

УДК 62-663:662.638:502/504(571.513-25)

**ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕХОДА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЖИЛОЙ
ЗАСТРОЙКИ Г. АБАКАНА С УГЛЯ НА БИОТОПЛИВО НА ОСНОВЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.**

Мясин И. Е., студент гр. ТБ-24, II курс

Научный руководитель: Захарова О. Л., к.б.н., доцент
Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
г. Абакан

Загрязнение атмосферного воздуха г. Абакана - острая экологическая проблема. По данным Министерства природных ресурсов и экологии Хакасии, общий объем выбросов загрязняющих веществ в Абакане составляет 64,4 тыс. тонн в год, при этом 54% от общего объёма выбросов приходится на печное отопление частного сектора, характеризуя его как один из основных источников загрязнения воздушной среды [1]. Описанная ситуация усугубляется географическим положением города. Располагаясь в пределах Хакасско-Минусинской котловины, часты штили и температурные инверсии, препятствующие рассеиванию загрязняющих веществ.

В связи с этим, в 2025 году Абакан вошел в число городов – участников федерального проекта «Чистый воздух». Согласно существующим мерам поддержки в городе производится замена старых печей на современные котлы длительного горения. Так, в 2025 году было установлено 287 единиц нового оборудования, в 2026 году планируется заменить ещё 601 котёл [2]. Однако данные меры не меняют вид используемого топлива, частные дома по-прежнему отапливаются углем.

Решение проблемы видится в замене самого топлива - переводе частного сектора на более чистое биотопливо в виде топливных брикетов, сырьем для которого являются различные растительные отходы.

Ключевое условие реализуемости данных мер - наличие доступного сырья и потребителей. Сырьём для производства брикетов могут стать производственные отходы региональных деревообрабатывающих предприятий. В настоящее время в г. Абакане действует 18 предприятий по обработке древесины, которые генерируют опилки, стружку, горбыль.

В качестве дополнительного сырья при производстве брикетов может стать гидролизный лигнин, накопленный на полигоне вблизи пгт. Усть-Абакан в непосредственной близости от Абакана. Объем лигнина - более 3 млн. м³, что пригодно для производства экологически чистого топлива и обеспечит сырьем минимум на 15 лет. Все основные источники сырья расположены в

радиусе 20-100 км от Абакана, что минимизирует транспортные издержки и позволяет снизить конечную стоимость топлива для жителей.

В частном секторе Абакана насчитывается около 12-15 тысяч домов, которые потребляют 70-100 тыс. тонн угля в год.

Нами предлагается организация технологической линии по производству топливных брикетов на базе существующего деревообрабатывающего предприятия, что позволит использовать уже готовые производственные площади. Технологическая линия включает такое оборудование как дробилка, сушилка, брикетировочный пресс, упаковочная машина. Для организации производства инвестиционные затраты оцениваются в 8,5-16,5 млн. руб. в зависимости от типа оборудования.

Производительность оборудования с учётом потребления составляет 100–120 тонн брикетов в месяц. Расчёт себестоимости одной тонны брикетов представлен в табл. 1.

Таблица 1 - Расчет себестоимости 1 тонны брикетов (при работе на древесных отходах)

Статья затрат	Стоимость ед.	Количество	Затраты на 1 тонну, руб.
Сырье (опилки), тонн	500-1000 руб./т	1,1	550–1 100
Потребление электроэнергии, кВт	4,0-5,0 руб./кВт*ч	80-120	320–600
Зарплата персонала, чел.	40 тыс. руб./мес	4 чел. / 100 т	2 080
Амортизация оборудования	7,0-13,5 млн. руб.	10 лет / 100 т.	580–1 100
Упаковка, транспортирование, обслуживание	100 руб./кг, 200 руб./т, 5% от амортизации	5 кг/т	750-775
Итого:			4 280–5 655

Средняя себестоимость - 5 120 руб./т. При оптовой цене реализации 7 500–8 500 руб./т прибыль от реализации составляет 2 845-3 220 руб. с тонну.

Для дома площадью 100 м² в климатических условиях Хакасии, где отопительный сезон 7 месяцев требуется 20-25 тыс. кВт*ч тепла. В пересчете

на количество топлива необходимо 3,0-3,5 тонн угля регионального производителя или 3,5-4,5 тонн брикетов (табл.2).

Таблица 2 - Затраты на приобретение топлива потребителями за отопительный сезон с учётом различных видов топлива

Вид топлива	Необходимое количество, т	Цена за тонну, руб.	Затраты на сезон, руб.
Уголь (базовый вариант)	3,0–3,5	5 500	16 500–19 250
Брикеты (рыночная цена)	3,5–4,5	8 000	28 000–36 000
Брикеты (цена местного производства)	3,5–4,5	5 120	17 920–23 040
Брикеты + субсидия 20%	3,5–4,5	4 100	14 350–18 450

Таким образом, при использовании брикетов по цене местного производства (5 120 руб./т) отопление обходится на 1 420-3 790 руб. за сезон дороже, чем углем. Однако эта разница частично компенсируется снижением затрат на вывоз золы (зольность брикетов в 5–10 раз ниже), уменьшением трудозатрат (загрузка раз в 8-12 часов вместо 3-6 часов) и отсутствием угольной пыли. При введении субсидии в размере 20% (1 024 руб./т) цена для потребителя снижается до 4 100 руб./т, а затраты на отопление становятся на 800-2 150 руб. ниже, чем при использовании угля, что делает брикеты экономически более выгодным вариантом.

