

Демьянов Сергей Дмитриевич, магистрант второго курса Института международной экономики, лидерства и менеджмента; Московский университет имени А. С. Грибоедова, г. Москва
Demyanov Sergey Dmitrievich, Second-year Master's student at the Institute of International Economics, Leadership, and Management; A.S. Griboyedov Moscow University, Moscow;

Пасюк Павел Антонович, аспирант первого курса, Московский Политехнический университет, г. Москва.
Pasyuk Pavel Antonovich, first-year postgraduate student at Moscow Polytechnic University, Moscow.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПЕРЕХОДА НА БИОТОПЛИВО В КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ЖИЛИЩНОМ СЕКТОРЕ

Аннотация: В статье исследуются региональные стратегии и механизмы перехода коммунального хозяйства и жилищного сектора на биотопливо как альтернативный источник энергии. Рассматриваются современные виды биотоплива, применяемые в теплоснабжении и горячем водоснабжении, анализируется опыт пилотных регионов России и зарубежных стран. Авторы предлагают классификацию региональных стратегий перехода, выявляют ключевые барьеры и факторы успеха, а также формулируют рекомендации по формированию эффективной региональной политики в данной сфере. Результаты исследования могут быть использованы при разработке региональных программ энергетической безопасности и декарбонизации жилищно-коммунального комплекса.

Ключевые слова: биотопливо, коммунальное хозяйство, жилищный сектор, региональная стратегия, энергетический переход, возобновляемые источники энергии, теплоснабжение, декарбонизация.

Abstract: The article examines regional strategies and mechanisms for the transition of utilities and the housing sector to biofuels as an alternative energy source. Modern types of biofuels used in heat supply and hot water supply are considered, the experience of pilot regions of Russia and foreign countries is analyzed. The authors propose a classification of regional transition strategies, identify key barriers and success factors, and formulate recommendations for the formation of an effective regional policy in this area. The results of the study can be used in the development of regional programs for energy security and decarbonization of the housing and communal complex.

Keywords: biofuels, utilities, housing sector, regional strategy, energy transition, renewable energy sources, heat supply, decarbonization.

1. Введение

Современная энергетическая политика большинства государств всё настойчивее ориентируется на снижение углеродного следа и диверсификацию топливно-энергетического баланса. В этом контексте биотопливо занимает особое место: будучи возобновляемым источником энергии, оно органично вписывается в уже существующую инфраструктуру централизованного теплоснабжения, не требуя столь радикальной технологической перестройки, как переход на солнечную или ветровую генерацию. Коммунальное хозяйство и жилищный сектор являются крупнейшими потребителями тепловой энергии в большинстве регионов мира, и именно здесь потенциал замещения ископаемого топлива биомассой наиболее высок.

Для России, обладающей огромным лесным и агропромышленным потенциалом, переход на биотопливо в ЖКХ представляет одновременно экономическую, экологическую и стратегическую задачу. По оценкам

Министерства энергетики РФ, около 35% тепловой энергии в стране производится на котельных, значительная часть которых технически и экономически готова к переводу на пеллеты, щепу или биогаз. При этом реализация подобных проектов имеет выраженный региональный характер: условия, ресурсная база, инфраструктура и институциональная среда существенно варьируются от субъекта к субъекту.

Несмотря на очевидную актуальность, в российской и международной научной литературе недостаточно представлены комплексные исследования, систематизирующие региональные стратегии перехода ЖКХ на биотопливо. Преобладают либо технологические описания отдельных установок, либо отраслевые обзоры без учёта территориальной специфики. Настоящая статья призвана восполнить данный пробел: предлагается концептуальная рамка для сравнительного анализа региональных стратегий, исследуется российский и зарубежный опыт, формулируются практические рекомендации для органов государственного управления.

Объект исследования - процессы энергетического перехода в коммунальном хозяйстве и жилищном секторе на уровне регионов. Предмет - стратегические подходы, механизмы и инструменты, обеспечивающие замещение ископаемого топлива биотопливом в системах теплоснабжения. Цель работы - выявить типологические черты успешных региональных стратегий и разработать методологические основы их формирования. Методология включает сравнительный анализ, метод кейс-стади, экспертные оценки и статистический анализ отраслевых данных.

2. Биотопливо в системах теплоснабжения: виды, характеристики и применимость

2.1. Классификация биотоплив, используемых в ЖКХ

В системах коммунального теплоснабжения применяется широкий спектр биотоплив, которые принято классифицировать по агрегатному состоянию, происхождению сырья и технологическому принципу получения. По

агрегатному состоянию выделяют твёрдое (пеллеты, брикеты, дрова, щепа, солома), жидкое (биодизель, пиролизное масло) и газообразное (биогаз, биометан, синтез-газ) биотопливо.

