

Е.А. Сырцова¹, А.И. Пыжев^{1,2}, Е.В. Зандер¹

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН,
Новосибирск, Россия

Возможности замещения угля в секторе индивидуального теплоснабжения (на примере Красноярска)

Аннотация. В статье обсуждаются возможности замещения угля в секторе индивидуального теплоснабжения с целью повышения экологического благополучия населения городов. Рассмотрен опыт внедрения государственных программ стимулирования населения к переходу на более экологичные виды отопления. На примере Красноярска показаны условия реализации подобной программы в рамках проекта «Чистый воздух». Оценены возможности включения в программу ещё одного варианта отопления – пеллетного. Показано, что перевод даже трети частных домовладений с угля на пеллеты позволит сократить выбросы угарного газа, оксидов серы и твердых частиц в Красноярске на 3,5; 0,7 и 0,3 тыс. тонн в год соответственно.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, экологическая политика, индивидуальные источники теплоснабжения, замещение угля, древесные пеллеты.

E.A. Syrtsova¹, A.I. Pyzhev^{1,2}, E.V. Zander¹

¹Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)

²Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch,
Russian Academy of Sciences, (Novosibirsk, Russia)

Possibilities of coal replacement in private households heating (a case study of Krasnoyarsk)

Abstract. The article discusses the possibilities of coal replacement in private households heating in order to improve the environmental well-being of cities population. The experience of introducing state programs to stimulate the population to switch to more environmentally friendly types of heating is considered. In Krasnoyarsk there is a similar program within the framework of the project "Clean Air". The possibilities of including the pellet heating option in the program are assessed. It is shown that switching even a third of private households from coal to pellets will reduce emissions of carbon monoxide, sulfur oxides and particulate matter in Krasnoyarsk by 3.5; 0.7 and 0.3 thousand tons per year respectively.

Keywords: air pollution, environmental policy, private households heating, coal replacement, wood pellets.

Энергетический сектор оказывает значительное влияние на окружающую среду. Основные негативные последствия производства энергии обычно рассматриваются в контексте загрязнения воздуха выбросами загрязняющих веществ от сжигания ископаемого топлива. Этот аспект важен и в рамках климатической повестки, так как при сжигании топлива выделяется большое количество парниковых газов. Данная проблема особенно актуальна для территорий, где по-прежнему высока доля традиционных энергоносителей, в первую очередь, угля. В Красноярске угольные выбросы и резко континентальный климат в сочетании с уменьшением скорости ветра создают условия для регулярного накопления вредных веществ в наиболее густонаселенных районах [Romanov et al., 2020].

Влияние теплоснабжения на качество воздуха существенно различается по типам источников. Крупные источники теплоснабжения (теплоэлектроцентрали) хоть и обеспечивают большую часть валовых выбросов, но по удельным имеют значительное преимущество перед малыми котельными и индивидуальными источниками отопления. Это объясняется использованием более эффективных систем очистки, а также температурой сжигания топлива. Большое значение также имеет высота труб источников теплоснабжения: именно выбросы малых котельных и печей частного сектора оказывают наибольшее влияние на загрязнение приземного слоя воздуха, непосредственно вдыхаемого человеком. В этой связи, в каждом сегменте теплоснабжения необходимы свои мероприятия по снижению негативного воздействия на качество атмосферного воздуха. В настоящем исследовании мы обсуждаем возможности сокращения выбросов в секторе индивидуального теплоснабжения за счет сокращения потребления угля.

