

А.В. Верхотуров, А.И. Пыжев

Варианты газификации Красноярского края: поиск эколого-экономического баланса¹

УДК 332.145

Аннотация. В статье изучаются социально-экологические эффекты проектов газификации регионов Сибири и Дальнего Востока на примере Красноярского края, где остро стоит проблема загрязнения атмосферного воздуха в результате сжигания угольного топлива, особенно для районов с большим количеством малоэтажных домовладений. Проведенные расчеты показывают, что, несмотря на высокие капитальные затраты, варианты газификации региона на основе расширения существующей магистральной газотранспортной инфраструктуры топлива могут быть рентабельны даже в стоимостном выражении. Если же дополнить данные оценки результатами анализа потерь здоровья и жизни населения из-за токсического воздействия продуктов сгорания угля, необходимость практической реализации рассматриваемых инициатив становится еще более очевидной.

Ключевые слова: газификация; Сила Сибири; эколого-экономический анализ; экологическая политика; загрязнение атмосферного воздуха; Красноярск

Предпосылки газификации Востока России: внешние ограничения и внутренние стимулы

Благодаря запущенному в 2018 г. национальному проекту «Экология»² и входящему в его состав федеральному проекту «Чистый воздух», в стране реализуются фактически первые системные государственные инициативы по решению экологических проблем крупных городов, в которых наблюдается наиболее сложная ситуация с загрязнением атмосферного воздуха.

Одна из основных причин визуально заметного и создающего дискомфорт при дыхании загрязнения воздуха в мегаполисах – использование угольного тепло- и электроснабжения,

¹ Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (шифр научной темы FSRZ-2021–0011).

² Паспорт Национального проекта «Экология». Официальное интернет-представительство Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России). URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/ (дата обращения: 14.05.2023).

сопровождающегося значительными выбросами угарного газа, сажи, формальдегида, бенз(а)пирена и других веществ. В отсутствие достаточной продуваемости местности происходит накопление этих веществ в воздухе, что формирует условия для высокотоксичного воздействия на здоровье населения и в конечном счете приводит к ухудшению качества и сокращению продолжительности жизни.

Очевидным решением проблемы является переход на более экологичные виды генерации, например, основанные на сжигании природного газа при условии укрупнения и централизации систем теплоснабжения. Дискуссия об этом ведется давно, однако в настоящий момент соответствующие инициативы находятся на стадии даже не проектирования, а лишь предварительных оценок. Между тем усложнившаяся геополитическая обстановка придает дополнительный импульс идеям газификации регионов, поскольку такие проекты могут создавать дополнительный внутренний спрос на данный вид топлива на фоне перестройки потоков поставок российского газа за рубеж.

Существенные ограничения на импорт российских энергоносителей со стороны большинства европейских стран, выразившиеся в политически мотивированном резком снижении потребления российского газа и разрушении газопроводов «Северный поток-1» и «Северный поток-2» можно рассматривать как дополнительный импульс не только для переориентации рынков сбыта на азиатское и ближневосточное направление, но и для догазификации регионов страны в рамках программы строительства локальных распределительных сетей в газифицированных регионах.

Экспортные поставки газа в 2022 г. снизились на 75,6 млрд м³ (или на 30,7% по сравнению с предыдущим годом)³. Данный объем частично может быть перенаправлен на азиатские рынки по газопроводу «Сила Сибири» с мощностью 38 млрд м³ и перспективному газопроводу «Сила Сибири – 2»⁴, проектная мощность которого составляет 50 млрд м³. Образующийся избыток

³ В Минэнерго сообщили, что Россия в 2022 г. снизила экспорт газа на 30,7% // ТАСС. URL: <https://tass.ru/ekonomika/17270415> (дата обращения: 18.03.2023).

⁴ Новак назвал «Силу Сибири-2» заменой «Северному потоку-2». РБК. URL: <https://www.rbc.ru/economics/15/09/2022/632367759a794712fb482150> (дата обращения: 10.03.2023).

голубого топлива имеет смысл потреблять внутри страны, в частности – для газификации ее восточных регионов.

Успешная газификация европейской части РФ в прошлые годы⁵ никак не затронула регионы, лежащие по другую сторону Урала. Так, например, Алтайский край в 2021 г. был газифицирован лишь на 13,1%, а средний уровень газификации по Сибирскому федеральному округу не достигает даже 17%, тогда как среднероссийский⁶ показатель составляет 71%.

Причины отставания регионов Азиатской России по переводу электро- и теплогенерации на газ – это 1) низкие показатели экономической эффективности (более 83% проектов фактически нерентабельны)⁷; 2) изобилие угля как дешевого альтернативного энергетического сырья [Крюков, 2014; Гайворонская, 2020; Семикашев, Гайворонская, 2022]. Разумеется, при таких вводных ситуация лишь усугубляется: «Газпром» в этой части страны крайне редко и скупо инвестирует в проекты, не связанные с экспортными поставками, и в целом ориентируется на строительство магистральных газопроводов, а не распределительных сетей.

Отмеченная диспропорция в газификации восточных и западных регионов страны напоминает эффект экологически неравноценного обмена, проявляющегося на уровне отдельных стран [Глазырина, 2021].

В случае положительного решения о масштабной газификации территорий Сибири и Дальнего Востока⁸ запуск газопровода «Сила Сибири-2» не только обеспечит сбыт освободившихся объемов топлива на азиатские рынки, но и внесет вклад в решение задач экологического развития восточных регионов страны.

⁵ Ее результаты проанализированы на примере отдельных регионов: Курской области [Михайлова, 2018; Третьяков, 2015], Тамбовской области [Кондраков, 2012], Вологодской области [Патракова, 2021], Республики Адыгея [Папикянц, 2019], Ростовской области [Иванов, Мощенко, 2005], Республики Коми [Носенко, 2016], Краснодарского края, Воронежской области, Белгородской области [Леденева, Шамрай-Курбатова, 2017].

⁶ *Кравцов В.* Уровень газификации России остается низким // Ведомости. 27.10.2021. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/10/27/893155-uroven-gazifikatsii> (дата обращения: 11.05.2023).

⁷ Заседание рабочей группы по подготовке президиума Госсовета по вопросам газоснабжения и газификации. Официальный сайт Президента России. URL: <https://kremlin.ru/events/administration/65078> (дата обращения: 10.05.2023).

