

Научная статья

УДК 332.12

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18609>

EDN: <https://elibrary/TKRWKR>



ФОРМИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ РЫНКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИЙСКИХ РЕГИОНАХ

Г.С. Чеботарева , А.А. Двинянинов 

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Екатеринбург, Российская Федерация

 g.s.chebotareva@urfu.ru

Аннотация. Данная работа представляет собой очередную публикацию авторов, посвященную тематике масштабирования биогазовых технологий на отечественном энергетическом рынке. *Актуальность исследования* обусловлена необходимостью решения проблем надежного энергоснабжения изолированных и труднодоступных территорий в российских регионах, совмещенных с мероприятиями энергоперехода, декларируемыми на национальном уровне. *Цель работы* – разработка концепции локальных рынков энергии, функционирующих на указанных территориях на основе применения биогазовых технологий. Примененные *методы* включают системный подход к сбору и обработке данных, сравнение и обобщение исходной информации, а также визуализацию полученных результатов. Используются результаты предыдущих исследований, посвященных оценке экономической целесообразности применения биогазовых установок в российской практике, актуальные нормативно-правовые акты в области регулирования отечественных энергорынков и накопленные статистические данные по регионам. Полученные *результаты исследования* показывают, что в текущих условиях реалистично масштабирование биогазовых технологий в российских регионах. Это возможно за счет формирования в энергосекторе новой категории – локальных рынков энергии, предполагающих строительство и эксплуатацию биогазовых комплексов заинтересованными агро-, рыбо- и лесопромышленными предприятиями для собственного энергообеспечения и устойчивого энергоснабжения изолированных и труднодоступных территорий. В частности, предложена архитектура подобных локальных рынков, включающая характеристику его специфических элементов, и алгоритм функционирования. По принципу «светофора» разработана карта потенциальных локальных рынков энергии в российских регионах, учитывающая совокупность географических, природно-климатических и экономических критериев. Предложены программы государственной финансово-экономической и регуляторной поддержки отечественного биогазового сектора, направленные на производителей и владельцев крупных биогазовых установок, а также косвенно – для стимулирования локальных рынков энергии. Все вышеуказанное обосновывает новизну и практическую ценность полученных результатов. *Направления дальнейших исследований* включают комплексную оценку эффективности использования крупных биогазовых установок при выходе агро-, рыбо- и лесопромышленных предприятий на розничные рынки электроэнергии для формирования новых источников дохода; технико-экономическое обоснование современных биогазовых технологий и формирование условий для их обоснованного применения в условиях низких температур в отдельных российских регионах.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, биогазовые технологии, локальный рынок энергии, изолированные и труднодоступные территории, российский регион, устойчивое энергоснабжение

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда в рамках реализации проекта «Исследование закономерностей устойчивого развития российских регионов в условиях перехода энергетического сектора к “зеленой” парадигме» (Соглашение

№23-78-01242, <https://rscf.ru/project/23-78-01242/>), а также при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Программы развития Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина в соответствии с программой стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Для цитирования: Чеботарева Г.С., Двинянинов А.А. (2025) Формирование локальных рынков энергии на основе биогазовых технологий в российских регионах. *П-Еconomy*, 18 (6), 159–176. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18609>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18609>



CREATION OF LOCAL ENERGY MARKETS BASED ON BIOGAS TECHNOLOGIES IN RUSSIAN REGIONS

G.S. Chebotareva  , A.A. Dvinayninov 

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Yekaterinburg, Russian Federation

 g.s.chebotareva@urfu.ru

Abstract. This work is the next authors' publication devoted to the topic of scaling biogas technologies in the Russian energy market. The *relevance of this study* is determined by the need to address the problems of reliable energy supply to isolated and remote territories in Russian regions, combined with energy transition measures declared at the national level. The *aim of the study* is to develop a concept of local energy markets operating in these territories based on the use of biogas technologies. The *methods* used include a systematic approach to data collection and processing, comparison and generalization of initial information, as well as visualization of the results obtained. The study utilizes findings from previous research on assessing the economic feasibility of biogas plants in Russian practice, current regulatory legal acts governing domestic energy markets, and accumulated regional statistical data. The obtained research *results* showed that, under current conditions, the scaling of biogas technologies in Russian regions is realistic. It is possible due to the formation of a new category in the energy sector – local energy markets, that involve the construction and operation of biogas facilities by interested agricultural, fishery and forestry enterprises for their own energy supply and sustainable energy supply to isolated and remote territories. In particular, the architecture of such local markets is proposed, which includes a description of its specific elements and an algorithm of functioning. Based on the “traffic light” principle, a map of potential local energy markets in Russian regions was developed, taking into account a set of geographical, natural, climatic and economic criteria. Programs for state financial, economic and regulatory support for the national biogas sector were proposed, aimed at producers and owners of large biogas facilities, as well as indirectly aimed at stimulating local energy markets. All of the above substantiates the novelty and practical value of the results obtained. *Directions of further research* include the comprehensive efficiency assessment of using large biogas facilities when agricultural, fishery and forestry enterprises enter retail electricity markets to generate new sources of income; the feasibility study of modern biogas technologies and the creation of conditions for their reasonable use in conditions of low temperatures in specific Russian regions.

Keywords: alternative energy, biogas technologies, local energy market, remote and isolated territories, Russian region, sustainable energy supply

Acknowledgements: The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-78-01242 “A study of the patterns of sustainable development of Russian regions in the context of the energy sector's transition to a “green” paradigm” (Available online: <https://rscf.ru/project/23-78-01242/>) and by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment development programs of the Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin in accordance with the strategic academic leadership program “Priority-2030”.



Citation: Chebotareva G.S., Dvinayninov A.A. (2025) Creation of local energy markets based on biogas technologies in Russian regions. *П-Economy*, 18 (6), 159–176. DOI: <https://doi.org/10.18721/ПЕ.18609>

Введение

Данная статья является продолжением серии авторских работ, посвященных изучению практической целесообразности развития биогазовой энергетики в российских регионах. Предыдущие исследования связаны со сценарной оценкой экономической эффективности биогазовых установок для исключительно домашнего использования [1], крупных биогазовых установок для совместного использования промышленным предприятием и населением [2] как альтернативы централизованному энергоснабжению, в том числе на примере отдаленных территорий российских регионов [3], а также с комплексным анализом отечественного биогазового сектора, включая особенности законодательного регулирования и современное состояние рынка оборудования [4]. С учетом полученных результатов текущая работа посвящена следующему этапу — вопросу масштабирования применения биогазовых технологий в российских регионах при формировании нового сегмента энергорынка.

Актуальность исследования

На протяжении длительного времени одним из важнейших вызовов перед российским энергосектором и экономикой в целом является низкий уровень энергоснабжения российских регионов. С одной стороны, текущая переориентация на обеспечение потребностей внутреннего рынка [5] и активная реализация программ социальной газификации и догазификации¹ [6] частного сектора и государственных учреждений позволили по итогам 2024 г. повысить средний уровень газификации в России почти до 75%, что признано отечественными экспертами одним из самых высоких показателей в мире². Более того, целевой показатель по газификации к концу 2030 г. зафиксирован на уровне 82,9%, а к 2050 г. уже должен превысить 86%³.

С другой стороны, данная проблема практически не решается для изолированных и труднодоступных территорий. По некоторым оценкам, такие территории занимают до 65% России⁴ [7]. Энергоснабжение здесь осуществляется в сложных климатических и природных условиях и, как правило, основано на использовании привозного — дорогостоящего и неэкологичного — дизельного топлива, мазута, оно также характеризуется низким уровнем надежности⁵. Высокая стоимость энергоснабжения зачастую компенсируется потребителям за счет мер региональной поддержки, которые носят несистемный характер⁶ и требуют увеличения объемов бюджетного субсидирования⁷.

В данной работе под изолированными и труднодоступными понимаются территории, которые не охвачены централизованным энергоснабжением. В частности, к их числу относятся

¹ Воропаева В. (2024) *Путин о будущем газовой индустрии России: ожидаются важные перемены*. [online] Available at: <https://finance.mail.ru/2024-09-26/putin-o-buduschem-gazovoy-industrii-rossii-ozhidayutsya-vazhnye-peremeny-62965036/> [Accessed 14.08.2025]. (in Russian).