Твёрдая биомасса остаётся наиболее распространённым видом биотоплива в коммунальном секторе. Пеллеты - стандартизированные цилиндрические гранулы из прессованных отходов деревопереработки или сельскохозяйственных остатков - сочетают высокую теплотворную способность (16–19 МДж/кг), однородность физических характеристик и пригодность для автоматизированной подачи в топку. Древесная щепа является более дешёвым, хотя и менее стабильным по влажности топливом; её применение оправдано при наличии локальных лесозаготовительных предприятий. Агропеллеты из соломы, лузги подсолнечника или стеблей кукурузы актуальны для степных регионов, где лесные ресурсы ограничены.

Биогаз, получаемый в ходе анаэробного сбраживания органических отходов, может использоваться непосредственно в котлах или после обогащения до кондиций природного газа (биометан) подаваться в газораспределительные сети. Это открывает перспективу «зелёной» газификации без замены существующего оборудования потребителей. Биометан особенно перспективен в регионах с развитым животноводством и пищевой промышленностью, располагающих значительными объёмами субстрата.

Пиролизное масло, получаемое термохимической деструкцией биомассы, пока не получило широкого распространения в коммунальной теплоэнергетике из-за высокой кислотности и нестабильности при хранении, однако технологии его очистки активно развиваются. В перспективе оно может стать основой для котельных второго поколения с существенно меньшими выбросами твёрдых частиц.

Таблица 1. Сравнительная характеристика основных видов биотоплива для систем теплоснабжения

Вид биотоплива	Теплотворность, МДж/кг	Влажность, %	Зольность, %	Применимость в ЖКХ
Древесные пеллеты	16–19	8–10	0,5–1,5	Высокая (котельные от 0,1 МВт)
Древесная щепа	8–13	20–50	1–3	Высокая (от 0,5 МВт)
Агропеллеты	14–17	8–12	3–8	Средняя (спец. оборудование)
Биогаз	21–25 МДж/м³	-	-	Высокая (сущест. инфраструктура)
Биометан	34–38 МДж/м³	-	-	Высокая (газовые сети)

2.2. Технологические аспекты интеграции биотоплива в системы ЖКХ

Интеграция биотоплива в существующую инфраструктуру теплоснабжения сопряжена с рядом технологических вызовов. Действующий жилищно-коммунальный фонд России в значительной мере создавался под уголь или мазут, реже - под природный газ. Переоснащение котельных под биомассу требует замены горелок или топок, установки систем золоудаления,

автоматизированных систем топливоподачи, а нередко и реконструкции дымовых труб для соответствия нормам выбросов взвешенных частиц.

Перспективным технологическим решением является установка так называемых «мультитопливных» котлов, способных работать на биомассе, угле и при необходимости переходить на жидкое топливо. Это существенно снижает риски, связанные с перебоями в поставках биотоплива, и облегчает переходный период. На крупных теплоисточниках (от 3–5 МВт) широко применяется также технология совместного сжигания биомассы и угля (co-firing), позволяющая постепенно наращивать долю возобновляемой составляющей.

Биогазовые установки в коммунальном секторе, как правило, создаются на основе городских очистных сооружений или полигонов твёрдых коммунальных отходов. Биогаз свалочного происхождения (landfill gas) используется в России в десятках крупных городов и позволяет одновременно решать задачи утилизации отходов и выработки тепловой и электрической энергии. Потенциал этого направления, по оценкам ИГЭС РАН, составляет не менее 15–20 млн т условного топлива в год.

3. Мировой опыт региональных стратегий перехода на биотопливо в ЖКХ

3.1. Скандинавская модель: Финляндия и Швеция

Скандинавские страны являются признанными лидерами по использованию биотоплива в системах централизованного теплоснабжения. Доля биоэнергии в производстве тепловой энергии Финляндии превышает 50%, Швеции - около 65%. Успех этих стран обусловлен сочетанием нескольких факторов: наличием развитой лесной промышленности, генерирующей огромные объёмы отходов биомассы; высоким уровнем организации систем централизованного теплоснабжения; последовательной государственной политикой, включая углеродный налог (введён в Швеции в 1991 году),

субсидии на биоэнергетическое оборудование и обязательные целевые показатели по возобновляемой энергии.

На региональном уровне наиболее показателен опыт шведской провинции Смоланд, где кластер небольших муниципалитетов сформировал совместную логистическую систему по заготовке и доставке лесной щепы. Кооперативная модель позволила снизить транспортные расходы на 30–40% и обеспечить стабильность поставок даже в зимний период. Аналогичные кооперативные структуры получили широкое распространение в Финляндии, где в некоторых регионах они обеспечивают до 80% потребностей местных котельных в топливе.

Важным институциональным инструментом в Скандинавии стали долгосрочные контракты на поставку биотоплива (energy service agreements) сроком 15–20 лет, снижающие инвестиционные риски для операторов котельных и создающие стимулы для развития предложения биомассы. Муниципальные администрации выступают якорными потребителями, обеспечивая гарантированный спрос и тем самым привлекая частный капитал в создание инфраструктуры хранения и логистики.