⁸ Президент России. Совещание по вопросам социально-экономического развития Красноярского края. 31 авг. 2023. <http://kremlin.ru/events/president/news/72161> (дата обращения: 31.08.2023).

В статье на примере Красноярского края проводится эколого-экономический анализ возможных вариантов газификации тепло- и электроснабжения крупных городов региона в контексте решения давно назревшей проблемы масштабного загрязнения воздуха, а также – обеспечения национальной энергетической безопасности и поддержания устойчивой внешней торговли российскими энергоносителями.

Экологическая проблема экономически благополучного города

Красноярский край являет собой характерный для России пример ресурсного региона [Курбатова и др., 2019], где вопросам загрязнения воздуха еще несколько десятилетий назад не придавалось важного значения. Новые поколения предъявляют гораздо более высокие требования к качеству окружающей среды, что требует от власти и бизнеса конкретных действий по улучшению экологической обстановки [Пыжев и др., 2021].

Высокая концентрация объектов промышленности в городах региона отрицательно сказалась на состоянии окружающей среды, что регулярно подчеркивается их «лидирующими» позициями в антирейтингах по показателям загрязнения окружающего воздуха⁹. Кроме того, вторая по мощности в стране Красноярская ГЭС в основном осуществляет энергоснабжение алюминиевого завода (входит в структуру ОК «РУСАЛ»), в то время как города и районы края отапливаются и освещаются преимущественно за счет угольных ТЭЦ и котельных. В Красноярске котловинный ландшафт и постепенно уменьшающаяся среднегодовая скорость ветра способствуют накоплению загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Перечисленные обстоятельства являются причиной высокого уровня загрязнения воздуха в крупных городах региона и прежде всего – краевой столицы [Пыжев и др., 2021; Romanov et al., 2020; Shaparev et al., 2022].

⁹ Красноярск попал в пятерку городов с самым грязным воздухом в мире // Коммерсантъ. 11.08.2020. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4450082> (дата обращения: 10.05.2023);

В Красноярском крае выявили больше всего нарушений в области загрязнения воздуха // ТАСС. 10.02.2022. URL: <https://tass.ru/obschestvo/13666783> (дата обращения: 10.05.2023);

Чистый воздух без посредников // Коммерсантъ. 24.11.2022. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5681276> (дата обращения: 10.05.2023).

Одно из возможных решений проблемы – газификация региона. Однако этому препятствует отсутствие единой внутренней системы магистральных газопроводов. Ранее предполагалось обойти это ограничение путем присоединения к газотранспортной инфраструктуре Кемеровской области¹⁰. В контексте запуска магистрального газопровода «Сила Сибири» и перспектив развития проекта «Сила Сибири-2», а также наличия в регионе центров нефтегазовой добычи, теперь рассматривается и ряд альтернативных путей решения этой масштабной инфраструктурной задачи.

На наш взгляд, вопрос газификации должен стать одним из ключевых в повестке социально-экономического развития Красноярского края, поскольку отказ от сжигания угля на густонаселенных территориях необходим, прежде всего в контексте улучшения экологической обстановки, непосредственно влияющей на здоровье и продолжительность жизни населения [Рюмина, 2018; Рюмина, 2020].

Высокая цена газификации

Инструментарий нашего исследования опирается на стандартные методы инвестиционного анализа, нашедшие широкое применение в литературе и на практике [Лимитовский, 2019; Спектор, 2019; Attwood et al., 2003; Karmaker et al., 2018; Saługa et al., 2020]. Внешние эффекты действующей угольной генерации анализируются с помощью оценок потери жизни и здоровья населения в результате воздействия загрязняющих веществ на основе концепции оценки стоимости человеческой жизни [Аганбегян, 2019; Аганбегян, 2020]. Оценка потребности в замещении генерирующих мощностей проводится с использованием данных по г. Красноярску, пересчитанных на потребности региона исходя из пропорций численности населения.

В настоящее время тепло- и электроснабжение г. Красноярска осуществляется тремя ТЭЦ, входящими в структуру ООО «Сибирская генерирующая компания», а также 19 котельными.

¹⁰ Газ тронулся // Коммерсантъ. 22.09.2022. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5570363> (дата обращения: 28.05.2023).

По данным схемы теплоснабжения города¹¹, суммарное годовое потребление бурых углей и мазутов данными объектами генерации в 2022 г. составило 3,35 млн т.у.т. Если заложить в оценку резерв на уровне 15%¹², то необходимая к замещению мощность составит 3,86 млн т.у.т. при условии сохранения текущего спроса на энергию.

С учетом коэффициента 1,3, рекомендуемого регулятором при пересчете расхода топлива с угля на попутный нефтяной газ¹³, потребный годовой объем газа для бесперебойного обеспечения ТЭЦ и котельных города составит 2,97 млрд м³. Исходя из численности населения Красноярска на 1 января 2023 г., удельное потребление энергии теплоснабжения в городе составляет 2,48 тыс. м³/чел. Следовательно, на оставшиеся населенные пункты края (без г. Красноярска и г. Норильска¹⁴) требуется 3,7 млрд м³, а совокупно – 6,6 млрд м³ газа¹⁵.

В работе принимается допущение, что возможный прирост теплотребления при увеличении объемов производимой продукции промышленными предприятиями будет компенсироваться внедрением современных энергосберегающих технологий [Пыжев и др., 2015]. Таким образом, уровень текущего теплотребления для промышленных предприятий принимается неизменным на период до 2033 г. Исключение составляют предприятия, находящиеся в границах производственных зон, подлежащих перепрофилированию.

¹¹ Схема теплоснабжения города Красноярска до 2033 г. (актуализация на 2022 г.). Официальный портал администрации г. Красноярска. URL: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/building/teplo/Pages/default.aspx> (дата обращения: 14.04.2023).

¹² Величина резерва оценена экспертно с учетом стадии разработки проекта. Формализованных нормативов на этот счет нет.

¹³ Постановление Госкомстата от 23 июня 1999 г. № 46 «Об утверждении „Методологических положений по расчету топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой“».

¹⁴ В силу географического расположения исторически имеет изолированную энергосистему, не имеющую связи с «материковой» частью Красноярского края.

¹⁵ Расчет выполнен непосредственным делением: удельное потребление (2,48 тыс. м³/чел.) x численность населения региона, за исключением г. Красноярска и г. Норильска (1,47 млн чел.).