² Кожемяченко К. (2025) *В 2024 г. газификация России достигла почти 75%: Минэнерго РФ отмечает, что по итогам прошлого года страна добилась самого высокого показателя в мире*. [online] Available at: <https://neftegaz.ru/news/gazoraspredeleniye/884017-v-2024-g-gazifikatsiya-rossii-dostigla-pochti-75/> [Accessed 13.08.2025]. (in Russian).

³ ТАСС (2025) *Уровень газификации РФ в 2024 году стал самым высоким в мире*. [online] Available at: <https://tass.ru/ekonomika/23465103> [Accessed 13.08.2025]. (in Russian).

⁴ Румянцева С. (2025) *Изолированным территориям нужны возможности*. [online] Available at: <https://www.eprussia.ru/epr/503-504/9-859890.htm> [Accessed 13.08.2025]. (in Russian).

⁵ Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации (2020) *Объекты генерации в изолированных и труднодоступных территориях в России: Аналитический доклад*. [online] Available at: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/генерации_в_ИТТ.pdf [Accessed 10.12.2025]. (in Russian).

⁶ Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации (2017) *Энергоснабжение изолированных территорий в России и мире. Энергоснабжение изолированных территорий*, 14–18. [online] Available at: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/14142.pdf> [Accessed 10.12.2025]. (in Russian).

⁷ Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации (2020) *Объекты генерации в изолированных и труднодоступных территориях в России: Аналитический доклад*. [online] Available at: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/генерации_в_ИТТ.pdf [Accessed 10.12.2025]. (in Russian).

села, деревни, иные поселения, технологически изолированные в силу своего географического расположения и сложных климатических условий или отдаленные от муниципальных центров из-за значительных расстояний⁸.

Особую актуальность данного вопроса подтверждают недавние кейсы. Так, летом 2025 г. выявлены серьезные нарушения в энергоснабжении отдаленного села Онгурён в Иркутской области, расположенного в 150 км от районного центра, — в настоящее время подача энергии здесь осуществляется только по 12 часов в сутки. Суд обязал восстановить бесперебойное круглосуточное и надежное энергообеспечение данной территории⁹. Аналогичная ситуация сложилась в трех населенных пунктах Казачинско-Ленского района Иркутской области, где ранее электричество также включалось только по графику¹⁰. В Забайкальском крае принято решение действовать на опережение — на фоне планируемого энергодефицита будет создана компания для обеспечения отдаленных сел региона электроэнергией за счет внедрения автономных гибридных энергоустановок (солнечные панели и дизель-генераторы)¹¹.

Предлагаемый отечественными министерствами и ведомствами путь по строительству генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (преимущественно объектов солнечной, ветровой и малой гидроэнергетики) и сопутствующей инфраструктуры¹² не способен полностью и в ближайшей перспективе устранить указанные проблемы; в первую очередь за счет их масштабы, а также ограниченности программы поддержки сектора — Программы договоров о предоставлении мощности для ВИЭ (ДПМ ВИЭ 2.0), без которой подобные длительные и капиталоемкие проекты в современных условиях являются экономически неэффективными [8]. Например, для покрытия энергодефицита на юге России рассматривается вопрос о том, чтобы эффективно реализовать строительство систем накопления энергии через структуры ПАО «Россети» за счет пятилетней индексации тарифа на передачу электроэнергии, а не специального конкурса — аналога ДПМ ВИЭ, как предлагалось ранее¹³.

Следовательно, для решения вопроса надежного энергоснабжения изолированных и труднодоступных территорий требуется не просто разработка иных способов, а формирование на местах нового сегмента в рамках существующего энергорынка. Причем его создание должно учитывать специфику каждой территории, характеризоваться уникальными собственными архитектурой и требованиями к участникам и механизмам ценообразования, мерами государственной поддержки и т.п., а также принимать во внимание декларируемые на национальном уровне задачи по обеспечению поэтапного перехода отечественной энергетики к углеродно-нейтральной модели [9].

⁸ Министерство энергетики РФ (2024) *Модернизация объектов генерации в изолированных и труднодоступных территориях*. [online] Available at: <https://minenergo.gov.ru/industries/power-industry/modernizatsiya-obektov-generatsii-v-izolirovannykh-i-trudnodostupnykh-territoriyakh-> [Accessed 01.12.2025]. (in Russian); Российское газовое общество (2023) *Комитет Государственной Думы по энергетике обсудил законодательное обеспечение развития распределенной энергетики в изолированных и труднодоступных территориях в Якутске*. [online] Available at: <https://gazo.ru/ru/news/sector/komit-et-gosudarstvennoy-dumy-po-energetike-obsudil-zakonodatelnoe-obespechenie-razvitiya-raspredelennoy-energetiki-v-izolirovannykh-i-trudnodostupnykh-territoriyakh-v-yakutske> [Accessed 01.12.2025]. (in Russian); Информационно-правовое обеспечение Гарант (2005) *Градостроительный кодекс РФ (ГрК РФ) от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ*. [online] Available at: <https://base.garant.ru/12138258/> [Accessed 01.12.2025]. (in Russian).

⁹ Энергетика и промышленность России (2025) *Суд обязал обеспечить круглосуточное электроснабжение села в Иркутской области*. [online] Available at: <https://www.eprussia.ru/news/base/2025/4978786.htm> [Accessed 14.08.2025]. (in Russian).

Тасс (2025) *В Сибири обязали обеспечить круглосуточным электроснабжением труднодоступное село*. [online] Available at: <https://tass.ru/proissheshestviya/24752979> [Accessed 14.08.2025]. (in Russian).

¹⁰ Благоразумов Н. (2024) *Северный район Иркутской области отсудил круглосуточную подачу электричества*. [online] Available at: <https://www.irk.kp.ru/online/news/5817152/> [Accessed 14.08.2025]. (in Russian).

¹¹ Chita.ru (2025) *Компанию для производства электричества в отдаленных сёлах планируют создать в Забайкалье – ЦБ*. [online] Available at: <https://www.chita.ru/text/economics/2025/08/13/75824217/> [Accessed 14.08.2025]. (in Russian).

¹² Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации (2020) *Объекты генерации в изолированных и труднодоступных территориях в России: Аналитический доклад*. [online] Available at: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/generatsii_v_ITT.pdf [Accessed 10.12.2025]. (in Russian); Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации (2017) *Энергоснабжение изолированных территорий в России и мире. Энергоснабжение изолированных территорий*, 14–18. [online] Available at: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/14142.pdf> [Accessed 10.12.2025]. (in Russian).

¹³ Энергетика и промышленность России (2025) *«Россети» займутся строительством СНЭ на юге России*. [online] Available at: <https://www.eprussia.ru/news/base/2025/5161530.htm> [Accessed 14.08.2025]. (in Russian).



В работе авторы рассматривают частный случай подобного решения – формирование локальных рынков энергии, основанных на применении биогазовых технологий на изолированных и/или труднодоступных территориях. Базой для таких рынков должны стать агро-, рыбо- и лесопромышленные предприятия, обладающие достаточным объемом отходов – сырья для биогазовых комплексов.

Литературный обзор

В профессиональном сообществе набирает актуальность проблематика энергообеспечения удаленных – в первую очередь арктических, дальневосточных и сибирских – территорий с использованием распределенной генерации и гибридных энергокомплексов¹⁴. Современная энергоинфраструктура на таких территориях характеризуется не только высоким моральным и физическим износом, но и ростом цен на привозное топливо для электростанций¹⁵, а также несоответствием существующей генерации национальной повестке энергоперехода¹⁶ [9]. Одно из предлагаемых экспертами решений состоит в создании для каждого удаленного населенного пункта локальных энергосистем, основанных на развитии на местах требуемой инженерной инфраструктуры¹⁷. Переход к автономным гибридным энергетическим комплексам на основе ВИЭ требует совершенствования законодательства, государственной поддержки и привлечения частных инвестиций¹⁸. По мнению отраслевых экспертов, перспективным направлением развития локальной энергетики может стать биотопливо¹⁹.

Задача развития локальных энергосистем регулярно находится в повестке профильных министерств, однако фактические шаги по их созданию все еще остаются на начальном этапе [10–12]. Единичные примеры успешной реализации проектов энергообеспечения отдельных территорий с использованием биогазовых технологий являются сейчас частной инициативой заинтересованных лиц²⁰. В то же самое время использование зарубежного опыта [13, 14] затруднительно из-за существенных отличий в устройстве энергетических рынков и системы в целом, а также реализуемой отраслевой политики на государственных уровнях.