3.2. Австрийская и немецкая модели: децентрализованный подход

В отличие от скандинавских стран, Австрия и Германия развивали биоэнергетику преимущественно через децентрализованные установки: малые котельные на пеллетах и щепе мощностью от 10 кВт (индивидуальные дома) до 2–3 МВт (небольшие жилые кварталы или промышленные предприятия). В Австрии эта модель получила наибольшее развитие в Штирии и Нижней Австрии, где сельские общины создавали «биоэнергетические деревни» - самообеспеченные в энергетическом отношении поселения, использующие местную биомассу.

Германская программа "Bioenergiedörfer" (биоэнергетические деревни) к 2023 году охватывала более 170 населённых пунктов. Каждое такое поселение вырабатывает не менее 50% потребляемой тепловой и 100%

электрической энергии из местной биомассы. Ключевым элементом успеха является участие местных жителей в форме кооперативов, получающих долю в доходах от продажи энергии. Это создаёт социальную поддержку проектов и обеспечивает их устойчивость даже при смене муниципального руководства.

Немецкий опыт показывает, что региональные стратегии, основанные исключительно на административном планировании сверху вниз, значительно уступают по эффективности моделям, в которых местные сообщества становятся полноценными субъектами энергетического перехода. Участие граждан не только снижает транзакционные издержки реализации проектов, но и формирует локальный рынок труда в сфере биоэнергетики.

3.3. Опыт стран Центральной и Восточной Европы

Страны ЦВЕ, присоединившиеся к ЕС в 2004–2007 годах, получили мощный импульс для развития биоэнергетики в ЖКХ через механизмы Структурных фондов и программу ELENA (Европейская местная энергетическая помощь). Польша, Венгрия и Румыния активно использовали европейское софинансирование для модернизации устаревших угольных и мазутных котельных с переходом на биомассу.

Польский опыт особенно интересен в контексте дискуссий об угольных регионах: провинции Малопольша и Подкарпатье сформировали региональные программы «антисмогового» перехода, в рамках которых замена угольных котлов на пеллетные субсидировалась в размере до 80% стоимости. Интеграция климатических и социальных целей (снижение твёрдых частиц PM_{2,5} при сохранении занятости в сельских районах через производство пеллет) обеспечила высокий уровень общественной поддержки программы.

Вместе с тем опыт ряда стран ЦВЕ демонстрирует и серьёзные риски: при отсутствии надлежащего регулирования спрос на биомассу со стороны

дотируемых котельных приводит к рубке деловой древесины, а не к использованию отходов. Это снижает экологический эффект перехода и вступает в противоречие с принципами устойчивого лесопользования. Критерии устойчивости биомассы, введенные Директивой ЕС о возобновляемой энергии (RED III), призваны решить эту проблему, однако их практическое применение требует значительных административных ресурсов.

4. Российский опыт: региональная дифференциация и пилотные проекты

4.1. Ресурсный потенциал биотоплива в разрезе федеральных округов

Россия располагает исключительным потенциалом для развития биотопливной энергетики. Лесной фонд страны составляет около 1,2 млрд га, значительная часть которого ежегодно генерирует лесосечные отходы, пригодные для производства биотоплива. По данным Рослесхоза, потенциальный объем лесных отходов, пригодных для энергетического использования, оценивается в 150–200 млн т в год, из которых в настоящее время используется менее 5%.

Распределение ресурсного потенциала биотоплива крайне неравномерно по регионам. Максимальным потенциалом располагают Северо-Западный, Сибирский и Уральский федеральные округа, где сосредоточена основная часть лесопромышленного комплекса. Южный и Приволжский федеральные округа обладают значительным агробиомассным потенциалом: ежегодный объем соломы и других растительных остатков от сельскохозяйственных культур превышает 100 млн т, из которых для энергетики может быть направлено до 30–40 млн т.

Таблица 2. Оценка потенциала биотоплива по федеральным округам России

Федеральный округ	Лесные ресурсы (млн т/год)	Агробiomасса (млн т/год)	Оценка потенциала
Северо-Западный	30–40	5–8	Очень высокий
Сибирский	50–70	15–20	Очень высокий
Уральский	20–30	10–14	Высокий
Приволжский	10–15	25–35	Высокий
Центральный	8–12	20–28	Средний
Южный	2–4	30–40	Средний
Дальневосточный	25–35	3–5	Высокий (отд. районы)

4.2. Лесопромышленные регионы: опыт Архангельской и Вологодской областей

Архангельская область является одним из пионеров использования древесного биотоплива в коммунальном теплоснабжении России. Ещё в 1990-е годы ряд котельных региона был переведён на сжигание кородревесных отходов леспромхозов. В 2010-е годы региональная программа модернизации ЖКХ предусматривала целенаправленный перевод нерентабельных мазутных котельных на древесную щепу и пеллеты. По состоянию на 2024 год более 80 котельных области работают на биотопливе, обеспечивая теплоснабжение около 60 тыс. жилых квартир. Архангельская модель характеризуется тесной координацией между лесопромышленными предприятиями и организациями ЖКХ. Крупные

ЦБК и лесозаготовительные компании выступают якорными поставщиками биотоплива, что обеспечивает стабильность и предсказуемость цен. Региональная администрация формирует законодательную среду через долгосрочные концессионные соглашения и гарантии тарифной выручки, снижая риски частных инвесторов.