Вторая цифра: потребность в газе г. Красноярска (2,97 млрд м³) + потребность в газе для населенных пунктов Красноярского края за исключением г. Красноярска и г. Норильска (3,7 млрд м³).

Рассматриваются четыре варианта маршрутов газификации, пространственное размещение которых представлено на рисунке, а их основные параметры обобщены в таблице 1.



Источник. Разработано авторами.

Варианты трассировки газопроводов
для четырех рассмотренных сценариев газификации
Красноярского края

Для оценки экономической эффективности реализации рассматриваемых проектов используются показатели удельных операционных и капитальных затрат в расчете на километр газопровода. Диаметр трубы газопровода принят равным 1420 мм при пропускной способности 30–35 млрд м³ в год, исходя из данных по необходимому давлению¹⁶ и суточному потреблению газа.

¹⁶ Свод правил СП 36.13330.2012 «СНиП 2.05.06–85*. Магистральные трубопроводы»: Актуализированная редакция СНиП 2.05.06–85* (утв. приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству от 25 декабря 2012 г. № 108/ГС/Справочная правовая система «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/70510496/> (дата обращения: 10.05.2023).

Величина пикового часового потребления для г. Красноярска равняется 338,8 тыс. м³/ч с учетом средних давления и температуры газа.

Таблица 1. Сводные характеристики рассматриваемых маршрутов газификации Красноярского края

Направление	Источник газа	Трассировка	Протяженность, км	Оператор
Западное	Уренгойское газовое месторождение	с. Просково → Ачинск → Красноярск → Канск / Абакан, Минусинск	1160	ПАО «Газпром»
Восточное	Ковыктинское газоконденсатное месторождение («Сила Сибири»)	Ковыктинское месторождение → Иркутск → Братск → Тайшет → Канск → Красноярск	1520	ПАО «Газпром»
Северное	Юрубчено-Тохомское и Куломбинское месторождения	Эвенкийский район → Канск → Красноярск → Ачинск	1070	АО «Восточно-Сибирская нефтегазовая компания» (ПАО «НК «Роснефть»»), ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз» (ПАО «НК «Роснефть»», ПАО «Газпром нефть»)
Ямал	Месторождения Ямало-Ненецкого автономного округа	Уренгой → Ачинск → Красноярск	1500	ПАО «Газпром»

Источник. Составлено авторами на основе открытых источников и экспертных предположений.

Для оценки удельных капитальных затрат на строительство газопровода использованы исторические данные по газопроводу «Сила Сибири»¹⁷. Общая итоговая протяженность данного объекта составила 2158 км (первый этап до запуска участка, соединяющего Ковыктинское и Чайандинское месторождения). Стоимость проекта первого этапа по итогам строительства оценивалась в 1,1 трлн руб.,¹⁸ то есть 509,7 млн руб. за 1 км трубы. Сделав поправку на среднегодовую инфляцию в 2018–2023 гг.,

¹⁷ Газопровод «Сила Сибири». Крупнейшая система транспортировки газа на Востоке России. Портал ПАО «Газпром». Раздел «Проекты». URL: <https://www.gazprom.ru/projects/power-of-siberia/> (дата обращения: 10.05.2023).

¹⁸ Актуальная стоимость «Силы Сибири» перевалила за триллион рублей // Интерфакс. 27.08.2014. URL: <https://www.interfax.ru/business/610594> (дата обращения: 10.05.2023).

получим 712,1 млн руб. Данную величину можно использовать в качестве ориентира для расчета стоимости строительства газопровода в рамках рассматриваемых сценариев. При этом мы вынужденно абстрагируемся от ряда обстоятельств:

а) особенности ландшафта размещения газопроводов, наличие производственных мощностей, занятости и ресурсов подрядных организаций на той или иной территории;

б) конкретные ценовые параметры работы нефтегазовых компаний и их подрядных организаций, в том числе с учетом макроэкономических шоков 2022 г.;

в) различная доля участия ведущих нефтегазовых компаний и государства в каждом из сценариев газификации в связи с различным уровнем присутствия на той или иной территории прокладки газопровода.

Средняя скорость прокладки трубы магистрального газопровода «Сила Сибири» составляла 1,5 км/сут¹⁹. Однако нужно иметь в виду, что тогда речь шла о масштабном международном проекте с привлечением большого объема ресурсов, в том числе трудовых. Разумно предположить, что при реализации федерального и регионального проекта газификации скорость строительства будет ниже, например, на уровне 0,6 км/сут. (40% от скорости прокладки для эталонного проекта). Для маршрута «Ямал» на этапе прохождения через Красноярский край скорость прокладки принимается равной 1,1 км/сут. (70% от «эталона»), поскольку данное направление рассматривается как основное в рамках строительства магистрального трубопровода в Китай.

Оценка экономической эффективности производится без учета необходимости модернизации оборудования ТЭЦ. Также в расчетах не учитывается прохождение «последней мили», то есть конечная газификация каждой конкретной квартиры или домовладения. Недавно вступил в силу закон о компенсации затрат домовладениям, находящимся в газифицированных регионах²⁰, его действие, по нашему мнению, можно распространить

¹⁹ «Газпром» построил 1/4 газопровода «Сила Сибири-1» – средняя скорость укладки труб составила 1,5 км/сутки. А сколько стоит 1 км газопровода? // Neftegaz.ru. 28.02.2017. URL: <https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/212382-gazprom-postroil-1-4-gazoprovoda-sila-sibiri-1-srednyaya-skorost-ukladki-trub-sostavila-1-5-km-sutki/> (дата обращения: 10.05.2023).

²⁰ Федеральный закон от 11.06.2021 № 184-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “О газоснабжении в Российской Федерации”».

и на те территории, которые получают газификацию в будущем с одновременным увеличением целевых категорий населения²¹. В мае 2022 г. Правительство России анонсировало выделение дополнительных 13 млрд руб. из федерального бюджета на перевод частных домовладений с печного отопления на альтернативные виды топлива в четырех сибирских городах: Омске, Красноярске, Чите и Новокузнецке²².