Основу современных исследований по особенностям функционирования биогазовых комплексов в российских регионах, включая труднодоступные и изолированные территории, составляют:

- 1) технико-экономическое обоснование эффективности работы генерирующего оборудования [15–17];
- 2) сравнительный анализ подобных энергообъектов с традиционными техническими решениями [18, 19].

Основной проблемой эффективного развития биоэнергетики в России авторы называют недооценку экономического потенциала данных технологий [20–22]. Для отечественного рынка

¹⁴ Энергетика и промышленность России (2025) *Круглый стол: «Газовая отрасль для собственной генерации»* ПМГФ 2025. [online] Available at: https://www.eprussia.ru/video/kruglyy_stol_gazovaya_otrasl_dlya_sobstvennoy_generatsii_pmgf_2025.html [Accessed 15.10.2025]. (in Russian).

¹⁵ Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации (2020) *Объекты генерации в изолированных и труднодоступных территориях в России: Аналитический доклад*. [online] Available at: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/generatsii_v_ITT.pdf [Accessed 10.12.2025]. (in Russian).

¹⁶ Президент России (2025) *Заседание Совета по науке и образованию*. [online] Available at: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/67740> [Accessed 14.10.2025]. (in Russian).

¹⁷ Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики (2025) *Развитие локальной энергетики обсудили на конференции НТЦ ЕЭС*. [online] Available at: https://minvr.gov.ru/press-center/news/razvitie_lokalnoy_energetiki_obsudili_na_konferentsii_ntts_ees/?view=desktop [Accessed 24.09.2025]. (in Russian).

¹⁸ РЭА Минэнерго России (2025) *Распределенная генерация – эффективный способ обеспечения доступа к энергии на удаленных территориях*. [online] Available at: <https://rosenergo.gov.ru/press-center/news/aleksey-kulapin-raspredeleonnaya-generatsiya-effektivnyy-sposob-obespecheniya-dostupa-k-energii-na-ud/> [Accessed 16.10.2025]. (in Russian).

¹⁹ Егорова А. (2024) *Биотопливо ищет внутренние резервы*. [online] Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/6663336> [Accessed 16.10.2025]. (in Russian).

Тасс (2024) *Потребление биотоплива в РФ может возрасти за три года до 2,5 млн тонн*. [online] Available at: <https://tass.ru/ekonomika/20110433> [Accessed 16.10.2025]. (in Russian).

²⁰ Энергетика и промышленность России (2027) *Биогазовая станция «Лучки» празднует юбилей*. [online] Available at: <https://www.eprussia.ru/epr/321-322/9681245.htm> [Accessed 24.09.2025]. (in Russian).

это обусловлено отсутствием апробированных механизмов сбыта первичной продукции (биотоплива) с использованием федеральных или региональных инструментов [23], а полученные из них вторичные виды энергии предлагается использовать исключительно для собственных нужд предприятий или реализовывать на розничных энергорынках [24]. В мировой практике, несмотря на прогнозный рост доли использования биотоплива в энергосекторе [25, 26] и утверждение ведущими странами целевых показателей [27], экономическая эффективность отрасли продолжает напрямую зависеть от мер государственного регулирования — предоставления субсидий, создания рынков посредством систем госзакупок, контроля цен, внешнеторговых тарифов, квот и др. [28].

Преимущества и недостатки локального использования биогазовых установок исключительно для частных потребителей достаточно подробно освещены в следующих статьях. М. Пиллони и Т.А. Хамед в [29] отмечают, что в сельских районах африканских, латиноамериканских и азиатских государств отсутствие доступа к централизованному энергоснабжению повышает востребованность технологий маломасштабного производства биогаза и предопределяет ориентацию государственной политики на их развитие.

Авторы настоящей статьи в одной из своих предыдущих работ [1] показали, что целесообразность применения индивидуальных биогазовых установок в российских регионах существенно зависит от специфики государственного регулирования цен, норм потребления газа, а также в меньшей степени — от климатических особенностей.

В данных работах не рассматриваются вопросы законодательного регулирования сектора, что обусловлено небольшой производительностью изучаемых объектов. Однако при последующем масштабировании биогазовых технологий, например для энергообеспечения уже небольших поселений, ключевой проблемой становится именно выстроенное нормативно-правовое регулирование взаимоотношений между всеми участниками процесса.

В [3] авторы настоящей статьи доказывают, что проекты энергоснабжения с использованием крупных биогазовых установок, являясь экономически обоснованной заменой централизованному энергоснабжению, обладают целым рядом ограничений и их функционирование вне конкретного предприятия или энергорынка затруднено.

В [30] В.Е. Захарова обосновывает, что существенным ограничением для объектов биоэнергетики является работа в рамках государственной программы поддержки исключительно на розничных энергорынках с возможностью реализации только электроэнергии.

А.П. Дзюба в [31] также указывает на то, что производители электроэнергии на основе ВИЭ с мощностью не менее 25 МВт должны конкурировать с крупными традиционными электрогенерирующими объектами (например, атомными, тепловыми или крупными гидроэлектростанциями) в рамках оптового рынка электроэнергии, что без соответствующего тарифного регулирования со стороны государства неосуществимо.

Ж. Сюй и др. в [32] показывают, что при стандартной структуре энергорынка, основанного на объединении в пул, может возникнуть локальный ценовой диспаритет, который приводит к низкой рентабельности объектов возобновляемой энергетики, включая биоэнергетику.

Поэтому *цель исследования* состоит в разработке теоретико-методологических основ функционирования новой категории отечественного энергосектора — локальных рынков энергии, работающих на основе применения биогазовых технологий на труднодоступных и/или изолированных территориях. Для достижения указанной цели в работе решаются следующие *задачи*:

- 1) формирование общего представления о локальных рынках энергии, включая практические задачи, которые они способны решать в российских регионах;
- 2) разработка архитектуры отдельного локального рынка энергии, предполагающей анализ неотъемлемых элементов, и логики его функционирования;
- 3) обоснование автономности локальных рынков от оптового и розничных энергорынков;



- 4) создание карты потенциальных локальных рынков энергии в российских регионах;
- 5) разработка мер государственной поддержки подобных рынков, направленных на владельцев и производителей, в первую очередь крупных биогазовых комплексов.

Методы и материалы

В качестве *методов* проведения исследования авторами применены системный подход к сбору и обработке данных о «качестве» текущего энергообеспечения труднодоступных и/или изолированных территорий в российских регионах, об эффективности применения альтернативных способов их энергообеспечения, методы сравнения и обобщения, в том числе нормативно-правовой документации, при разработке теоретико-методологических основ функционирования локальных рынков энергии, а также визуализации данных в процессе представления предлагаемой архитектуры локальных рынков энергии и составления карты их распространения в российских регионах.

Информационную основу данной работы составили результаты предыдущих исследований авторов, посвященных оценке экономической целесообразности применения различных типов биогазовых установок в российских регионах в качестве альтернативы централизованному газоснабжению, а также обзору актуальных вопросов, сопровождающих становление отечественного биогазового сектора (законодательное регулирование, уровень конкуренции, отечественный рынок биогазового оборудования и т.п.). Помимо этого, использованы актуальные нормативно-правовые акты в области регулирования отечественных оптового и розничных энергорынков и накопленные статистические данные по российским регионам.

Результаты и обсуждение

В данной работе под *локальными рынками энергии* понимается сегмент обращения различных видов энергии, производимых с использованием биогазового комплекса, на изолированных и/или труднодоступных территориях, функционирующий на основе прямых договорных отношений между владельцем и частными потребителями вне оптового и розничных рынков. Локальные рынки должны решать следующие *практические задачи*:

- устойчивое энергоснабжение промышленных и частных потребителей на труднодоступных и/или изолированных территориях;
- формирование экономической альтернативы капиталоемкому строительству и обслуживанию централизованной энергетической инфраструктуры для труднодоступных и/или изолированных территорий, в первую очередь магистрального газопровода, линий электропередач и тепловых сетей;
- эффективная замена дорогостоящих и неэкологичных энергетических технологий, например дизельных генераторов;
- экологичная утилизация отходов производства агропромышленных, лесопромышленных и иных предприятий;
- создание новых рабочих мест в регионе.