Сжигание твердого топлива для отопления жилых домов и приготовления пищи является причиной загрязнения воздуха населённых пунктов во многих странах мира. Согласно исследованиям, в мире до 20% выбросов твердых частиц в городах приходится именно на бытовое отопление [Karagulian et al., 2015]. Повышение интереса к экологическому благополучию населения, а также необходимость выполнения климатических обязательств привели к появлению различных государственных программ по снижению выбросов в секторе индивидуального теплоснабжения. Наиболее популярной мерой регулирования является финансовое стимулирование перехода на более экологичные виды топлива и замены отопительного оборудования. Как правило, домовладельцам предлагают выбор оборудования и топлива из нескольких альтернатив. Один из вариантов обычно предполагает использование привычного вида топлива, но установку более современного, сертифицированного и соответствующего действующим нормативам выбросов оборудования. В Китае, для деревень, которые не могут перейти с угля на другие виды топлива, субсидируется приобретение угля более высокого качества, а продажи некачественного угля ограничены [Wu et al., 2020]. Другие варианты, как правило, связаны с переходом на более экологически чистые виды топлива: газ, электричество, биомассу, пеллеты, – что также сопровождается заменой печей и котлов. Финансовыми стимулами выступают субсидии, покрывающие большую часть расходов на приобретение оборудования (Великобритания, Дания, Германия, Норвегия, США, Чили, Китай), льготные тарифы (Австрия, Великобритания) или налоговые льготы (Франция) [Отопление..., 2015]. Также могут действовать прямые запреты на использование отдельных видов ископаемого топлива: в Ирландии был введен запрет на использование угля [Clancy et al., 2002], в Krakowе – на уголь и дрова [Flaga-Maryańczyk, Baran-Gurgul, 2022], в Норвегии путем запрета выводят из обращения нефтяные котлы [Åström et al., 2021].

В России необходимость снижения выбросов в сегменте индивидуального отопления нашла отражение в проекте «Чистый воздух» национального проекта «Экология»: на текущий год ключевой задачей обозначен перевод частных домовладений с угля на газ²⁹. Для Красноярска это направление также является актуальным, так как по оценкам экспертов, до 15 % загрязнения атмосферного воздуха определяется использованием твердого топлива частным сектором. Однако в отличие от других городов проекта (Нижний Тагил, Новокузнецк, Омск, Чита) в Красноярске предполагается не газификация, а «перевод частных домовладений с угольного на более экологичные виды отопления, в том числе электроотопление»³⁰. С сентября 2023 года в проект «Чистый воздух» также будут включены другие города красноярского края: Ачинск, Лесосибирск, Минусинск. Вследствие отсутствия в регионе магистрального газопровода, следует ожидать, что на новые города будет распространен опыт Красноярска.

²⁹Чистый воздух на чистой стране 2023. URL: <http://min.prirodyair.tilda.ws/tpost/sgdvotmrv1-chistii-vozduh-na-chistoi-strane-2023> (дата обращения 3.04.2023).

³⁰ Федеральный проект «Чистый воздух» // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: <https://www.mnr.gov.ru/activity/clean-air/> (дата обращения 15.04.2023).

С августа 2022 года собственники частных домовладений Красноярска, использующие угольное отопление, могут подать заявку на переход на более экологичные виды отопления. Жителям предлагаются четыре варианта:

- централизованное отопление,
- газовое отопление с использованием сжиженного углеводородного газа,
- электрическое отопление,
- угольное отопление с использованием автоматического твердотопливного котла.

Выбор осуществляется в соответствии с пожеланиями собственника жилого дома с учетом технических возможностей. Программа финансирует приобретение и установку дорогостоящего оборудования за счет бюджетных средств, при этом дальнейшая оплата отопления происходит за счет собственника домовладения (табл. 1). Планируемый объем финансирования из средств федерального бюджета на период 2022–2024 гг. – 1725 млн руб. Стоит отметить, что вариант перевода жилых домов на электроотопление рассматривался в Красноярске и ранее: в 2021 году в рамках pilotного проекта на него были переведены около 100 частных жилых домов. Участникам проекта компенсировался тариф на электроэнергию до уровня, при котором затраты на отопление будут сопоставимы с углем. В ноябре 2021 года эксперимент был назван «успешным», однако масштабирован не был, и в текущей версии программы перехода на более экологичные виды топлива компенсации тарифа не предусматривается.