Выбор дисконтной ставки для расчетов эффективности рассматриваемых проектов определяется возросшим уровнем макроэкономических и отраслевых рисков, что требует пересмотра подходов к их оценкам. Например, для одного из недавних расчетов ущерба от остановки газопроводов «Северный поток» использовалась ставка дисконтирования в размере 7,8% при ожидаемой доходности 6%, страновом риске 1,5% и коэффициенте «бета» газовой промышленности 1,25²³. Такой подход дает консервативную оценку, исходя из обстоятельств до событий начала 2022 г. В настоящее время, когда вслед за ростом ключевой ставки Банка России ставка бескупонной доходности по 10-летним государственным облигациям стала двузначной²⁴, дисконтная ставка должна быть существенно выше. Ее величина для консервативного сценария принята равной 16,2%, что сопоставимо с расчетами коллег [Палей и др., 2020].

Отпускные цены на газ для внутреннего и внешнего рынка различаются: внутренние сформированы на базе действующей цены реализации сетевого газа на внутренний рынок с учетом инфляции²⁵, экспортная цена (18475 руб. / тыс. м³)²⁶

²¹ В России компенсируют расходы жителей на газификацию. Что это значит // РБК Недвижимость. 10.08.2021. URL: <https://realty.rbc.ru/news/61111c0e9a794732be13eef0> (дата обращения: 10.05.2023).

²² Правительство выделит почти 13 млрд руб. на замену отопления в Сибири // РБК. 05.05.2023. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/6273627e9a79475e3d9d20ae> (дата обращения: 10.05.2023).

²³ Горбачева Е., Огородников Е., Скоробогатый П. Теракт ценой в полтора триллиона долларов // Эксперт. 2023. № 21 (1262). С. 50–55.

²⁴ Кривая бескупонной доходности государственных облигаций. Банк России. URL: https://www.cbr.ru/hd_base/zcyc_params/zcyc/ (дата обращения: 12.05.2023).

²⁵ Приказ Федеральной антимонопольной службы РФ от 16.11.2022 № 819/22 «Об утверждении оптовых цен на газ, добываемый ПАО „Газпром“ и его аффилированными лицами, предназначенный для последующей реализации населению».

²⁶ В расчетах используется средний курс доллара за период с января 2020 по август 2023 гг., составивший 73,9 руб. Цена газа принимается равной 250 долл. США за тыс. м³ в соответствии с экспертной оценкой авторов.

соответствует усредненной динамике фактических экспортных цен в 2020–2023 гг.

Оценки доступности сырья базируются на прогнозных показателях добычи нефтегазовых месторождений Эвенкийского района Красноярского края. Предполагается, что в каждом сценарии на начальной точке существует месторождение с усредненными показателями добычи и затратами. Суммарные текущие извлекаемые запасы нефти Куюмбинского и Юрубчено-Тохомского месторождений по категориям А+В1+В2 составляют более 650 млн т²⁷. По состоянию на начало 2023 г. на месторождениях добыто более 15 млн т нефти, имеется большой запас попутного нефтяного газа. В консервативном сценарии предел поставок газа установлен на уровне 18 млрд м³, из которых 11,4 млрд м³ будут направлены на экспорт, а остальное – на нужды Красноярского края.

Дополнительно проведен расчет в благоприятных предположениях. Для условного нефтегазоконденсатного месторождения объем добычи увеличен до 23 млрд м³ (в том числе 15,4 млрд м³ на экспорт), исходя из статистики экспорта по «Силе Сибири» в 2022 г. [Новак, 2023].

Прогноз по перспективной инфляции сформирован на основе доклада Банка России²⁸ в рамках сценариев «Усиление фрагментации» и «Рисковый», предполагающих существенный рост инфляции в 2024 г. и возврат к целевому уровню начиная с 2025 г.: для консервативного сценария целевое значение в 2023 г. составит 6,5%, в 2024 г. – 7%, в 2025–2026 гг. – 6% и далее 4%; для благоприятного сценария в 2024 г. – 5%, возврат с 2025 г. к 4%.

Темпы роста экспортных цен с учетом эффектов изменения курса рубля рассчитаны экспертно на основе ретроспективных данных за 2022–2023 гг. Все расчеты выполнены для периода 2025–2050 гг. (табл. 2).

²⁷ ВСНК добыла юбилейную 10-миллионную тонну нефти. Официальный сайт ПАО «НК «РОСНЕФТЬ». URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/202975/> (дата обращения: 10.05.2023).

²⁸ Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2024 год и период 2025 и 2026 годов. Банк России. URL: http://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkp/on_2024_2026/ (дата обращения: 27.08.2023).

Таблица 2. Предпосылки консервативного (благоприятного) сценариев газификации Красноярского края в 2023–2050 гг.

Показатель	2023	2024	2025	2026	2027	...	2030	...	2034	...	2050
Ставка дисконтирования, %	16,2 (14,2)										
Стоимость прокладки газопровода, млн руб./км	712,1 (605,3)										
Темп инфляции, %	6,5 (6,5)	7,0 (5,0)	6,0 (4,0)	6,0 (4,0)	4,0 (4,0)	...	4,0 (4,0)	...	4,0 (4,0)	...	4,0 (4,0)
Стоимость прокладки 1 км газопровода, млн руб.	712,1 (605,3)	761,9 (635,5)	807,6 (661,0)	856,1 (687,4)	890,3 (714,9)	...	1002 (804,2)	...	1172 (940,7)	...	2195 (1762)
Цена газа для Красноярска и Красноярского края, руб./тыс. м ³	6 055	6 481	6 870	7 282	7 575	...	8 527	...	9 986	...	18 780
Объем реализации газа в год, млрд м ³	18,0 (23,0)	18,0 (23,0)	18,0 (23,0)	18,0 (23,0)	18,0 (23,0)	...	18,0 (23,0)	...	18,0 (23,0)	...	18,0 (23,0)
Курс рубля, руб./долл. США	73,9 (73,9)	90,0 (92,4)	90,9 (97,0)	91,8 (101,8)	92,7 (103,9)	...	95,5 (109,2)	...	99,4 (113,6)	...	116,6 (133,2)
Экспортная цена газа, руб./тыс. м ³	18 475 (22 170)	23 175 (28 544)	24 109 (30 870)	25 081 (33 386)	26 091 (35 075)	...	29 375 (40 275)	...	34 404 (47 171)	...	64 736 (88 758)

Источник. Ретроспективные данные по инфляции – Росстат (Индекс потребительских цен, измеренный декабрь-к-декабрю), перспективные – прогноз авторов на основе данных Банка России, экспертные предположения авторов.