Локальные рынки энергии, создаваемые на основе биогазовых технологий на труднодоступных и/или изолированных территориях российских регионов, характеризуются следующими *неотъемлемыми структурными элементами*:

1. Основными товарами являются энергия — газ (биометан), электрическая и/или тепловая энергия, производимые биогазовым комплексом, а также сервисное обслуживание комплекса и сопутствующей инфраструктуры.
2. Субъектами рынка становятся производитель энергии — предприятие (владелец биогазового комплекса) и потребители (предприятие и частные); отсутствуют прочие субъекты — посредники, традиционно работающие на оптовом и розничных энергорынках.

3. Объект рынка — биогазовый комплекс, включающий совокупность зданий и сооружений для получения биогаза с последующим производством биометана, а также технологического оборудования для получения электрической и тепловой энергии, удобрений, который соответствует техническим характеристикам: общий объем биореактора — до 40000 м³, производительность — до 26600 м³ биометана в сутки [2].

4. Механизм расчета цены на энергию и сервисное обслуживание в целом предполагает не формирование тарифа, а погашение на договорной основе капитальных и операционных затрат на биогазовый комплекс и сопутствующую инфраструктуру в течение планового срока эксплуатации всеми субъектами рынка.

5. Требования к территории локального рынка — жилое поселение и предприятие, изолированные или отдаленные от централизованной энергетической инфраструктуры.

6. Требования к владельцу биогазового комплекса — предприятие, работающее в агропромышленном, лесопромышленном или ином секторе экономики, способное производить в необходимом объеме сырье для непрерывной работы комплекса, а также обладающее финансовой и технической возможностью обеспечить строительство и эксплуатацию комплекса.

7. Возможна олигополистическая конкуренция — использование частными потребителями в качестве альтернативы автономных дизельных генераторов, индивидуальных биогазовых установок, объектов микрогенерации на основе возобновляемых источников и др.

8. Предполагаются свободные ограниченно регулируемые государством отношения между производителем и потребителями энергии в рамках заключенного между ними договора о компенсации затрат и энергоснабжении. Пример подобных договорных отношений при распределении затрат предложен при сценарном экономическом обосновании крупных биогазовых установок [2].

9. Регулирование локальных рынков государством возможно в части контроля надежности функционирования данных рынков, а также предоставления государственной поддержки в виде компенсации части затрат на строительство и/или эксплуатацию биогазового комплекса.

10. Приоритетное использование на первых этапах проекта собственных и заемных финансовых ресурсов предприятия-владельца, на последующих этапах — предприятия и частных потребителей, а также государственного финансирования части затрат.

11. Техническое обслуживание биогазового комплекса и сопутствующей инфраструктуры, в том числе на территории частных потребителей, должно осуществляться сервисной организацией, созданной на базе предприятия-владельца, самостоятельно на основе специального разрешения или совместно с уполномоченной организацией в регионе. При необходимости возможно привлечение сторонних инжиниринговых центров.

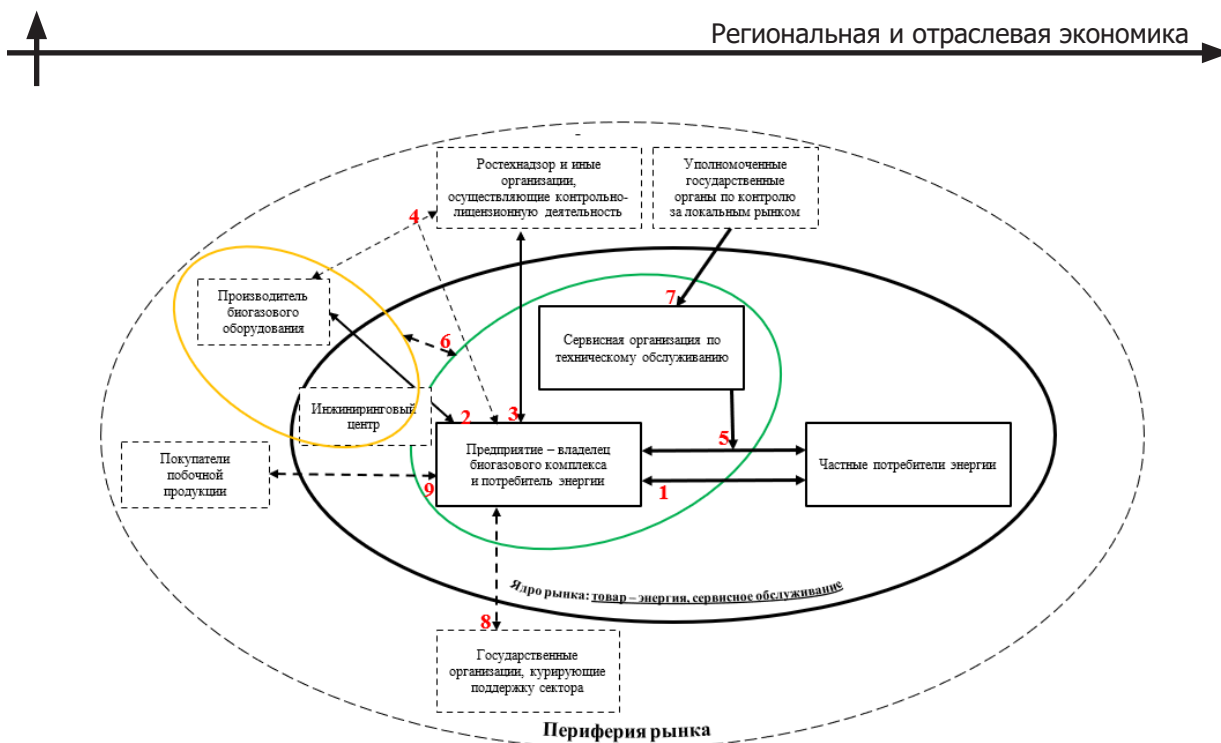
12. Границы локального рынка определяются основным товаром (ядром) рынка — энергией и сервисным обслуживанием, а иная (побочная) продукция, производимая биогазовым комплексом (например, удобрения, углекислый газ), при продаже формирует только периферию рынка.

13. Эластичность спроса на производимую энергию зависит от сезонного фактора (в холодный период энергии для отопления требуется больше) и вероятности использования частными потребителями альтернативных способов энергоснабжения.

В результате (рис. 1) предлагается авторская *архитектура локального рынка энергии* со следующей логикой функционирования:

— сплошными стрелками указаны основные и/или регулярные взаимодействия на рынке, пунктирными — необязательные или разовые;

— владелец биогазового комплекса и организация по техническому обслуживанию образуют единую среду — данная организация является структурным подразделением или дочерней компанией предприятия;



Источник: разработано авторами

Рис. 1. Предлагаемая архитектура локального рынка энергии

Fig. 1. Proposed architecture of the local energy market

— взаимодействия между владельцем биогазового комплекса и частными потребителями предполагают (1): предварительное заключение договора о намерениях построить и эксплуатировать биогазовый комплекс и сопутствующую инфраструктуру для генерации и потребления энергии; заключение договора о компенсации части затрат частными потребителями на строительство и эксплуатацию биогазового комплекса в обмен на энергоснабжение; а затем поставку энергии в требуемых объемах не ниже действующих норм, получение платежей для компенсации затрат — возможна поставка нескольких видов энергии параллельно, например электро- и теплоэнергии, газа и электроэнергии и т.п.;

— компания-производитель на основе договора с предприятием проводит необходимые замеры, исследования проб сырья, разрабатывает проектно-сметную документацию, производит и закупает необходимое оборудование, а также осуществляет строительные-монтажные работы (2);

— владелец биогазового комплекса получает лицензионно-разрешительную документацию на строительство и эксплуатацию установки в уполномоченных органах (3); возможно получение части разрешительных документов через компанию-производителя в случае типового проекта (4);

— сервисная организация самостоятельно или при участии уполномоченной организации в регионе проводит периодическое техническое обслуживание, ремонт и иные требуемые работы по биогазовому комплексу и сопутствующей инфраструктуре, включая внутридомовое оборудование частных потребителей по способам энергоснабжения (газ, электро- и/или теплоэнергия) в соответствии с требованиями законодательства (5);

— возможно привлечение сторонних инжиниринговых центров по комплексному обслуживанию биогазового комплекса в течение жизненного цикла (6); в мировой практике такие центры, как правило, организуют единую среду с предприятием — производителем биогазового оборудования;

— уполномоченные государственные органы осуществляют контроль надежности функционирования локального рынка энергии (7);

— при участии в конкурсе на получение государственной поддержки (8) владелец комплекса подготавливает требуемый пакет документов, обращается в уполномоченные государственные органы и в случае победы получает субсидию (или иную форму поддержки) на компенсацию части затрат;

— владелец биогазового комплекса может выстраивать дополнительные отношения при продаже иной (побочной) продукции от биогазового комплекса (например, удобрения, углекислый газ) для компенсации части затрат на проект (9).