Таблица 1 – Характеристики вариантов перевода частных домовладений на территории г. Красноярска с угольного отопления на более экологичные виды отопления

Вид топлива	Мероприятия, осуществляемые за счет бюджетных средств	Предполагаемая стоимость отопления дома площадью 100 кв. м в месяц, руб.
Централизованное отопление	Строительство и реконструкция объектов теплоснабжения, включая теплотрассы, централизованных систем горячего водоснабжения, отдельных объектов таких систем (до границ земельного участка заявителя)	4000–5000
Сжиженный углеводородный газ	Приобретение, установка, монтаж внутридомового газового оборудования, приборов учета, систем отопления	8000–10000
Электричество	Приобретение, установка, монтаж внутридомового электрического оборудования, систем отопления	8000–10000
Уголь	Приобретение, установка автоматического твердотопливного котла	2000–3000

Источник: составлено авторами по данным Министерства промышленности, энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Красноярского края³¹.

Очевидно, что наиболее экономически выгодным топливом для населения остается уголь. С точки зрения снижения выбросов, наиболее перспективные варианты – централизованное отопление, которое, однако, имеет серьезные технические ограничения, и электроотопление, которое без компенсации тарифа является слишком дорогим вариантом. Что касается сжиженного газа, этот вариант предполагает и большие затраты на отопление, и установку оборудования на участке, что не всегда представляется возможным.

³¹ Министерство промышленности, энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Красноярского края. URL: <http://www.krskstate.ru/promtorg/promobyav/0/id/58773> (дата обращения 20.04.2023).

Помимо предлагаемых государством вариантов, нами оценены характеристики отопления древесными пеллетами (табл. 2). Теплотворная способность и цена приведены для пеллет производства ООО «ДоК «Енисей»³². Потребность в отоплении определена для условного дома площадью 100 кв. м, исходя из норматива потребления коммунальной услуги по отоплению, установленного для Красноярска для одноэтажных деревянных домов, построенных до 1999 года³³. Стоимость котла приведена для двух моделей автоматических пеллетных котлов торговой марки «ZOTA» мощностью 15 кВт.

Таблица 2 – Характеристики варианта перевода частных домовладений на территории г. Красноярска с угольного отопления на пеллеты

Вид топлива	Теплотворная способность, МВт/т	Средняя цена, руб./т	Потребность в отоплении для дома площадью 100 кв. м в месяц, МВт	Расчетная стоимость отопления дома площадью 100 кв. м в месяц, руб.	Стоимость автоматического пеллетного котла, тыс. руб.
Древесные пеллеты	4,6–5,2	6000	4,9893	5756,7–6507,5	180–205

Источник: рассчитано авторами.

Таким образом, отопление пеллетами может конкурировать по цене с электроотоплением и сжиженным газом. Кроме того, производство пеллет в России растет быстрыми темпами и в современных условиях нуждается в новых рынках сбыта, что может привести к снижению цен [Майсюк, Губий, 2023]. Уголь сохраняет ценовое преимущество, однако проигрывает пеллетам по экологическим характеристикам.

В настоящем исследовании для оценки потенциального экологического эффекта от замещения угля пеллетами нами использованы коэффициенты выбросов из Технического руководства по подготовке национальных кадастров выбросов Европейского агентства по окружающей среде (табл. 3). Для расчета, как и ранее, использована потребность в отоплении для условного дома площадью 100 кв. м.

Таблица 3 – Оценка потенциального экологического эффекта от замещения угля пеллетами в секторе индивидуального теплоснабжения в г. Красноярске

Загрязняющее вещество	Коэффициент выбросов, г/ГДж		Сокращение выбросов при переводе с угля на пеллеты, тонн (в % от общих выбросов в Красноярске)			
	Бурый уголь	Древесные пеллеты	1000 домов	5000 домов	7500 домов	15000 домов
Оксиды азота	110	80	4,8 (0,03)	24,2 (0,1)	36,4 (0,2)	72,7 (0,4)
Монооксид углерода	4600	300	695,1 (1,3)	3475,7 (6,5)	5213,5 (9,8)	10427,1 (19,6)
Оксиды серы	900	11	143,7 (0,7)	718,6 (3,4)	1077,9 (5,1)	2155,7 (10,1)
Взвешенные частицы	444	62	61,8 (0,4)	308,8 (2,1)	463,2 (3,1)	926,3 (6,2)

Источник: рассчитано авторами по данным Европейского агентства по окружающей среде [Air pollutant..., 2019], данным Государственного доклада [О состоянии..., 2022].