Выполненные оценки (табл. 3) показывают, что вариант газификации по Западному направлению имеет наилучшие показатели эффективности за счет сбалансированного срока строительства и начала реализации проекта. Несколько меньший, но сопоставимый потенциал эффективности имеет и вариант «самогазификации» Красноярского края по Северному направлению.

Таблица 3. Оценки капитальных затрат и дисконтированного денежного потока проектов газификации Красноярского края, млрд руб.

Направление	Общие параметры газопровода			Консервативный сценарий		Благоприятный сценарий	
	длина, км	скорость прокладки, лет	год начала подачи газа	капитальные затраты	NPV	капитальные затраты	NPV
Западное	1 160	6	2030	1 245,6	+7,0	998,6	+481,8
Восточное	1 520	7	2034	1 846,7	-384,4	1 479,6	+1,8
Северное	1 070	5	2032	1 192,8	-96,6	956,1	+324,7
Ямал	1 500	4	2031	1 565,7	-217,5	1 255,2	+254,9

Источник. Рассчитано авторами.

Выше подчеркивалось, что проект газификации азиатской части России нельзя рассматривать как исключительно коммерческий, поэтому оценка его реализуемости должна учитывать социально-экологический контекст. Так, решение проблемы загрязнения атмосферного воздуха следует рассматривать в качестве ключевого положительного эффекта газификации.

Экологические инвестиции – вложения в качественную будущую жизнь населения

По официальным данным, сохранение текущих темпов загрязнения атмосферного воздуха увеличивает риски повышенного уровня онкозаболеваний в ключевых городах Красноярского края в течение предстоящих 70 лет²⁹. Кроме того, накопление в воздухе таких примесей, как оксид углерода, ксилол, толуол, бензол, марганец, свинец, окислы азота, аммиак, формальдегид,

²⁹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае в 2016 году». Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Красноярскому краю.

URL: <https://24.rospotrebnadzor.ru/s/24/files/documents/regional/GosDoklad/150494.pdf> (дата обращения: 11.06.2023).

бенз(а)пирен, серная кислота и др. напрямую влияют на рост заболеваемости и смертности населения по причинам сердечно-сосудистых заболеваний, а также болезней органов дыхания.

Загрязнение атмосферного воздуха в Красноярске может служить причиной 2 563,3 дополнительных случаев заболеваний всего населения в расчете на 100 тыс. человек³⁰. При этом накопление мелкодисперсных фракций пыли РМ 2.5 приводит к увеличению показателей дополнительной смертности населения в г. Красноярске – 2,4 случая на тыс. человек. Используя данные о стоимости человеческой жизни [Аганбегян, 2019; Аганбегян, 2020], можно рассчитать, что совокупные ежегодные потери от загрязнения воздуха для жителей Красноярска оцениваются в диапазоне от 61 до 395 млрд руб. (табл. 4).

Таблица 4. Оценка социально-экономического ущерба от загрязнения воздуха в г. Красноярске, млрд руб.

Методика	Удельная стоимость затрат* на 1 чел.	Затраты по уровню дополнительной		Итоговая оценка социально-экологических потерь в год
		заболеваемости	смертности	
Уровень страховых выплат в случаях гибели при авиакатастрофе (<i>внутренний рейс</i>)	2,0	56,1	5,2	61,3
Уровень страховых выплат в случаях гибели при авиакатастрофе (<i>международный рейс – 150 тыс. долл. США</i>)	11,1	310,8	28,9	339,7
Национальный проект «Здравоохранение»: Обобщенная оценка стоимости жизни Росстата	4,8	134,6	12,5	147,1
Национальный проект «Здравоохранение»: Цена сокращения смертности от онкологических заболеваний на одного больного за 2019–2024 гг.	12,9	361,7	33,6	395,3
Исследование страховой компании «Сбербанк страхование жизни»: Стоимость жизни в опросе населения 2019 г.	5,8	162,6	15,1	177,7

Примечание. * В расчетах использован средний курс доллара за период с января 2020 по август 2023 гг. (73,9 руб.)

Источник. Рассчитано авторами на основе [Аганбегян, 2019; Аганбегян, 2020].

³⁰ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2020 году». Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/5fa/gd-seb_02.06-_s-podpisyu_.pdf (дата обращения 11.06.2023).

Несмотря на произвольность любых оценок стоимости человеческой жизни и неутрачивающие споры об этичности самой возможности их выполнять и обсуждать, можно исходить из того, что они все же полезны в качестве косвенных данных о потерях общества. Разумеется, даже максимальная из представленных оценок явно занижена, тем не менее ее впечатляющие размеры подчеркивают необходимость учета данного фактора при принятии решений о реализации столь крупных и столь важных для социально-экономического развития страны проектов, как газификация регионов.

Именно экологические внешние эффекты являются крупнейшим недостатком политики использования в топливно-энергетическом балансе относительно более дешевого и доступного в изобилии угольного топлива. Тем не менее, несмотря на определенный дрейф политики российского руководства в сторону большей экологизации, успехи на этом направлении пока скромны [Бобылев, 2021].

Заключение

Резкое сокращение спроса на российский газ со стороны европейских стран после февральских событий 2022 г. актуализировало задачу диверсификации экспортных поставок данного вида топлива. Неизбежный теперь «разворот на Восток» подразумевает строительство новой инфраструктуры транспортировки топлива, прежде всего, в направлении Китая.

Помимо решения данной задачи, развитие проекта «Сила Сибири-2» может послужить импульсом для газификации восточной части страны. Проект может быть реализован через территорию Красноярского края, поскольку для этого требуется значительно меньше инвестиций в силу меньшей протяженности маршрута и возможности его трассировки параллельно Транссибирской магистрали, что косвенно соответствует сценариям газификации, рассмотренным в рамках данной статьи.

Проведенные расчеты показали, что проект газификации Красноярского края может стать основой для поддержки внутреннего спроса на топливо, занятости населения и устойчивого социально-экономического развития территорий Азиатской России. Принятие же во внимание оценок социально-экологического ущерба от сжигания угля вблизи крупных городов региона и сопутствующих потерь жизни и здоровья населения еще более ярко

свидетельствует в пользу необходимости реализации инициатив по сокращению использования данного топлива и газификации региона.

Литература

Аганбегян А.Г. Негативный демографический тренд в России – возможности преодоления или смягчения // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2020. № 1(60). С. 5–16.

