooee, M., & Saha, S. (2015). On the relation between stock prices and exchange rates: A review article. *Journal of Economic Studies*, 42(2), 702–732. <https://doi.org/10.1108/JES-03-2015-0043>.

Baumeister, C., & Kilian, L. (2014). Do oil price increases cause higher food prices? *Economic Policy*, 29(80), 691–747. <https://doi.org/10.1111/1468-0327.12039>.

Bernal, B., Molero, J. C., & Perez De Gracia, F. (2019). Impact of fossil fuel prices on electricity prices in Mexico. *Journal of Economic Studies*, 46(2), 356–371. <https://doi.org/10.1108/JES-07-2017-0198>.

Bondio, S., Shahnazari, M., & McHugh, A. (2018). The technology of the middle class: Understanding the fulfilment of adoption intentions in Queensland's rapid uptake residential solar photovoltaics market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 642–651. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.035>.

Bosco, B., Parisio, L., Pelagatti, M., & Baldi, F. (2010). Long-run relations in European electricity prices. *Journal of applied econometrics*, 25(5), 805–832. <https://doi.org/10.1002/jae.1095>.

Brown, S. P. A., & Yücel, M. K. (2008). What drives natural gas prices? *Energy Journal*, 29(2), 43–58. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol29-No2-3>.

Brown, S. P. A., & Yücel, M. K. (2009). Market arbitrage: European and North American natural gas prices. *Energy Journal*, 30(11), 167–186.

Clifford, G. G., & Barry, W. I. (2013). Resource rents and the Russian economy. *Economic Geography*, 46(8), 559–580. <https://doi.org/10.2747/1538-7216.46.8.559>

Cunado, J., & Perez de Gracia, F. (2003). Do oil price shocks matter? Evidence for some European countries. *Energy Economics*, 25(15), 137–154. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(02\)00099-3](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(02)00099-3).

Cunado, J., & Perez de Gracia, F. (2005). Oil prices, economic activity and inflation: Evidence for some Asian economies. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 45(2), 65–83. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2004.02.003>.

Cunado, J., & Perez de Gracia, F. (2014). Oil price shocks and stock market returns: Evidence for some European countries. *Energy Economics*, 42, 365–377. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.10.017>.

Cunado, J., Jo, S., & Perez de Gracia, F. (2015). Macroeconomic impacts of oil price shocks in Asian economies. *Energy Policy*, 86, 867–879. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.05.004>.

Diaz, E. M., Molero, J. C., & Perez de Gracia, F. (2016). Oil price volatility and stock returns in the G7 economies. *Energy Economics*, 54, 417–430. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.01.002>.

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427–431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>.

Ellabban, O., & Alassi, A. (2019). Integrated Economic Adoption Model for residential grid-connected photovoltaic systems: An Australian case study. *Energy Reports*, 5, 310–326. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.02.004>.

Emery, G. W., & Liu, Q. (2002). An analysis of the relationship between electricity and natural-gas futures prices. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 22(2), 95–122. <https://doi.org/10.1002/fut.2209>.

Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>.

Frydenberg, S., Onochie, J. I., Westgaard, S., Midtsund, N., & Ueland, H. (2014). Long-term relationships between electricity and oil, gas and coal future prices-evidence from Nordic countries, Continental Europe and the United Kingdom. *OPEC Energy Review*, 38(2), 216–242. <https://doi.org/10.1111/opecl.12025>.

Furió, D., & Chuliá, H. (2012). Price and volatility dynamics between electricity and fuel costs: Some evidence for Spain. *Energy Economics*, 34(6), 2058–2065. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.02.014>.

Hamilton, J. D. (1983). Oil and the macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, 91(2), 228–248. <https://doi.org/10.1086/261140>.

Hamilton, J. D. (1994). State-space models. *Handbook of econometrics*, 4, 3039–3080. [https://doi.org/10.1016/S1573-4412\(05\)80019-4](https://doi.org/10.1016/S1573-4412(05)80019-4).

Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer Science & Business Media.

Mitrova, T., & Melnikov, Y. (2019). Energy transition in Russia. *Energy Research & Social Science*, 3, 73–80. <https://doi.org/10.1007/s41825-019-00016-8>.

Mjelde, J. W., & Bessler, D. A. (2009). Market integration among electricity markets and their major fuel source markets. *Energy Economics*, 31(3), 482–491. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.02.002>.

Mohammadi, H. (2009). Electricity prices and fuel costs: Long-run relations and short-run dynamics. *Energy Economics*, 31(3), 503–509. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.02.001>.

Muñoz, M. P., & Dickey, D. A. (2009). Are electricity prices affected by the US dollar to Euro exchange rate? The Spanish case. *Energy Economics*, 31(6), 857–866. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.05.011>.

Pershin, V., Molero, J. C., & Perez de Gracia, F. (2016). Exploring the oil prices and exchange rates nexus in some African economies. *Journal of Policy Modeling*, 38(1), 166–180. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2015.11.001>.

Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335–346. <http://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335>

Roslyakova, N., & Vechkinzova, E. (2022). Eco-Friendly Energy Production: The Influence of Price Factors in the Regions of Russia. *Frontiers in Energy Research*, 10, 869588. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.869588>.

Sari, R., Hammoudeh, S., & Soytas, U. (2010). Dynamics of oil price, precious metal prices, and exchange rate. *Energy Economics*, 32(2), 351–362. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.08.010>.

Serletis, A., & Herbert, J. (1999). The message in North American energy prices. *Energy Economics*, 21(5), 471–483. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(99\)00015-8](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(99)00015-8).

Sun, M., Cao, X., Liu, X., Cao, T., & Zhu, Q. (2024). The Russia – Ukraine conflict, soaring international energy prices, and implications for global economic policies. *Heliyon*, 10(16), e34712. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34712>.

Vanadzina, E. (2017). *Russian gas market: Domestic market deregulation impact on electricity prices*. 2017 14th International Conference on the European Energy Market (EEM). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EEM.2017.7981878>.

Woo, C. K., Olson, A., Horowitz, I., & Luk, S. (2006). Bi-directional causality in California's electricity and natural-gas markets. *Energy Policy*, 34(15), 2060–2070. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.02.016>

References

Afanasyev, D. O., & Fedorova, E. A. (2018). External and internal determinants of the electricity market: A multiscale adaptive causal analysis. *Journal of the New Economic Association*, (3), 33–54.

Gatagova, S. V. (2012). Analysis of the dynamics of electricity prices in the Russian Federation depending on its economic development. *Economics and Business*, 3(4), 123–137.

Goncharov, V. A. (2023). The Russian electricity market: current state, development prospects, and antimonopoly control. *Ekonomika stroitel'stva [Construction Economics]*, (9), 29–34.

Grebennikov, I. V. (2024). The impact of sanctions on Russia's oil trade. *Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik [Russian Foreign Economic Journal]*, (2), 121–130. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2024-2-121-130>.

Miller, E. M. (2022). Possible effects of sanctions on the components of electricity price in Russia. *Rossiiskaia ekonomika v tendentsiiakh i perspektivakh [Russian Economy: Trends and Perspectives]*, 29(12), 28–32.

Pylin, A. G. (2024). Challenges and prospects of Russia's energy exports under sanctions. *Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik [Russian Foreign Economic Journal]*, (6), 99–116. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2024-6-99-116>.

Semikashov, V. V. (2022). Economic policy for Russia's fuel and energy complex under sanctions. *Energeticheskaya politika [Energy Policy]*, 174(8), 28–41.