Вологодская область демонстрирует несколько иную модель, ориентированную на малые населённые пункты. Здесь преобладают небольшие автоматизированные котельные на щепе мощностью 0,1-0,5 МВт, обслуживающие отдельные деревни и посёлки. Принципиально важно, что проекты реализуются в рамках муниципально-частного партнёрства: муниципалитет предоставляет здание котельной и гарантированного потребителя (школа, больница), частный оператор - оборудование и топливо. Такой формат минимизирует нагрузку на муниципальный бюджет и обеспечивает профессиональную эксплуатацию установок.

4.3. Аграрные регионы: потенциал и ограничения

В южных и центрально-чернозёмных регионах России ключевым источником биотоплива могут служить отходы агропромышленного комплекса. Краснодарский край ежегодно производит несколько миллионов тонн рисовой лузги, подсолнечной шелухи и соломы зерновых культур. Ряд промышленных котельных уже перешёл на эти виды биотоплива, однако их использование в жилищном секторе существенно осложняется высокой зольностью агробиомассы и образованием агрессивных отложений в топках и дымоходах.

Белгородская и Липецкая области реализуют программы производства биогаза из отходов крупных животноводческих комплексов. Биогазовые установки мощностью от 0,5 до 5 МВт обеспечивают теплоснабжение промышленных и отчасти жилых объектов, одновременно решая проблему утилизации навозных стоков. Агрохолдинги, выступающие инвесторами и

операторами биогазовых станций, получают дополнительный доход от продажи тепла и электроэнергии, а также от реализации биоудобрений - ценного побочного продукта метанового брожения.

Вместе с тем реализация крупных биогазовых проектов в аграрных регионах сталкивается с институциональными барьерами: сложность подключения к газораспределительным сетям, отсутствие чётких правил для малых производителей биометана, длительные процедуры технологического присоединения. Устранение этих барьеров является первоочередной задачей регуляторной реформы.

5. Типология региональных стратегий перехода на биотопливо

5.1. Критерии классификации

На основе анализа отечественного и зарубежного опыта авторы предлагают классифицировать региональные стратегии перехода ЖКХ на биотопливо по трём ключевым критериям: (1) доминирующей роли основного актора; (2) масштабу и охвату; (3) типу используемого биотоплива и его привязке к региональной ресурсной базе. Сочетание этих критериев позволяет выделить четыре базовых типа стратегий.

5.2. Государственно-директивная стратегия

Государственно-директивная стратегия предполагает, что региональные органы власти принимают на себя функцию главного движущего агента изменений. Ключевыми инструментами являются обязательные целевые показатели по использованию возобновляемых источников энергии в системах теплоснабжения, административные предписания о переводе котельных на биотопливо в установленные сроки, а также прямое бюджетное финансирование модернизации коммунальной инфраструктуры.

Преимуществом данной стратегии является возможность проведения масштабных системных изменений в короткие сроки: регионы, избравшие директивный подход, как правило, демонстрируют более высокие темпы

замещения ископаемого топлива. Однако при отсутствии достаточных бюджетных ресурсов или недостаточном внимании к формированию конкурентного рынка биотоплива директивный подход может привести к монополизации поставок, снижению качества топлива и, как следствие, низкой эффективности перехода.

Элементы государственно-директивной стратегии наиболее выражены в Архангельской области, Республике Карелия и Костромской области, где региональные администрации активно регулируют как спрос (через муниципальные котельные), так и предложение биотоплива.

5.3. Рыночно-стимулирующая стратегия

Рыночно-стимулирующая стратегия делает акцент на создании благоприятных экономических условий для частных инвесторов и конкурентного рынка биотоплива. Её ключевые инструменты - налоговые льготы для производителей и потребителей биотоплива, ускоренная амортизация биоэнергетического оборудования, «зелёные» тарифы и сертификаты возобновляемой энергии, а также упрощённые процедуры лицензирования и технологического присоединения.

При правильной калибровке стимулов данная стратегия обеспечивает эффективное распределение ресурсов: частный капитал направляется в наиболее перспективные проекты, а рыночная конкуренция поставщиков биотоплива удерживает цены на конкурентном уровне. Слабым местом является зависимость от инвестиционного климата: в регионах с высоким административным давлением на бизнес или слабой защитой прав собственности рыночные стимулы работают значительно менее эффективно.

Наиболее последовательно рыночно-стимулирующий подход реализуется в Республике Татарстан и Нижегородской области, где региональные инвестиционные фонды и гарантийные агентства активно привлекают частных инвесторов к модернизации котельных.

5.4. Кооперативно-общинная стратегия

Кооперативно-общинная стратегия, широко распространённая в Германии, Австрии и Скандинавских странах, в российском контексте пока представлена в зачаточном состоянии, однако её элементы прослеживаются в некоторых муниципальных образованиях Вологодской, Псковской и Кировской областей. Суть подхода - в передаче местным сообществам права собственности и управления биоэнергетическими объектами через кооперативы или муниципальные предприятия с участием граждан.