Аганбегян А.Г. Онкозаболевания – главная угроза жизни людей в перспективе // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучения. Вестник ВШОУЗ. 2019. Т. 5. № 4(18). С. 43–54. DOI: 10.24411/2411–8621–2019–14003

Бобылев С.Н. В поисках экологической устойчивости // Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование: Материалы XVI Международной научно-практической конференции Российской общества экологической экономики, Красноярск, 5–10 июля 2021 года. Красноярск: Сибирский федеральный университет. 2021. С. 19–20.

Бобылев С.Н., Соловьева С.В., Астапович М. Качество воздуха как приоритет для новой экономики // Мир новой экономики. 2022. № 16 (2). С. 76–88. DOI: 10.26794/2220–6469–2022–16–2–76–88

Гайворонская М.С. Оценка потребности в газификации домохозяйств России и возможности для ее ускорения // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. № 18. С. 274–295. DOI: 10.47711/2076–318–2020–274–295

Глазырина И.П. Проблемы экологически неравноценного обмена в XXI веке // ЭКО. 2021. № 9 (567). С. 94–124. DOI: 10.30680/ЕСО0131–7652–2021–9–94–124

Земнухова Е.А. Направления газификации регионов Сибири как ключевое направление улучшения экологической обстановки в регионе // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. Т. 2. С. 216–221. DOI 10.18303/2618–981X–2018–2–216–221

Зимаков А.В. Европейские стратегии экологизации теплоснабжения // Мировая экономика и международные отношения. 2019. Т. 63. № 8. С. 39–46. DOI: 10.20542/0131–2222–2019–63–8–39–46

Зиязов Д.С., Пыжжев А.И., Пыжжева Ю.И. Экономические механизмы борьбы с загрязнением атмосферного воздуха крупных российских городов // Региональная экономика: теория и практика. 2019. Т. 17. № 10(469). С. 1991–2008. DOI: 10.24891/ге.17.10.1991

Иванов Г.И., Моценко И.К. Перспективы развития топливно-энергетического комплекса Ростовской области // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2005. № 2(130). С. 119–122.

Кондраков О.В. Анализ состояния топливно-энергетического комплекса региона с позиции энергетической безопасности // Социально-экономические явления и процессы. 2012. № 12(46). С. 153–158.

Крюков В.А. Энергетика России: дело – труба? // ЭКО. 2014. № 3. С. 2–4.

Курбатова М.В., Левин С.Н., Каган Е.С., Кислицын Д.В. Регионы ресурсного типа в России: определение и классификация // Terra Economicus. 2019. Т. 17. № 3. С. 89–106. DOI: 10.23683/2073–6606–2019–17–3–89–106

Леденева М.В., Шамрай-Курбатова Л.В. Положительный опыт регионов РФ по развитию и совершенствованию основных элементов регионального национального богатства и возможности его использования в Волгоградской области //

Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2017: Труды десятой международной конференции в двух томах, Москва, 2–4 октября 2017 года. 2017. Т. II. С. 122–130.

Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках. Учеб. пособие. М.: ЮРАЙТ, 2019. 486 с.

Михайлова Е.В. Общая характеристика состояния жилищно-коммунальной сферы Курской области // Государство и общество: вчера, сегодня, завтра. 2018. № 6. С. 48–60.

Новак А.В. Российский ТЭК 2022: вызовы, итоги и перспективы // Энергетическая политика. 2023. № 2 (180). С. 4–11. DOI: 10.46920/2409–5516_2023_2180_4

Носенко А.В. Оценка эффективности социально-экономической программы «Газификация населенных пунктов Республики Коми» // Наука, образование и духовность в контексте концепции устойчивого развития: сборник научных трудов: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ухта, 26–27 ноября 2015 года. 2016. Т. 1. С. 103–109.

Палей Т.Ф., Лотфуллина Д.Р., Павлова Х.А. Оценка синергетического эффекта путем дисконтирования денежных потоков компаний «Роснефть» и «Татнефть» // Казанский экономический вестник. 2020. № 6(50). С. 16–21.

Патисянц Т.А. Анализ состояния газовой отрасли в Республике Адыгея // Экономика и управление в современных условиях: проблемы и перспективы: сборник научных трудов по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции (заочной) с международным участием, Майкоп, 22 мая 2019 года. Майкоп. 2019. С. 171–175.

Патракова С.С. Газификация сельских территорий Вологодской области: история и перспективы // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25. № 3. С. 52–71. DOI: 10.15838/ptd.2021.3.113.4

Пыжев А.И., Сырцова Е.А., Пыжова Ю.И., Зандер Е.В. Устойчивое развитие Красноярского края: новые оценки // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. 2015. № 11. С. 2590–2595. DOI: 10.17516/1997–1370–2015–8–11–2590–2595

Пыжев А.И., Шарафутдинов Р.А., Зандер Е.В. Экологические последствия развития крупных промышленных городов в ресурсных регионах (на примере Красноярска) // ЭКО. 2021. № 7(565). С. 40–55. DOI: 10.30680/ЕCO0131–7652–2021–7–40

Рюмина Е.В. Влияние экологической обстановки на человеческий потенциал: аспект здоровья // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 9–1 (48). С. 152–160. DOI: 10.24411/2500–1000–2020–11002

Рюмина Е.В. Специфика отдельных показателей качества жизни и качества населения // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2018. № 10 (116). С. 24.

Семикашев В.В., Гайворонская М.С. Анализ текущего состояния и перспективы газификации России на период до 2030 г. // Проблемы прогнозирования. 2022. № 1(190). С. 91–100. DOI: 10.47711/0868–6351–190–91–100

Спектор Н.Ю. Методика проведения экономического анализа проектов газификации сельских населенных пунктов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2019. № 5(173). С. 21–26. DOI: 10.33285/1999–6942–2019–5(173)-21–26

Третьяков А.В. Газификация курского села во второй половине XX – начале XXI века // Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2015. № 2(34). С. 40–50.

Attwood T., Fung V., Clark W.W. Market opportunities for coal gasification in China // *Journal of Cleaner Production*. 2003. Vol. 11. Pp. 473–479.