Необходимость создания новых локальных рынков энергии обусловлена тем, что они в силу указанных особенностей *не могут быть элементами уже существующих оптового или розничных энергорынков*²¹:

1) производственные и иные энергообъекты локальных рынков фактически являются автономными, т.е. не связаны единым процессом производства и передачи электрической энергии в условиях централизованного оперативно-диспетчерского управления Единой энергетической системы;

2) субъекты локальных рынков не являются крупными производителями и крупными покупателями электрической энергии;

3) не всегда установленная мощность объектов генерации и суммарная присоединенная мощность энергопринимающего оборудования на локальных рынках соответствует требованиям оптового и розничных энергорынков;

4) на локальном рынке не предусмотрено участие посредников — предполагаются прямые отношения между производителем и потребителями энергии;

5) стоимость потребляемой энергии не рассчитывается и не утверждается в виде тарифа — потребители должны покрыть капитальные и эксплуатационные затраты на биогазовый комплекс и требуемую инфраструктуру в соответствии с достигнутыми договоренностями с предприятием-владельцем.

По принципу «светофора» авторами разработана *карта потенциальных локальных рынков энергии, распределенных по российским регионам* (рис. 2). Она составлена с учетом следующих критериев:

— отсутствие в регионе изолированных или удаленных от централизованного энергоснабжения территорий;

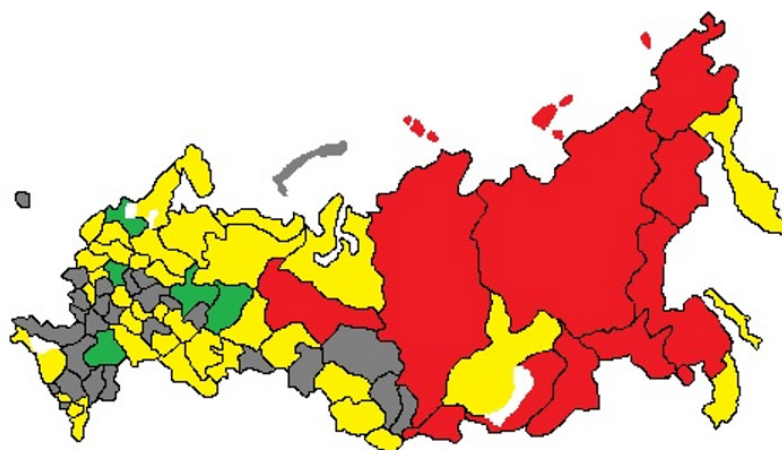
— средняя температура в регионе по сезонам;

— наличие/отсутствие в регионе производителей биогазового оборудования;

— наличие/отсутствие в регионе крупных агро-, рыбо- и лесопромышленных предприятий — потенциальных владельцев биогазовых комплексов.

Главными критериями при составлении данной карты являются наличие изолированных и/или труднодоступных территорий, а также средняя температура в регионе. Именно в зависимости от температурного режима могут существенно возрасти затраты производимой биогазовым комплексом энергии на собственные нужды, например на дополнительный обогрев оборудования в холодный (зимний) период, а также потребность в резерве сырья. В зависимости от закладываемых технических характеристик и специфики эксплуатации каждый биогазовый комплекс способен эффективно работать в различных температурных режимах. С учетом существующей российской практики реализации подобных проектов принято среднее ограничение

²¹ Ассоциация НП Совет рынка (2024) *Рынок электроэнергии и мощности*. [online] Available at: <https://www.np-sr.ru/market/wholesale/index.htm> [Accessed 21.10.2024]. (in Russian); Информационно-правовая система КонсультантПлюс (2025) *Порядок получения статуса субъекта оптового рынка, участника обращения электрической энергии и (или) мощности на оптовом рынке и заключения обязательных договоров субъектами оптового рынка*. [online] Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112537/f4a86123ed6444ff9610df35216eb543fc08b3/ [Accessed 14.01.2025]. (in Russian); Информационно-правовая система КонсультантПлюс (2024) *О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии*. [online] Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/fa334afd-78f51e27572c7517e0782e774b3480bc/ [Accessed 14.12.2024]. (in Russian).



Источник: разработано авторами с использованием²² [4]

Рис. 2. Карта потенциальных локальных рынков энергии в российских регионах

Fig. 2. Map of potential local energy markets in Russian regions

по минимальной температуре в регионе в « -15°C »²³. Третий и четвертый критерии рассматриваются как дополнительные. Фактическая оценка указанных критериев представлена по ссылке²⁴.

На карте использованы следующие обозначения:

- зеленым цветом выделены регионы, в которых есть изолированные и/или труднодоступные территории, средняя температура не опускается ниже « -15°C », а также присутствуют производители оборудования и предприятия — потенциальные владельцы установки;
- желтым цветом выделены регионы, где помимо соблюдения главных критериев выполняется только один дополнительный — присутствуют производители оборудования или предприятия — потенциальные владельцы установки;
- красным цветом выделены регионы, где не выполняются один или два главных критерия вне зависимости от выполнения дополнительных критериев;
- серым цветом выделены регионы, где выполняется критерий температурного режима, однако отсутствует информация о наличии труднодоступных и/или изолированных территорий, а также о выполнении одного или двух дополнительных критериев.

Предлагаемая программа государственной поддержки биогазового сектора направлена на владельцев и производителей в первую очередь крупных биогазовых установок. В данном случае следует говорить о поддержке тех участников биогазового сектора, которые формируют локальные рынки энергии. Это обосновано тем, что труднодоступность и/или изолированность подобного энергорынка от централизованного энергоснабжения делает строительство и эксплуатацию биогазового комплекса экономически целесообразным проектом по сравнению с проектами традиционной энергоинфраструктуры или иного альтернативного энергоснабжения, что доказано авторами в [2]. Тем не менее капиталоемкость и рискованность подобных проектов в современных реалиях (новые технологии, необходимость импортозамещения, сложная и длительная логистика) требуют разработки специальных мер поддержки.

²² Яндекс Погода (2025) *Прогноз погоды*. [online] Available at: https://yandex.ru/pogoda/ru?utm_source=yd&utm_medium=cpc&utm_campaign=pogoda_ru_web_yd_search_month-ural&utm_term=---autotargeting&yclid=700625467680227327&lat=56.826469&lon=60.585792 [Accessed 21.01.2025]. (in Russian); 2GIS (2025) *Карта городов России*. [online] Available at: <https://2gis.ru/ekaterinburg> [Accessed 21.01.2025]. (in Russian).

²³ Dining Wild. Dunwoody Architecture Fall 2016 Studio (2016) *Biogas plant 2016. HomeBiogas*. [online] Available at: <https://dining-wild2016.wordpress.com/2016/11/09/home-biogas/> [Accessed 21.01.2025].

²⁴ Google Таблицы (2025) *Комплексная оценка регионального потенциала*. [online] Available at: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1FVHwlg3gtJOpyV1itcFxzS71FY4b12CBHuK7q_paRqQ/edit?gid=0#gid=0 [Accessed 21.01.2025]. (in Russian).

В настоящий момент на российском рынке существует лишь косвенная поддержка биогазового сектора. Она реализуется в виде федеральных и региональных мер поддержки предприятий сельского хозяйства²⁵ — гранты на развитие материально-технической базы; льготные кредиты, в том числе на строительство, реконструкцию и модернизацию объектов хранения, переработки птичьего помета и навоза; льготный лизинг средств производства через государственную лизинговую компанию. Для рыбоперерабатывающих предприятий и лесопромышленного комплекса разработаны схожие программы поддержки²⁶ — например, льготные займы на финансирование проектов модернизации производственных мощностей при участии региональных фондов; льготные налоговые режимы; государственные субсидии и т.п. Однако текущие небольшие размеры подобной поддержки (например, гранты размером до 70–100 млн руб.) по предварительным оценкам позволяют покрыть только до 10% капитальных затрат на крупную биогазовую установку.