Принципиальным преимуществом данной стратегии является сохранение добавленной стоимости в местной экономике: выручка от продажи тепловой энергии остаётся в распоряжении общины, а не «утекает» к внешним инвесторам. Кроме того, кооперативная форма собственности формирует устойчивый социальный контракт между поставщиком и потребителем тепла, снижая риски тарифных конфликтов. Основное ограничение - необходимость значительных организационных усилий и правовой грамотности участников, что затрудняет масштабирование данного подхода в регионах со слабым гражданским обществом.

5.5. Корпоративно-интегрированная стратегия

Корпоративно-интегрированная стратегия предполагает, что крупные промышленные предприятия - лесоперерабатывающие, агропромышленные или нефтехимические - выступают якорными инвесторами и операторами биоэнергетической инфраструктуры, обеспечивая теплоснабжение прилегающих жилых массивов и социальных объектов. Эта стратегия характерна для моногородов, где градообразующее предприятие традиционно отвечало за коммунальную инфраструктуру.

Корпоративная стратегия позволяет объединить интересы промышленного предприятия (утилизация отходов, улучшение экологических показателей) с нуждами коммунального сектора (надёжное и доступное теплоснабжение). Совместные предприятия крупных ЦБК и управляющих

компаний ЖКХ в Карелии и Архангельской области демонстрируют устойчивость этой модели при условии, что отношения между партнёрами надлежащим образом закреплены в долгосрочных контрактах.

6. Барьеры и факторы успеха в реализации региональных стратегий

6.1. Основные барьеры

Анализ российского и зарубежного опыта позволяет систематизировать барьеры, препятствующие реализации региональных стратегий перехода ЖКХ на биотопливо, по четырём группам: экономические, технические, институциональные и социальные.

К экономическим барьерам относятся: высокая капиталоемкость первоначальных инвестиций в модернизацию котельных; ценовая конкуренция со стороны субсидируемого природного газа, делающая биотопливо менее привлекательным в газифицированных регионах; нестабильность цен на биотопливо вследствие сезонности производства и фрагментированности рынка; ограниченный доступ малых и средних муниципальных предприятий ЖКХ к долгосрочному финансированию.

Технические барьеры включают физический и моральный износ котельного оборудования, требующего полной замены, а не модернизации; отсутствие стандартизированной системы контроля качества биотоплива; недостаточную складскую и логистическую инфраструктуру; дефицит квалифицированных специалистов по обслуживанию биоэнергетического оборудования, особенно выраженный в сельских районах.

Институциональные барьеры - пожалуй, наиболее серьёзные в российском контексте - включают: несовершенство тарифного регулирования, не учитывающего инвестиционную составляющую перехода на биотопливо; отсутствие долгосрочных (15–20 лет) концессионных механизмов, востребованных частными инвесторами; разрозненность ответственности между федеральными, региональными и муниципальными органами власти; слабое правоприменение в сфере экологических стандартов.

6.2. Факторы успеха

Сравнительный анализ успешных региональных стратегий позволяет выделить набор факторов, наличие которых существенно повышает вероятность эффективного перехода ЖКХ на биотопливо.

Первым и наиболее значимым фактором является наличие политической воли и устойчивой поддержки на уровне регионального руководства. В регионах, где губернаторы лично курируют программы биоэнергетики, темпы перехода вдвое выше среднероссийских. Это объясняется тем, что переход на биотопливо затрагивает интересы множества ведомств и требует межведомственной координации, которую может обеспечить только сильная политическая воля.

Вторым фактором является наличие развитой местной сырьевой базы биотоплива. Регионы, располагающие крупными лесоперерабатывающими предприятиями или агропромышленными комплексами, формирующими стабильный поток отходов биомассы, имеют значительное конкурентное преимущество. Логистические издержки составляют 30–50% в цене биотоплива, поэтому близость производства к потреблению критически важна для экономической эффективности проектов.

Третий фактор - наличие долгосрочных контрактов между поставщиками и потребителями биотоплива. Опыт Скандинавии убедительно показывает, что именно долгосрочные контракты (15–25 лет) создают основу для масштабных инвестиций в биоэнергетическую инфраструктуру. В российских условиях аналогичную роль могут играть концессионные соглашения или договоры жизненного цикла.

Четвёртым фактором успеха является интеграция перехода на биотопливо в комплексные программы регионального развития. Проекты, «встроенные» в более широкую повестку - развитие сельских территорий, поддержка малого бизнеса в лесной отрасли, улучшение экологической

ситуации, - пользуются значительно более широкой общественной поддержкой и легче проходят административные барьеры.

7. Методологические основы формирования региональной стратегии

7.1. Алгоритм разработки стратегии

На основе проведённого исследования авторы предлагают алгоритм разработки региональной стратегии перехода ЖКХ на биотопливо, состоящий из шести последовательных этапов.