Karmaker A.K., Ahmed M.R., Hossain M.A., Sikder M.M. Feasibility Assessment and Design of Hybrid Renewable Energy Based Electric Vehicle Charging Station in Bangladesh // *Sustainable Cities and Society*. 2018. Vol. 39. Pp. 189–202. DOI: 10.1016/j.scs.2018.02.035

Romanov A., Gusev B., Leonenko E., Tamarovskaya A., Vasiliev A., Zaytcev N., Philippov I. Graz Lagrangian Model (GRAL) for Pollutants Tracking and Estimating Sources Partial Contributions to Atmospheric Pollution in Highly Urbanized Areas // *Atmosphere*. 2020. Vol. 11, No. 1375. Pp. 1–26. DOI:10.3390/atmos11121375

Saluga P.W., Grzesiak P., Kaminski J. Valuation of Decision Flexibility and Strategic Value in Coal Gasification Projects with the Option-To-Switch between Different Outputs // *Energies*. 2020. Vol. 13 (11). Pp. 2826. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13112826>

Shaparev N., Tokarev A., Yakubailik O. Fogs on the Yenisei River (Krasnoyarsk, Russia) // *Thermal Science*. 2022. Vol. 26, No. 5B. Pp. 4447–4458. DOI: 10.2298/TSCI220402099S

Статья поступила 18.08.2023

Статья принята к публикации 13.09.2023

Для цитирования: *Верхотуров А.В., Пыжнев А.И.* Варианты газификации Красноярского края: поиск эколого-экономического баланса // *ЭКО*. 2023. № 11. С. 43–63. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-11-43-63

Информация об авторах

Верхотуров Андрей Витальевич (Красноярск) – инженер-исследователь лаборатории экономики климатических изменений и экологического развития Сибирского федерального университета.

E-mail: turov777@yandex.ru; ORCID: 0000–0001–8978–0725

Пыжнев Антон Игоревич (Красноярск) – кандидат экономических наук, доцент, заведующий лабораторией экономики климатических изменений и экологического развития Сибирского федерального университета; заведующий отделом прогнозирования экономического развития Красноярского края ИЭОПП СО РАН.

E-mail: apyzhev@sfu-kras.ru; ORCID: 0000–0001–7909–3227

Summary

A.V. Verkhoturov, A.I. Pyzhev

Options for Gasification in Krasnoyarsk Krai: The Search for Environmental and Economic Balance³¹

Abstract. The paper studies the socio-environmental effects of gasification projects in Siberia and the Far East on the example of Krasnoyarsk Krai, where the

³¹ The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. FSRZ-2021–0011).

problem of air pollution caused by coal combustion is acute, especially for areas with a large number of low-rise houses. The calculations show that despite the high capital costs, the options of gasification of the region based on the expansion of the existing main infrastructure of fuel transportation can be profitable even in value terms. If we supplement these estimates with the results of the analysis of health and life losses of the population due to the toxic effects of coal combustion products, the need for practical implementation of the initiatives under consideration becomes even more obvious.

Keywords: *gasification; Sila Sibiri; environmental and economic analysis; environmental policy; air pollution; Krasnoyarsk*

References

- Aganbegyan, A.G. (2019). Oncologic diseases – the main threat to human life in perspective. *ORGZDRAV: news, opinions, training. Bulletin of the HSEHOUSE*. Vol. 5. No. 4(18). Pp. 43–54. (In Russ.). DOI: 10.24411/2411–8621–2019–14003
- Aganbegyan, A.G. (2020). Negative demographic trend in Russia – opportunities for overcoming or mitigation. *North-West Economy: Problems and Development Prospects*. No. 1(60). Pp. 5–16. (In Russ.).
- Attwood, T., Fung, V., Clark, W.W. (2003). Market opportunities for coal gasification in China. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 11. Pp. 473–479.
- Bobylev, S.N. (2021). In search of environmental sustainability. *Resource economy, climate change and rational nature management: Proceedings of XVI International Scientific and Practical Conference of the Russian Society of Ecological Economics*, Krasnoyarsk, July, 5–10. Krasnoyarsk, Siberian Federal University. Pp. 19–20. (In Russ.).
- Bobylev, S.N., Solovyova, S.V., Astapkovich, M. (2022). Air quality as a priority for the new economy. *The world of the new economy*. No. 16 (2). Pp. 76–88. (In Russ.). DOI: 10.26794/2220–6469–2022–16–2–76–88
- Gavoronskaya, M.S. (2020). Estimation of the need for gasification of Russian households and opportunities for its acceleration. *Scientific Proceedings: Institute of National Economy Forecasting of the Russian Academy of Sciences*. No. 18. Pp. 274–295. (In Russ.). DOI: 10.47711/2076–318–2020–274–295
- Glazyrina, I.P. (2021). Problems of environmentally unequal exchange in the 21st century. *ECO*. No. 9 (567). Pp. 94–124. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131–7652–2021–9–94–124
- Ivanov, G.I., Moshchenko, I.K. (2005). Prospects for the development of the fuel and energy complex of the Rostov Oblast. *Proceedings of Higher Educational Institutions. North-Caucasian region. Series: Natural Sciences*. No. 2(130). Pp. 119–122. (In Russ.).
- Karmaker, A.K., Ahmed, M.R., Hossain, M.A., Sikder, M.M. (2018). Feasibility Assessment and Design of Hybrid Renewable Energy Based Electric Vehicle Charging Station in Bangladesh. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 39. Pp. 189–202. DOI: 10.1016/j.scs.2018.02.035
- Kondrakov, O.V. (2012). Analysis of the state of the fuel and energy complex of the region from the position of energy security. *Socio-economic phenomena and processes*. No. 12(46). Pp. 153–158. (In Russ.).
- Kryukov, V.A. (2014). Russia's Energy Industry: Is the Case a Pipe? *ECO*. No. 3. Pp. 2–4. (In Russ.).

Kurbatova, M.V., Levin, S.N., Kagan, E.S., Kislitsyn, D.V. (2019). Resource-type regions in Russia: definition and classification. *Terra Economicus*. Vol. 17. No. 3. Pp. 89–106. (In Russ.). DOI: 10.23683/2073–6

Ledeneva, M.V., Shamray-Kurbatova, L.V. (2017). Positive experience of Russian regions in the development and improvement of the main elements of regional national wealth and the possibilities of its use in the Volgograd region. *Management of Large-Scale Systems Development MLSD'2017: Proceedings of the Tenth International Conference in two volumes, Moscow, October 2–4, 2017*. Vol. II. Pp. 122–130. (In Russ.).