Далее представлены условия *программ поддержки владельцев крупных биогазовых установок*, формирующих локальные рынки энергии:

- предоставление безвозвратных целевых субсидий на компенсацию части затрат, связанных с производством (капитальные) и обслуживанием (операционные) биогазового комплекса;
- предоставляемые субсидии должны быть разделены на транши в зависимости от вида затрат и этапа жизненного цикла проекта;
- расчет необходимой величины частично компенсируемых капитальных затрат должен быть привязан к величине альтернативных затрат, которые государство не вложило в строительство требуемой энергетической инфраструктуры к данной территории (например, строительство магистрального газопровода, линий электропередач, тепловых сетей и/или объектов возобновляемой энергетики по программе ДПМ);
- расчет необходимой величины частично компенсируемых операционных затрат должен быть привязан к жизненному циклу проекта с момента ввода его в эксплуатацию и учитывать за период только ту часть операционных затрат, которые не покрываются за счет получаемых дополнительных доходов от продажи побочных товаров, достигаемой экономии и т.п.;
- начало предоставления субсидий возможно только по подтвержденному факту строительства, ввода и непосредственно эксплуатации биогазового комплекса для энергоснабжения предприятия и частных потребителей, т.е. по факту формирования локального рынка энергии;
- обязательными условиями предоставления субсидий должны быть первоначальный и периодический аудиты полных затрат, понесенных владельцем на момент такой проверки, выполнение требований к качеству кредитной истории и текущему финансовому состоянию предприятия-владельца, длительности его работы на профильном рынке, наличие заключенных договоров с частными потребителями; возможны и другие требования. Предлагаемая структура капитальных и операционных затрат на биогазовый комплекс и сопутствующую инфраструктуру представлена в табл. 1 и 15 в [2], а дополнительные доходы и достигаемая экономия, которые могут быть учтены при формировании величины компенсируемых затрат, — в табл. 16 в [2].
- субсидии должны предоставляться на специальный счет владельца биогазового комплекса, а величина субсидий — учитываться при расчете части затрат, компенсируемых потребителями.

²⁵ Министерство сельского хозяйства РФ (2024) *Меры поддержки субъектов МСП в сфере переработки сельскохозяйственной продукции*. [online] Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/316/3163d4ce43daabf77f54a745c046c3c9.pdf> [Accessed 15.08.2025]. (in Russian); Росагролизинг (2025) *Лизинг техники*. [online] Available at: <https://www.rosagroleasing.ru/> [Accessed 15.08.2025]. (in Russian).

²⁶ Фонд развития промышленности (2025) *Проекты лесной промышленности с регфондами* [online] Available at: <https://frprf.ru/zaumu-regfondy/proekty-lesnoy-promyshlennosti-s-rfpr/> [Accessed 15.08.2025]. (in Russian); Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное агентство по рыболовству (2020) *О развитии и поддержке аквакультуры (рыбоводства) в Российской Федерации*, ин-форм. изд., М.: ФГБНУ «Росинформагротех». [online] Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/d60/d6087223d0e3c78706d93fb3fc1208ac.pdf> [Accessed 10.12.2025]. (in Russian).



В качестве дополнительной меры поддержки предлагается разработка нового ОКВЭД «Переработка отходов предприятий агро-, рыбо- и лесопромышленного комплексов с целью выработки энергии (газа, электрической и/или тепловой). Производство органических удобрений, углекислого газа и иной побочной продукции от биогазового комплекса». Это позволит не только уточнить новый вид деятельности, но и прозрачно учитывать предприятия-владельцев для получения поддержки и иных льгот по вспомогательному виду деятельности.

Курирование предлагаемой программы поддержки владельцев крупных биогазовых установок, формирующих локальные рынки энергии, должно осуществляться специальным комитетом, объединяющим структуры профильных министерств – Минэнерго России, Минсельхоз России, Минприроды России, а также Минвостокразвития России при создании подобных энергорынков на территории Дальнего Востока.

Поддержка производителей крупного биогазового оборудования должна реализовываться на уровне Минпромторга России и включать следующие направления:

- предоставление компаниям-производителям государственных гарантий на выкуп не менее $Y\%$ нереализованного выпускаемого оборудования в течении N лет. Обязательными условиями являются реализация компаниями-производителями проектов технического переоснащения и/или модернизации производственных мощностей для увеличения объемов и качества выпускаемой продукции, а также затрат на рекламу и маркетинг товаров и услуг в размере не менее $X1\%$ и $X2\%$ соответственно от общей величины капитальных вложений;
- предоставление налоговых, кредитных и иных льгот компаниям-производителям, локализуя производственные мощности на территории Дальнего Востока для развития на местах новых локальных рынков энергии;
- привлечение компаний-производителей биогазового оборудования к приоритетному участию в программах поддержки импортозамещения критических технологий для строительства требуемых производств;
- предоставление государственных заданий для сопровождения производителей профильными бюджетными организациями – «консалтинг» подразделений научно-исследовательских институтов, университетов, научных лабораторий, центров компетенций и т.п. – при разработке проектно-сметной документации для строительства новых уникальных производственных мощностей, а также последующих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для повышения качества выпускаемой продукции.

Реализация предлагаемой программы поддержки владельцев крупных биогазовых установок также должна стимулировать спрос на биогазовое оборудование.

Заключение

В ходе данного исследования получены следующие результаты.

1. Предложен новый сегмент отечественного энергорынка – локальные рынки энергии, основанные на применении крупных биогазовых комплексов. Данные рынки способны решать совокупность практических задач на изолированных и труднодоступных территориях в российских регионах: устойчивое энергоснабжение промышленных и частных потребителей, формирование экономически обоснованной альтернативы централизованной энергоинфраструктуре, а также эффективная замена дорогостоящих и неэкологичных энерготехнологий, экологичная утилизация отходов производства агро-, рыбо- и лесопромышленных предприятий.

2. Разработана архитектура локального рынка энергии, уточняющая специфику его неотъемлемых элементов – товаров, объектов, участников и требований к ним, механизма ценообразования, взаимоотношений с государством и др., – а также алгоритм организации его функционирования на конкретной территории.

3. Обоснована невозможность функционирования локальных рынков энергии в рамках уже существующих оптового и розничных рынков с учетом как особенностей функционирования вновь создаваемого сегмента энергорынка, так и закреплённых нормативно-правовых и технико-экономических особенностей уже существующих сегментов.

4. Разработана карта потенциальных локальных рынков энергии на изолированных и труднодоступных территориях, учитывающая географические, природно-климатические, экономические особенности российских регионов по совокупности критериев и разграничивающая их по «принципу светофора»: от зеленого до красного и серого цветов в зависимости от наличия фактической возможности создания подобного рынка энергии.

5. Предложены программы государственной поддержки отечественного биогазового сектора в качестве косвенных мер создания локальных рынков энергии, направленные на производителей и владельцев крупных биогазовых комплексов и включающие условия целевого субсидирования с учетом оценки не понесенных государством затрат, периодического аудита, предоставления государственных гарантий и налоговых льгот, развития программ импортозамещения, а также «консалтинга» проектной деятельности.

Таким образом, предложенные авторами теоретико-методологические основы функционирования локальных рынков энергии в российских регионах являются одними из основных условий для активизации комплексного развития российского биогазового сектора. При этом особое внимание здесь уделяется как производителям крупного биогазового оборудования, так и его владельцам — агро-, рыбо- и лесопромышленным предприятиям, фактически организующим локальные рынки энергии вокруг своего производства, а также построению данными субъектами эффективных взаимоотношений с государством.

В результате формирование локальных рынков энергии способно одновременно решать несколько актуальнейших задач, стоящих перед отечественной энергетикой и экономикой в целом. В частности, это *комплексная модернизация отрасли, совмещенная с мероприятиями энергетического перехода*: надежное и бесперебойное энергообеспечение изолированных и труднодоступных территорий; распространение альтернативных энерготехнологий; замена дорогостоящего и неэкологичного привозного топлива; *решение экологических вопросов*, связанных с необходимостью безопасной и экономичной утилизации отходов агро-, рыбо- и лесопромышленных предприятий; а также *развитие собственного рынка биогазового оборудования*.

На практике развитие биогазового рынка возможно в рамках нового национального проекта «Технологическое обеспечение биоэкономики» в двух тематических направлениях: «Биотехнологии в энергетике» и «Биотехнологии для утилизации и переработки отходов», которые планируется утвердить к концу 2025 г.²⁷, а также политики импортозамещения критических технологий, реализуемой на федеральном уровне.