Этап 1 - инвентаризация и оценка потенциала - включает детальный анализ ресурсной базы биотоплива (лесные отходы, агробиомасса, органические ТКО), картирование объектов коммунальной теплоэнергетики с оценкой их технического состояния и готовности к переводу на биотопливо, а также экономическое моделирование стоимости перехода с учётом региональной специфики цен на энергоносители и транспортных расходов.

Этап 2 - разработка сценариев - предполагает формирование трёх-четырёх альтернативных сценариев перехода, различающихся по охвату (число объектов и населённых пунктов), темпам реализации (5, 10, 15 лет) и структуре инвестиций (бюджетное vs. частное финансирование). Для каждого сценария рассчитывается эффект по ключевым показателям: снижение выбросов CO₂, экономия бюджетных средств на закупку топлива, создание рабочих мест в секторе биотоплива.

Этап 3 - консультации с заинтересованными сторонами - требует вовлечения муниципальных администраций, управляющих компаний ЖКХ, производителей биотоплива, финансовых организаций и представителей населения в процесс обсуждения и корректировки сценариев. Игнорирование этого этапа - одна из наиболее распространённых причин провала региональных программ.

Этапы 4–6 включают выбор оптимального сценария, разработку детального плана реализации (road map) с указанием ответственных, сроков и

индикаторов, а также создание системы мониторинга и оценки эффективности.

7.2. Индикаторы эффективности региональных стратегий

Таблица 3. Система ключевых показателей эффективности (KPI) региональной биоэнергетической стратегии

Группа показателей	Ключевой индикатор	Целевое значение (5 лет)
Энергетические	Доля биотоплива в теплоснабжении, %	Рост на 15–20 п.п.
Экологические	Снижение выбросов CO ₂ от котельных, т/год	20–40% от базового уровня
Экономические	Затраты на топливо на 1 Гкал, руб.	Снижение на 10–25%
Социальные	Создано рабочих мест в биоэнергетике, ед.	100–500 на 1 млн жит.
Надёжности	Перебои теплоснабжения, ч/год	Снижение на 20%+
Инфраструктурные	Модернизация котельных, ед.	50–80% от плана

8. Регуляторная среда и государственная поддержка

8.1. Федеральный уровень: существующие механизмы

На федеральном уровне основу нормативной поддержки биоэнергетики в ЖКХ составляют: Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности»; государственная программа «Развитие лесного хозяйства», предусматривающая меры по стимулированию глубокой переработки древесины, включая производство биотоплива; а также Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года.

Вместе с тем федеральная нормативная база в части биоэнергетики ЖКХ имеет существенные пробелы. Отсутствует единый закон о биотопливе, нет чётких правил учёта биотоплива в системе регулирования выбросов парниковых газов, не определён статус биометана в газовых сетях. Тарифное регулирование тепловой энергии, осуществляемое на основе Федерального закона № 190-ФЗ «О теплоснабжении», не создаёт достаточных стимулов для инвестиций в биоэнергетику: долгосрочные тарифные решения сроком более 5 лет на практике редки, что несовместимо с инвестиционными горизонтами биоэнергетических проектов (12-20 лет).

8.2. Региональный уровень: рекомендации по формированию институциональной среды

Для создания благоприятной институциональной среды на региональном уровне авторы рекомендуют следующий комплекс мер. Во-первых, принятие региональных законов или целевых программ по развитию биоэнергетики в ЖКХ с фиксированными целевыми показателями и механизмами финансирования. Наличие специальных региональных программ в таких субъектах, как Архангельская, Кировская и Вологодская области, коррелирует с существенно более высокими темпами перехода по сравнению с регионами, где биоэнергетика включена лишь в общие программы развития ЖКХ.

Во-вторых, создание специализированных организационных структур - региональных агентств по биоэнергетике или проектных офисов -

способных осуществлять техническую поддержку муниципалитетов, содействовать привлечению инвестиций и разрешать конфликты интересов между участниками рынка биотоплива. Опыт Финляндии и Австрии показывает, что подобные структуры окупают себя за счёт ускорения реализации проектов.

В-третьих, внедрение системы долгосрочных концессий на теплоснабжение с биотопливными котельными на срок 15–20 лет. Это позволяет частным инвесторам получить приемлемый горизонт окупаемости, а муниципалитетам - зафиксировать экономические условия поставки тепла и требования к экологическим показателям котельных на длительный период.

В-четвёртых, необходима разработка региональных стандартов качества биотоплива, гармонизированных с европейскими нормами (EN ISO 17225). Отсутствие единых стандартов является одним из главных препятствий для развития межрегиональной торговли биотопливом и снижения логистических издержек.

9. Финансовые механизмы реализации стратегий

9.1. Структура финансирования

Финансирование перехода ЖКХ на биотопливо, как правило, имеет смешанный характер: сочетание бюджетных субсидий, кредитования и привлечения частного капитала. По оценкам авторов, оптимальная структура финансирования для российских условий выглядит следующим образом: 30–40% - средства регионального и муниципального бюджетов (субсидии, взносы в уставный капитал), 40–50% - долгосрочные кредиты институциональных банков (ВЭБ, Россельхозбанк, системообразующие банки), 10–20% - собственные средства частных инвесторов.