³² Деревообрабатывающая компания «Енисей». URL: <https://www.dok-enisey.ru/products> (дата обращения 20.04.2023)

³³ Приказ Министерства промышленности, энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Красноярского края № 14-36н от 4.12.2020

Наибольшее сокращение выбросов приходится на моноксид углерода и оксиды серы. Выбросы оксидов азота сокращаются незначительно, в некоторых исследованиях выбросы оксида азота от сжигания пеллет оцениваются даже выше, чем от угля. Уже при переходе примерно трети домовладений с угля на пеллеты сокращение выбросов в частном секторе оказывает влияние на экологическую обстановку города в целом.

Представленные результаты имеют существенные ограничения, так как величина выбросов различных загрязняющих веществ на единицу топлива в значительной мере зависит от характеристик топлива, отопительного оборудования, технологий сжигания и т.д. Поэтому наиболее релевантные оценки коэффициентов выбросов можно получить при проведении лабораторных испытаний тех марок угля и пеллет в тех печах и котлах, которые в дальнейшем будут использоваться населением. Тем не менее, отопление пеллетами может рассматриваться в качестве альтернативы для перехода частных домовладений на более экологичные виды топлива. Этот вариант также может быть альтернативой для других городов Енисейской Сибири, особенно тех, которые расположены вблизи деревообрабатывающих производств.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSRZ-2021-0011).

ЛИТЕРАТУРА

Майсюк Е.П., Губий Е.В. Эффективность использования древесного топлива на Байкале // ЭКО. – 2023. – № 3. – С. 110-123.

О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2022. – 684 с. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/_gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2021_/ (дата обращения 24.04.2023).

Отопление жилищ древесиной и углем: влияние на здоровье и варианты политики в Европе и Северной Америке // Всемирная организация здравоохранения. Европейское региональное бюро. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/344377> (дата обращения 20.04.2023).

Air pollutant emission inventory guidebook 2019. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emeep-eea-guidebook-2019> (дата обращения 24.04.2023).

Åström S., Källmark L., Yaramenka K., Grennfelt P. European and Central Asian Actions on Air Quality: A regional summary of emission trends, policies, and programs to reduce air pollution. – IVL Swedish Environmental Research Institute, 2021. – 44 p.

Clancy L., Goodman P., Sinclair H., Dockery D.W. Effect of Air-Pollution Control on Death Rates in Dublin, Ireland: An Intervention Study // Lancet. 2002. Vol. 360. pp. 1210–1214.

Flaga-Maryąńczyk A., Baran-Gurgul K. The Impact of Local Anti-Smog Resolution in Cracow (Poland) on the Concentrations of PM10 and BaP Based on the Results of Measurements of the State Environmental Monitoring // Energies. 2022. Vol. 15. 56.

Karagulian F., Belis C.A., Dora C.F.C., et al. Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level // Atmospheric Environment. 2015. Vol. 120. pp. 475–483.

Romanov A.A., Gusev B.A., Leonenko, E.V., Tamarovskaya A.N., Vasiliev A.S., Zaytcev N.E., Philippov I.K. Graz Lagrangian Model (GRAL) for Pollutants Tracking and Estimating Sources Partial Contributions to Atmospheric Pollution in Highly Urbanized Areas // Atmosphere. 2020. Vol. 11. No 12. 1375.

Wu S., Zheng X., Khanna N., Feng W. Fighting coal – Effectiveness of coal-replacement programs for residential heating in China: Empirical findings from a household survey // Energy for Sustainable Development. 2020. Vol. 55. pp. 170–180.

Сведения об авторах:

Сырцова Екатерина Александровна, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный университет, Красноярск.

Пыжев Антон Игоревич, кандидат экономических наук, заведующий лабораторией, Сибирский федеральный университет, Красноярск; и.о. заведующего отделом, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, Россия.

Зандер Евгения Викторовна, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой, заведующий лабораторией, Сибирский федеральный университет, Красноярск.

Syrtsova Ekaterina A., Candidate of Economic Science, Senior Researcher, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Pyzhev Anton I., Candidate of Economic Science, Head of Laboratory, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; Acting Head, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.

Zander Evgeniya V., Doctor of Economic Science, Professor, Head of Department, Head of Laboratory, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.