Направления дальнейших исследований

Будущие исследования авторов связаны с комплексным изучением вопроса эффективности использования крупных биогазовых установок при выходе агро-, рыбо- и лесопромышленных предприятий на розничный рынок электроэнергии для формирования новых источников дохода.

Помимо этого, приоритетным направлением является технико-экономическое обоснование современных биогазовых технологий и формирование условий для их обоснованного применения при низких температурах сибирской, дальневосточной и арктической частей России.

²⁷ Орлов Е. (2025) Директор Департамента химической промышленности Минпромторга Артур Смирнов – о нацпроекте «Биоэкономика» [online] Available at: <https://www.kp.ru/daily/27748.5/5138665/> [Accessed 08.09.2025]. (in Russian).



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чеботарева Г.С., Двинянинов А.А. (2021) Экономическая альтернатива замены централизованного газоснабжения автономными биогазовыми установками в городах России. *Journal of Applied Economic Research*, 20 (3), 582–612. DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2021.20.3.023>
2. Чеботарева Г.С., Двинянинов А.А., Бердников А.Д., Тинарский Д.А. (2025) Экономическая эффективность альтернативных технологий энергообеспечения потребителей Свердловской области. *Journal of Applied Economic Research*, 24 (1), 216–256. DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2025.24.1.008>
3. Chebotareva G.S., Dvinayninov A.A. (2023) Economic feasibility of gasification scenarios in remote areas (the case of Sverdlovsk region, Russia). *R-Economy*, 9 (1), 5–18. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2023.9.1.001>
4. Чеботарева Г.С., Двинянинов А.А. (2024) К вопросу о развитии российского биогазового сектора. *Энергетик*, 7, 35–42. DOI: <https://doi.org/10.71527/EP.EN.2024.07.007>
5. Громов А., Кондратьев С., Широков А. (2023) Внутренний рынок газа на историческом перепутье. *Энергетическая политика*, 9 (188), 14–25. DOI: https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_9188_14
6. Новак А. (2023) Максимальная газификация регионов России – приоритет энергетической политики страны. *Энергетическая политика*, 9 (188), 8–13. DOI: https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_9188_8
7. Weiss D., Nelson A., Gibson H., Temperley W., Peedell S., Lieber A., Hancher M., Poyart E., Belchior S., Fullman N., Mappin B., Dalrymple U., Rozier J., Lucas T.C.D., Howes R.E., Tusting L.S., Kang S.Y., Cameron E., Bisanzio D., Battle K.E., Bhatt S., Gething P.W. (2018) A global map of travel time to cities to assess inequalities in accessibility in 2015. *Nature*, 553, 333–336. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature25181>
8. Rausser G., Chebotareva G., Strielkowski W., Smutka L. (2025) Would Russian solar energy projects be possible without state support? *Renewable Energy*, 241, art. no. 122294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.122294>
9. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е., Кожевников М.В. (2023) *Энергетический переход: Руководство для реалистов*, монография, М.: Солон-Пресс.
10. Губанов М., Киушкина В., Широков А. (2023) О создании фонда развития локальных энергосистем. *Энергетическая политика*, 9 (188), 70–83. DOI: https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_9188_70
11. Карасевич В., Васильев Ю., Негримовский В. (2023) Перспективы автономного энергоснабжения изолированных объектов и поселений в арктических регионах РФ с применением водородных технологий. *Энергетическая политика*, 9 (188), 62–69. DOI: https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_9188_62
12. Кожевников М.В., Двинянинов А.А., Сапожников Н.Г. (2024) Институциональные барьеры развития малой энергетики в России. *Journal of New Economy*, 25 (1), 110–130. DOI: <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2024-25-1-6>
13. Hvelplund F. (2006) Renewable energy and the need for local energy markets. *Energy*, 31 (13), 2293–2302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.01.016>
14. Lin B., Chen J., Wesseh Jr. P.K. (2022) Peak-valley tariffs and solar prosumers: Why renewable energy policies should target local electricity markets. *Energy Policy*, 165, art. no. 112984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112984>
15. Смоляков А.С., Горбенко А.В. (2024) Зарубежный и отечественный опыт повышения энергоэффективности на базе гибридных энергетических установок в изолированных территориях. *Научное обозрение. Экономические науки*, 1, 22–26. DOI: <https://doi.org/10.17513/sres.1138>
16. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф. (2016) Использование возобновляемых источников энергии как одно из приоритетных направлений совершенствования систем энергоснабжения труднодоступных территорий восточных регионов. *Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность*, 136–142.
17. Chaves L.I., da Silva M.J., Melegari de Souza S.N., Secco D., Rosa H.A., Camargo Nogueira C.E., Pires Frigo E. (2016) Small-scale power generation analysis: Downdraft gasifier coupled to engine generator set. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 491–498. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.033>

18. Teotia F., Bhakar R. (2016) Local energy markets: Concept, design and operation. *2016 National Power Systems Conference (NPSC)*, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/NPSC.2016.7858975>
19. Driesen J., Belmans R. (2006) Distributed generation: challenges and possible solutions. *2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1109/PES.2006.1709099>
20. Зайченко В.М., Соловьев Д.А., Чернявский А.А. (2022) Проблемы и перспективы развития российской биоэнергетики (Часть 2). *Окружающая среда и энергоснабжение*, 1 (13), 32–47.
21. Hänninen R., Hurmekoski E., Mutanen A., Viitanen J. (2018) Complexity of Assessing Future Forest Bioenergy Markets – Review of Bioenergy Potential Estimates in the European Union. *Current Forestry Reports*, 4 (1), 13–22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-018-0070-y>
22. Аристова А.А., Новикова О.В. (2023) Концепция замкнутого ресурсного цикла с использованием инновационной информационной системы развития биоэнергетики. *Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ*, 25 (4), 101–114. DOI: <https://doi.org/10.307-24/1998-9903-2023-25-4-101-114>
23. Титова Е.С., Сивак Е.Д. (2020) Анализ нормативно-правового регулирования производства биотоплива в России и мире. *Отходы и ресурсы*, 7 (1), art. no. 04ECOR120. DOI: <https://doi.org/10.15862/04ECOR120>
24. Коновалова О.Е. (2018) Государственная поддержка возобновляемых источников энергии на розничном рынке и изолированных территориях. *Труды Кольского научного центра РАН*, 9 (3–16), 132–139. DOI: <https://doi.org/10.25702/KSC.2307-5252.2018.16.3.132-139>
25. Синельникова А.В. (2022) Исследовательские проекты мирового энергетического агентства в области биоэнергетики. *Экономический вестник ИПУ РАН*, 3, 45–52. DOI: <https://doi.org/10.25728/econbull.2022.3.4-sinelnikova>
26. Fischer G., Schrattenholzer L. (2001) Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass and Bioenergy*, 20 (3), 151–159. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00074-X](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00074-X)
27. Ziolkowska J., Meyers W.H., Meyer S., Binfield J. (2010) Targets and Mandates: Lessons Learned from EU and US Biofuels Policy Mechanisms. *The Journal of Agrobiotechnology Management and Economics*, 13 (4), 398–412.
28. De L.T. Oliveira G., McKay B., Plank C. (2017) How biofuel policies backfire: Misguided goals, inefficient mechanisms, and political-ecological blind spots. *Energy Policy*, 108, 765–775. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.036>
29. Pilloni M., Hamed T.A. (2021) Small-Size Biogas Technology Applications for Rural Areas in the Context of Developing Countries. *Anaerobic Digestion in Built Environments*, 10 (5), 70–72. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.96857>
30. Захаров В.Е. (2024) Рыночные аспекты формирования возобновляемой энергетики в России. *Российский внешнеэкономический вестник*, 5, 78–94. DOI: <https://doi.org/10.24412.2072-8042-2022-5-78-94>
31. Дзюба А.П. (2025) Особенности функционирования электробытовых компаний в рамках оптового рынка электроэнергии России. *Вестник экономики, управления и права*, 18 (1), 11–25. DOI: <https://doi.org/10.47475/3034-4247-2025-18-1-11-25>
32. Xu R., Liu Z., Yu Z. (2019) Exploring the Profitability and Efficiency of Variable Renewable Energy in Spot Electricity Market: Uncovering the Locational Price Disadvantages. *Energies*, 12 (14), art. no. 2820. DOI: <https://doi.org/10.3390/en12142820>