Принципиальную роль в снижении стоимости финансирования может сыграть участие институтов развития. ВЭБ.РФ запустил ряд программ «зелёного» финансирования, в рамках которых биоэнергетические проекты

ЖКХ могут получить льготные кредиты под 5–7% годовых против рыночных 12–15%. Аналогичную функцию выполняет Фонд содействия реформированию ЖКХ, финансирующий проекты модернизации коммунальной инфраструктуры. Однако процедуры одобрения проектов в этих структурах по-прежнему остаются длительными и сложными, что сдерживает их использование небольшими муниципалитетами.

9.2. Углеродные механизмы как источник дополнительного финансирования

С развитием систем углеродного ценообразования переход ЖКХ на биотопливо открывает возможности для привлечения дополнительного финансирования через углеродные механизмы. В рамках российского эксперимента по созданию рынка углеродных единиц (Сахалинский эксперимент) биоэнергетические проекты в ЖКХ могут генерировать верифицированные углеродные единицы, реализуемые как на внутреннем, так и на международных рынках.

Международный механизм CORSIA (для авиационного биотоплива) и европейская система CBAM (углеродный пограничный механизм) косвенно стимулируют развитие биоэнергетики в России, поскольку формируют устойчивый экспортный спрос на сертифицированное биотопливо. Регионы, располагающие избыточными мощностями по производству биотоплива, могут рассматривать экспорт пеллет и биометана как дополнительный источник дохода, перекрёстно субсидирующий внутреннее теплоснабжение.

10. Сценарии развития и прогноз до 2035 года

Авторы предлагают три сценария развития рынка биотоплива в ЖКХ России до 2035 года, различающихся по интенсивности государственной поддержки и темпам институциональных реформ.

Инерционный сценарий предполагает сохранение текущих тенденций: умеренный рост доли биотоплива в коммунальном теплоснабжении в

регионах с развитой лесной промышленностью при стагнации в газифицированных регионах. К 2035 году доля биотоплива в тепловом балансе ЖКХ составит 8–10% против нынешних 5–6%. Ограничивающими факторами остаются низкие цены на природный газ для ЖКХ и дефицит долгосрочного финансирования.

Умеренно-реформистский сценарий предполагает принятие федерального закона о биотопливе, введение обязательных целевых показателей для регионов, запуск программы льготного кредитования через институты развития. К 2035 году доля биотоплива в ЖКХ достигает 15–20%, создаётся 25–30 тыс. новых рабочих мест в секторе биотоплива, снижение выбросов CO₂ от коммунальной теплоэнергетики составляет 35–40 млн т/год.

Амбициозный сценарий предполагает введение углеродного налога, поэтапный отказ от субсидий на природный газ для ЖКХ, масштабную программу кооперативного развития биоэнергетики в сельских районах. К 2035 году доля биотоплива в ЖКХ превышает 30%, Россия становится крупнейшим экспортёром биометана в Европу. Данный сценарий требует радикальных политических решений и, по оценке авторов, реалистичен лишь при значительном усилении климатических обязательств страны.

11. Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать ряд концептуальных выводов о природе и перспективах региональных стратегий перехода ЖКХ на биотопливо.

Во-первых, не существует универсальной оптимальной стратегии: эффективность подхода определяется соответствием типа стратегии ресурсному профилю, институциональной среде и социально-экономическим особенностям конкретного региона. Лесопромышленные регионы Севера и Сибири естественным образом тяготеют к корпоративно-интегрированной или государственно-директивной модели; аграрные

регионы Юга - к биогазовым проектам на основе агропромышленных отходов; малые и средние города Центральной России - к рыночно-стимулирующему подходу с элементами кооперации.

Во-вторых, институциональные факторы - тарифное регулирование, доступность долгосрочного финансирования, стандартизация биотоплива, межведомственная координация - оказывают на результативность стратегий не менее существенное влияние, чем технологические или ресурсные. Регионы, инвестировавшие в реформу институциональной среды, демонстрируют значительно более высокие темпы биоэнергетического перехода.

В-третьих, социальное измерение стратегий - создание рабочих мест, сохранение добавленной стоимости на местном уровне, участие граждан - не является второстепенным. Именно социальная инклюзивность отличает устойчивые стратегии, переживающие смены политических элит, от краткосрочных административных кампаний.

В-четвёртых, интеграция России в международные рынки биотоплива и механизмы углеродного ценообразования открывает новые возможности для финансирования перехода, которые пока существенно недоиспользуются. Формирование экспортно-ориентированных кластеров производства биотоплива в ресурсно богатых регионах может создать устойчивую экономическую основу для развития внутреннего рынка.

Перспективными направлениями дальнейших исследований представляются: разработка количественных методов оценки готовности регионов к биоэнергетическому переходу; сравнительное изучение регуляторных моделей для биометана в газовых сетях; анализ социальных эффектов биоэнергетических проектов для сельских сообществ России.