Limitovsky, M.A. (2019). Investment projects and real options in emerging markets. Moscow, Yurait. 486 p. (In Russ.).

Mikhailova, E.V. (2018). General characteristics of the state of the housing and communal sphere of Kursk region. *State and society: yesterday, today, tomorrow*. No. 6. Pp. 48–60. (In Russ.).

Nosenko, A.V. (2016). Assessing the effectiveness of the socio-economic program “Gasification of settlements of the Komi Republic”. *Science, education and spirituality in the context of the concept of sustainable development: a collection of scientific papers: materials of the All-Russian scientific-practical conference, Ukhta, November 26–27, 2015*. Vol. 1. Pp. 103–109. (In Russ.).

Novak, A.V. (2023). Russian Fuel and Energy Complex 2022: Challenges, Results and Prospects. *Energy Policy*. No. 2 (180). Pp. 4–11. (In Russ.). DOI: 10.46920/2409–5516_2023_2180_4

Paley, T.F., Lotfullina, D.R., Pavlova, Kh.A. (2020). Estimation of synergistic effect by discounting cash flows of Rosneft and Tatneft. *Kazan Economic Bulletin*. No. 6(50). Pp. 16–21. (In Russ.).

Papikyants, T.A. (2019). Analysis of the state of the gas industry in the Republic of Adygeya. *Economics and management in modern conditions: problems and prospects: a collection of scientific papers on the materials of the VI All-Russian scientific-practical conference with international participation, Maykop, May 22, 2019*. Pp. 171–175. (In Russ.).

Pratkova, S.S. (2021). Gasification of rural territories of the Vologda Oblast: history and prospects. *Problems of territorial development*. Vol. 25. No. 3. Pp. 52–71. (In Russ.). DOI: 10.15838/ptd.2021.3.113.4

Pyzhev, A.I., Sharafutdinov, R.A., Zander, E.V. (2021). Ecological consequences of the development of large industrial cities in resource regions (on the example of Krasnoyarsk). *ECO*. No. 7(565). Pp. 40–55. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131–7652–2021–7–40

Pyzhev, A.I., Syrtsova, E.A., Pyzheva, Yu.I., Zander, E.V. (2015). Sustainable development of the Krasnoyarsk Territory: new estimates. *Journal of the Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*. No. 11. Pp. 2590–2595. (In Russ.). DOI: 10.17516/1997–1370–2015–8–11–2590–2595

Romanov, A., Gusev, B., Leonenko, E., Tamarovskaya, A., Vasiliev, A., Zaytcev, N., Philippov, I. (2020). Graz Lagrangian Model (GRAL) for Pollutants Tracking and Estimating Sources Partial Contributions to Atmospheric Pollution in Highly Urbanized Areas. *Atmosphere*. Vol. 11. No. 1375. Pp. 1–26. DOI: 10.3390/atmos11121375

Ryumina, E.V. (2018). Specificity of individual indicators of the quality of life and quality of the population. *Management of economic systems: electronic scientific journal*. No. 10(116). Pp. 24. (In Russ.).

Ryumina, E.V. (2020). Influence of ecological conditions on human potential: the health aspect. *International Journal of the Humanities and Natural Sciences*. No. 9–1(48). Pp. 152–160. (In Russ.). DOI: 10.24411/2500–1000–2020–11002

Safuga, P.W., Grzesiak, P., Kaminski, J. (2020). Valuation of Decision Flexibility and Strategic Value in Coal Gasification Projects with the Option-To-Switch between Different Outputs. *Energies*. Vol. 13 (11). No. 2826. DOI: 10.3390/en13112826

Semikashv, V.V., Gaivoronskaya, M.S. (2022). Analysis of the current state and prospects of Russia's gasification for the period up to 2030. *Problems of Forecasting*. No. 1(190). Pp. 91–100. (In Russ.). DOI: 10.47711/0868–6351–190–91–100

Shaparev, N., Tokarev, A., Yakubailik, O. (2022). Fogs on the Yenisei River (Krasnoyarsk, Russia). *Thermal Science*. Vol. 26, No. 5B. Pp. 4447–4458. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.2298/TSCI220402099S>

Spector, N. Yu. (2019). Methodology of economic analysis of gasification projects of rural settlements. *Problems of economy and management of the oil and gas complex*. No. 5(173). Pp. 21–26. (In Russ.). DOI: 10.33285/1999–6942–2019–5(173)-21–26

Tretyakov, A.V. (2015). Gasification of the Kursk village in the second half of the XX – the beginning of the XXI century. *Electronic Scientific Journal of Kursk State University*. No. 2(34). Pp. 40–50. (In Russ.).

Zemnukhova, E.A. (2018). Directions of gasification of Siberian regions as a key direction of improving the ecological situation in the region. *Interexpo Geo-Siberia*. Vol. 2. Pp. 216–221. (In Russ.). DOI 10.18303/2618–981X-2018–2–216–221

Zimakov, A.V. (2019). European strategies of greening heat supply. *World economy and international relations*. Vol. 63. No. 8. Pp. 39–46. (In Russ.). DOI: 10.20542/0131–2227–2019–63–8–39–46

Ziyazov, D.S., Pyzhev, A.I., Pyzheva, Yu.I. (2019). Economic mechanisms of combating atmospheric air pollution in large Russian cities. *Regional economics: theory and practice*. Vol. 17. No. 10(469). Pp. 1991–2008. (In Russ.). DOI: 10.24891/re.17.10.1991

For citation: Verkhotur, A.V., Pyzhev, A.I. (2023). Options for Gasification in Krasnoyarsk Krai: The Search for Environmental and Economic Balance. *ECO*. No. 11. Pp. 43–63. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-11-43-63

Information about the authors

Verkhotur, Andrey Vitalevich (Krasnoyarsk) – a research engineer at the Laboratory of Economics of Climate Change and Environmental Development of the Siberian Federal University.

E-mail: turov777@yandex.ru; ORCID: 0000–0001–8978–0725

Pyzhev, Anton Igorevich (Krasnoyarsk) – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Economics of Climate Change and Environmental Development of the Siberian Federal University; Head of the Department of Forecasting of Economic Development of the Krasnoyarsk Territory of the IEPP SB RAS.

E-mail: apyzhev@sfu-kras.ru; ORCID: 0000–0001–7909–3227