При годовом объеме производства 1 000-1 400 тонн чистая прибыль для производителя составит 1,0-1,4 млн. руб. в год, срок окупаемости технологического оборудования - 6-10 лет. При организации производства на базе существующего лесоперерабатывающего предприятия (использование готовых площадей) инвестиционные затраты снижаются до 4,0-7,0 млн руб., что позволяет сократить срок окупаемости до 3–5 лет. Гарантированный сбыт может обеспечить муниципальная программа субсидирования.

Рассматривая предлагаемые меры необходимо дать сравнительный анализ экологической составляющей использования различных видов топлива. Сравнительные данные свидетельствуют о том, что древесные брикеты по экологическим характеристикам существенно превосходят каменный уголь: их зольность ниже в 5–10 раз, выбросы взвешенных частиц (PM_{2,5}) и сернистого газа (SO₂) - в десятки раз, а выбросы бенз(а)пирена — в десятки и сотни раз. По чистоте сжигания брикеты уступают лишь

природному газу и электроотоплению, что делает их наиболее приемлемым вариантом твёрдого топлива с точки зрения экологии (табл. 3).

Таблица 3 - Сравнение выбросов различных видов топлива

Показатель	Виды топлива			
	Природный газ	Электричество*	Каменный уголь	Древесные брикеты
Зольность, %	0	0	10–30	0,5–5
Выбросы $PM_{2,5}$, г/ГДж	0,1–0,5	0	50–300	10–50
Выбросы SO_2 , г/ГДж	0–5	0	200–600	0–10
Выбросы бенз(а)пирена, мг/ГДж	0,01–0,1	0	20–100	0,5–5

**Для Хакасии с преобладанием гидрогенерации выбросы электроотопления минимальны.*

По данным исследований, проведённых в Китае, снижение выбросов твердых частиц $PM_{2,5}$ происходит на 76-99%, бенз(а)пирена на 80-90%, оксидов серы на 63% [3]. Следует отметить, что при использовании древесных брикетов возникает углеродная нейтральность процесса, поскольку CO_2 биогенный в отличие от ископаемого угля. Кроме того, наблюдается снижение объема золы в 5-20 раз.

Опыт г. Красноярска, полученный в марте 2019 года, свидетельствует о кратном снижении уровня загрязнения воздуха при переводе более 9 300 домов на бездымные брикеты. Данные зафиксированы передвижными экологическими лабораториями [4].

При замещении 25% домов (3 000-3 750 домов) в пределах индивидуальной жилой застройки г. Абакана можно ожидать снижения выбросов от частного сектора на 12-18%, что в масштабах города составит 6-10% от всех выбросов. При замещении 50% домов снижение выбросов от частного сектора достигнет 25-35%.

Для пилотной зоны из 100 домов ежегодное снижение выбросов составит: $PM_{2,5}$ - 5-10 тонн, CO - 10-20 тонн, SO_2 - 5-8 тонн, бенз(а)пирена - 1-2 кг.

Переход частного сектора Абакана с каменного угля на топливные брикеты, производимые из местных древесных отходов и лигнина, является экологически и экономически целесообразным. Проект опирается на

уникальную сырьевую базу Хакасии (более 3 млн. м³ лигнина и производственные отходы деревообработки), что позволяет организовать производство с себестоимостью в среднем 5 120 руб./т и ценой для населения на уровне угля при условии субсидирования (1 024 руб./т).

Экологический эффект от перевода индивидуальной жилой застройки с угля на древесные брикеты подтвержден научными зарубежными исследованиями и опытом г. Красноярска и направлен на снижение выбросов РМ_{2,5} на 76-99%, бенз(а)пирена на 80-90%, оксидов серы на 63%.

Реализация проекта позволит Абакану сократить выбросы от частного сектора на 12-35% в зависимости от масштаба, уменьшить количество дней с «черным небом» и улучшить здоровье населения. Ключевые условия успеха – субсидирование разницы в цене, создание местного производства, пилотные проекты и активная информационная кампания. При выполнении этих условий проект станет реальным инструментом достижения показателей федерального проекта «Чистый воздух» и повышения качества жизни в Абакане.

Список литературы:

1. Владимир Данилов Вклад частного сектора Абакана и Черногорска в загрязнение воздуха подсчитали / Владимир Данилов [Электронный ресурс] // Пульс Хакасии : [сайт]. — URL: <https://pulse19.ru/206950-vklad-chastnogo-sektora-abakana-i-chernogorska-v-zagryaznenie-vozduha-podschitali/> (дата обращения: 21.03.2026).
2. Редакция В 2025 году Абакан входит в проект «Чистый воздух». Мэр ответил на вопросы, которые волнуют всех / Редакция [Электронный ресурс] // Шанс : [сайт]. — URL: <https://shansonline.ru/index.php/novosti/item/32337-v-2025-godu-abakan-vkhodit-v-proekt-chistyj-vozdukh-mer-otvetil-na-voprosy-kotorye-volnuyut-vsekh> (дата обращения: 21.04.2026).
3. Марина Попова За последние десять лет мировой воздух стал менее пыльным / Марина Попова [Электронный ресурс] // nplus1 : [сайт]. — URL: <https://nplus1.ru/news/2023/09/11/pm2.5-decrease> (дата обращения: 01.04.2026).
4. Степанов С. Г., Михалев И. О., Евтушенко Е. М., Логинов Д. А., Деменчук С. В. БЕЗДЫМНОЕ БЫТОВОЕ ТОПЛИВО: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В КРАСНОЯРСКЕ // Уголь. 2020. №12 (1137). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezdyimnoe-bytovoe-toplivo-opyt-primeneniya-v-krasnoyarske> (дата обращения: 01.04.2026).