Список литературы

1. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. - СПб.: Наука, 2020. - 314 с.
2. Борисов В.Н. Биомасса в энергетическом балансе регионов России: методологические подходы к оценке потенциала // Региональная экономика: теория и практика. - 2022. - № 4. - С. 14–28.
3. Голубев В.С., Никитин О.И. Технологии использования биомассы в коммунальной теплоэнергетике. - М.: МЭИ, 2021. - 248 с.
4. Зубакин В.А. Возобновляемая энергетика в России: взгляд инвестора // Энергетическая политика. - 2023. - № 1. - С. 45–59.
5. Иванченко И.С., Мелехин Е.С. Рынок биотоплива в России: состояние и перспективы развития // Экономика региона. - 2023. - Т. 19, № 2. - С. 412–427.
6. Конторович А.Э., Эдер Л.В. Энергетическая безопасность России в условиях глобального энергоперехода // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - 2022. - № 3. - С. 2–15.
7. Рубан Д.А. Биоэнергетические кластеры в лесопромышленных регионах России // Лесной вестник. - 2022. - Т. 26, № 5. - С. 112–121.
8. Попов А.И., Серёгин С.Н. Комплексная переработка биомассы в системах теплоснабжения. - Екатеринбург: УрО РАН, 2021. - 196 с.
9. Häggström C., Lundström J. Bioenergy policy and district heating in Sweden: regional implementation strategies // Energy Policy. - 2022. - Vol. 168. - P. 113127.
10. Jäger-Waldau A. et al. Biomass potential and regional energy transition policies in EU countries // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2023. - Vol. 182. - P. 113402.
11. Kern F., Smith A. Restructuring energy systems for sustainability? Energy transition policy in the Netherlands // Energy Policy. - 2008. - Vol. 36, No. 11. - P. 4093–4103.

12. Lund H. et al. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems // *Energy*. - 2014. - Vol. 68. - P. 1–11.
13. Nussbaumer T., Thalberg W. Biomass combustion in Europe: overview of technologies and regulations. - Zurich: Verenum, 2022. - 84 p.
14. Scarlat N. et al. Biogas: developments and perspectives in Europe // *Renewable Energy*. - 2018. - Vol. 129. - P. 457–472.
15. European Commission. Renewable Energy Directive III (EU) 2023/2413. - Luxembourg: Publications Office, 2023.

List of literature

1. Bezrukikh P.P., Arbuzov Yu.D. Resources and efficiency of using renewable energy sources in Russia. St. Petersburg: Nauka Publ., 2020, 314 p.
2. Borisov V.N. Biomass in the energy balance of Russian regions: methodological approaches to capacity assessment // *Regional economics: theory and practice*. - 2022. - No. 4. - pp. 14-28.
3. Golubev V.S., Nikitin O.I. Technologies of using biomass in municipal thermal power engineering. - Moscow: MEI, 2021. - 248 p.
4. Zubakin V.A. Renewable energy in Russia: an investor's view // *Energy policy*. - 2023. - No. 1. - pp. 45-59.
5. Ivanchenko I.S., Melekhin E.S. Biofuel market in Russia: state and prospects of development // *The economy of the region*. - 2023. - Vol. 19, No. 2. - pp. 412-427.
6. Kontorovich A.E., Eder L.V. Energy security of Russia in the context of the global energy transition // *Mineral Resources of Russia. Economics and management*. - 2022. - No. 3. - pp. 2-15.
7. Ruban D.A. Bioenergetic clusters in the timber industry regions of Russia // *Lesnoy Vestnik*. - 2022. - Vol. 26, No. 5. - pp. 112-121.

8. Popov A.I., Seregin S.N. Complex processing of biomass in heat supply systems. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021. 196 p.
9. Haggström S., Lundström J. Bioenergy policy and district heating in Sweden: regional implementation strategies // Energy policy. - 2022. - Volume 168. - p. 113127.
10. Jaeger-Waldau A. et al. The potential of biomass and the regional policy of energy transition in the EU countries // Reviews of renewable and sustainable energy. - 2023. - Volume 182. - p. 113402.
11. Kern F., Smith A. Restructuring energy systems in order to ensure sustainability? Energy transition policy in the Netherlands // Energy Policy. - 2008. - Volume 36, No. 11. - pp. 4093-4103.
12. Lund H. and others . 4th Generation District Heating (4GDH): integration of intelligent heating networks into future sustainable energy systems // Energy. - 2014. - Volume 68. - pp. 1-11.
13. Nussbaumer T., Thalberg U. Biomass burning in Europe: an overview of technologies and regulations. Zurich: Verenum, 2022. 84 p.
14. Skarlat N. et al. Biogas: development and prospects in Europe // Renewable energy. - 2018. - Volume 129. - pp. 457-472.
15. European Commission. Directive III (EU) on renewable energy sources 2023/2413. Luxembourg: Publishing House, 2023.