REFERENCES

1. Chebotareva G.S., Dvinayninov A.A. (2021) An Economic Alternative to Replacing Centralized Gas Supply with Autonomous Biogas Facilities in Russian Cities. *Journal of Applied Economic Research*, 20 (3), 582–612. DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2021.20.3.023>
2. Chebotareva G.S., Dvinayninov A.A., Berdnikov A.D., Tinarsky D.A. (2025) Economic Efficiency of Alternative Energy Supply Technologies for Consumers in the Sverdlovsk Region. *Journal of Applied Economic Research*, 24 (1), 216–256. DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2025.24.1.008>
3. Chebotareva G.S., Dvinayninov A.A. (2023) Economic feasibility of gasification scenarios in remote areas (the case of Sverdlovsk region, Russia). *R-Economy*, 9 (1), 5–18. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2023.9.1.001>



4. Chebotareva G.S., Dvinayninov A.A. (2024) On the issue of the Russian biogas sector development. *Energetik*, 7, 35–42. DOI: <https://doi.org/10.71527/EP.EN.2024.07.007>
5. Gromov A., Kondratiev S., Shirov A. (2023) The domestic gas market at a historic crossroads. *Energy Policy*, 9 (188), 14–25. DOI: https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_9188_14
6. Novak A. (2023) Maksimal'naia gazifikatsiia regionov Rossii – prioritet energeticheskoi politiki strany [Maximum gasification of Russia's regions is a priority for the country's energy policy.]. *Energy Policy*, 9 (188), 8–13. DOI: https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_9188_8
7. Weiss D., Nelson A., Gibson H., Temperley W., Peedell S., Lieber A., Hancher M., Poyart E., Belchior S., Fullman N., Mappin B., Dalrymple U., Rozier J., Lucas T.C.D., Howes R.E., Tusting L.S., Kang S.Y., Cameron E., Bisanzio D., Battle K.E., Bhatt S., Gething P.W. (2018) A global map of travel time to cities to assess inequalities in accessibility in 2015. *Nature*, 553, 333–336. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature25181>
8. Rausser G., Chebotareva G., Strielkowski W., Smutka L. (2025) Would Russian solar energy projects be possible without state support? *Renewable Energy*, 241, art. no. 122294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.122294>
9. Gitel'man L.D., Ratnikov B.E., Kozhevnikov M.V. (2023) *Energeticheskii perekhod: Rukovodstvo dlia realistov* [Energy Transition: A Realist's Guide], monograph, Moscow: Solon-Press.
10. Gubanov M., Kiushkina V., Shirokov A. (2023) On the creation of a fund for the development of local energy system. *Energy Policy*, 9 (188), 70–83. DOI: https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_9188_70
11. Karasevich V., Vasiliev Yu., Negrimovsky V. (2023) Prospects of autonomic energy supply of isolated areas in Russian Arctic regions using hydrogen technologies. *Energy Policy*, 9 (188), 62–69. DOI: https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_9188_62
12. Kozhevnikov M.V., Dvinyaninov A.A., Sapozhnikov N.G. (2024) Institutional barriers to the development of small-scale power generation in Russia. *Journal of New Economy*, 25 (1), 110–130. DOI: <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2024-25-1-6>
13. Hvelplund F. (2006) Renewable energy and the need for local energy markets. *Energy*, 31 (13), 2293–2302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.01.016>
14. Lin B., Chen J., Wesseh Jr. P.K. (2022) Peak-valley tariffs and solar prosumers: Why renewable energy policies should target local electricity markets. *Energy Policy*, 165, art. no. 112984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112984>
15. Smolyakov A.S., Gorbenko A.V. (2024) Foreign and domestic experience in improving energy efficiency on the basis of hybrid power plants in isolated areas. *Scientific Review. Economic Sciences*, 1, 22–26. DOI: <https://doi.org/10.17513/sres.1138>
16. Saneev B.G., Ivanova I.Yu., Tuguzova T.F. (2016) The use of renewable energy sources as a priority line for the enhancement of systems for energy supply to hard-to-access territories in eastern regions. *International Renewable Energy Congress (REENCON) – XXI 2016*, 136–142.
17. Chaves L.I., da Silva M.J., Melegari de Souza S.N., Secco D., Rosa H.A., Camargo Nogueira C.E., Pires Frigo E. (2016) Small-scale power generation analysis: Downdraft gasifier coupled to engine generator set. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 491–498. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.033>
18. Teotia F., Bhakar R. (2016) Local energy markets: Concept, design and operation. *2016 National Power Systems Conference (NPSC)*, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/NPSC.2016.7858975>
19. Driesen J., Belmans R. (2006) Distributed generation: challenges and possible solutions. *2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1109/PES.2006.1709099>
20. Zaichenko V., Solovyev D., Chernyavsky A. (2022) Problems and prospects for the development of russian bioenergy (part 2). *Journal of Environmental Earth and Energy Study*, 1 (13), 32–47.
21. Hänninen R., Hurmekoski E., Mutanen A., Viitanen J. (2018) Complexity of Assessing Future Forest Bioenergy Markets – Review of Bioenergy Potential Estimates in the European Union. *Current Forestry Reports*, 4 (1), 13–22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-018-0070-y>
22. Aristova A.A., Novikova O.V. (2023) The concept of a closed resource cycle using an innovative information system for the development of bioenergy. *Power engineering: research, equipment, technology*, 25 (4), 101–114. DOI: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2023-25-4-101-114>
23. Titova E.S., Sivak E.D. (2020) Analysis of the biofuel production regulation in Russia and in the world. *Russian journal of resources, conservation and recycling*, 7 (1), art. no. 04ECOR120. DOI: <https://doi.org/10.15862/04ECOR120>

24. Konovalova O.E. (2018) The state support of renewable energy in the retail market and isolated areas. *Russian Academy of Sciences Transactions. Kola Science Centre*, 9 (3–16), 132–139. DOI: <https://doi.org/10.25702/KSC.2307-5252.2018.16.3.132-139>
25. Sinelnikova A.V. (2022) Research projects of the world energy agency in the field of bioenergy. *Ekonomicheskii vestnik IPU RAN [Economic Bulletin of the V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences]*, 3, 45–52. DOI: <https://doi.org/10.25728/econ-bull.2022.3.4-sinelnikova>
26. Fischer G., Schrattenholzer L. (2001) Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass and Bioenergy*, 20 (3), 151–159. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00074-X](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00074-X)
27. Ziolkowska J., Meyers W.H., Meyer S., Binfield J. (2010) Targets and Mandates: Lessons Learned from EU and US Biofuels Policy Mechanisms. *The Journal of Agrobiotechnology Management and Economics*, 13 (4), 398–412.
28. De L.T. Oliveira G., McKay B., Plank C. (2017) How biofuel policies backfire: Misguided goals, inefficient mechanisms, and political-ecological blind spots. *Energy Policy*, 108, 765–775. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.036>
29. Pilloni M., Hamed T.A. (2021) Small-Size Biogas Technology Applications for Rural Areas in the Context of Developing Countries. *Anaerobic Digestion in Built Environments*, 10 (5), 70–72. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.96857>
30. Zakharov V.E. (2024) Market Aspects of Renewable Energy in Russia. *Russian Foreign Economic Journal*, 5, 78–94. DOI: <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2022-5-78-94>
31. Dzyuba A.P. (2025) The specifics of the functioning of energy marketing companies in the framework of the wholesale electricity market in Russia. *Bulletin of Economics, Management and Law*, 18 (1), 11–25. DOI: <https://doi.org/10.47475/3034-4247-2025-18-1-11-25>
32. Xu R., Liu Z., Yu Z. (2019) Exploring the Profitability and Efficiency of Variable Renewable Energy in Spot Electricity Market: Uncovering the Locational Price Disadvantages. *Energies*, 12 (14), art. no. 2820. DOI: <https://doi.org/10.3390/en12142820>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ЧЕБОТАРЕВА Галина Сергеевна

E-mail: g.s.chebotareva@urfu.ru

Galina S. CHEBOTAREVA

E-mail: g.s.chebotareva@urfu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7496-4927>

ДВИНЯНИНОВ Артем Андреевич

E-mail: aadvinianinov@urfu.ru

Artyom A. DVINAYNINOV

E-mail: aadvinianinov@urfu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9852-1861>

Поступила: 01.11.2025; Одобрена: 08.12.2025; Принята: 08.12.2025.

Submitted: 01.11.2025; Approved: 08.12.2025; Accepted: 08.12.2025.