

10.65231/ijmr.v2i2.137

The Role of Decarbonization in Ensuring Sustainable Development

A.A. Tsyganova, E.B. Зеленухо, Бельская Г.В.

Belarusian National Technical University, 220030, Minsk, Belarus

KEYWORDS

Sustainable development;

Energy sector;

Improving the efficiency of the existing energy system;

Nuclear energy;

ABSTRACT

This article examines the role of decarbonization in achieving the sustainable development goals of the Republic of Belarus. It identifies the main sources of greenhouse gas emissions and strategic areas for their reduction. Particular attention is paid to measures to improve the efficiency of the existing energy system, the development of renewable energy (biomass and biogas), and electricity generation at the Belarusian Nuclear Power Plant. It is emphasized that the transition to low-carbon technologies contributes to improved environmental quality, the fulfillment of international commitments (the Paris Agreement) to slow global warming, and provides economic and social benefits.

ВВЕДЕНИЕ

В новых условиях развития стран мирового сообщества (этапа "Индустрия 4.0") Национальная стратегия устойчивого развития (НСУР) Республики Беларусь на период до 2040 г. определяет три основные компоненты: развитие человека как личности и генератора новых идей; поддержание и развитие конкурентоспособной экономики; обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности [1].

Трансформация перспективной модели национальной экономики направлена на внедрение принципов «зеленой экономики» при сохранении природного капитала, а также формирование высокотехнологичного производственного сектора. Формирование целостной стратегии происходит на основе принципов национальной ответственности.

1. Возможными угрозами для устойчивого развития являются

Возможными угрозами для устойчивого развития являются: увеличение техногенной нагрузки на окружающую среду и нарушение ее способности к самовосстановлению; проблема исчерпаемости невозобновляемых ресурсов и неустойчивого использования возобновляемых ресурсов.

Для Республики Беларусь в ближайшее время доминируют глобальные экологические риски в виде усиления «парникового эффекта» и глобального потепления климата, снижения биологического разнообразия, негативного влияния на здоровье людей изменяющихся условий жизнедеятельности. Известно, что во всех странах мира предприятия теплоэнергетики являются основными источниками выбросов парниковых газов в атмосферный воздух. Эта закономерность сохраняется и для республики. В 2023 г. структура выбросов парниковых газов была следующей: теплоэнергетика – 62%, землепользование (растениеводство) – 24%, промышленные выбросы – 7%, складирование органических отходов 7% [2].

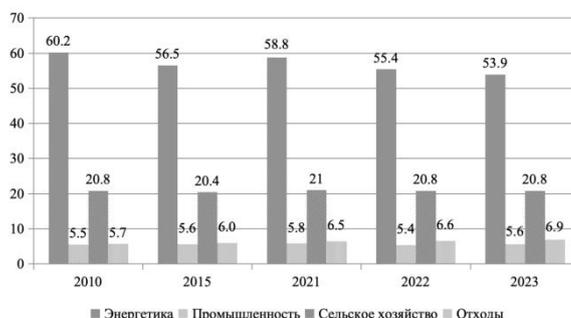


Рисунок.1. Динамика выбросов парниковых газов по секторам экономики (миллионов тонн CO₂-эквивалента)

* Corresponding author. E-mail address: cyganovaaa@bntu.by

Received date: February 01, 2026; Revised manuscript received date: February 10, 2026; Accepted date: February 20, 2026; Online publication date: February 28, 2026.

Copyright © 2026 the author. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

в год)

Анализ структуры выбросов парниковых газов в Беларуси за период с 2010 г. по 2023 г. (рис. 1) показывает, что энергетический сектор является основным источником эмиссии парниковых газов, со значительной тенденцией снижения этого показателя (с 60,2% в 2010 г. до 53,9% в 2023 г.). Примечательным является то, что выбросы парниковых газов от полигонов хранения отходов ЖКХ за этот же период увеличились с 5,7% до 6,9%, что можно объяснить увеличением объемов складированных отходов, включая органическую фракцию.

Эмиссии парниковых газов в результате землепользования (в сельском хозяйстве) остаются стабильными, на достаточно высоком уровне – 20,8%. Это можно объяснить неустойчивым использованием почвенно-земельных ресурсов в растениеводстве, в частности нерациональным применением минеральных азотных удобрений, приводящим к денитрификации почв. Результатом денитрификации являются значительные потери азота и оксидов азота, которые поступают в атмосферу из почв, усиливая парниковый эффект. Объемы выбросов парниковых газов от промышленных предприятий за анализируемый период остаются стабильными - на уровне 5,5-5,6%.

Значимую роль в достижении целей устойчивого развития выполняет декарбонизация энергетического сектора, основными аспектами которой является сокращение выбросов парниковых газов, связанных с использованием ископаемого топлива (рис. 2). Стратегической целью декарбонизации является удовлетворение потребностей в энергоносителях производственной сферы и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), на основе их максимально эффективного использования при снижении нагрузки на окружающую среду. Аспекты декарбонизации энергетического сектора представлены на рисунке 2.

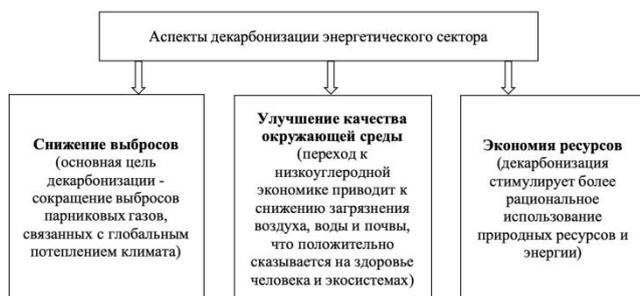


Рисунок.2. Аспекты декарбонизации энергетического

сектора

2. Современная деятельность по декарбонизации топливно-энергетического комплекса включает четыре основных направления

повышение энергоэффективности посредством модернизации оборудования и внедрения новых, более эффективных технологий в различных отраслях народного хозяйства, которые способствуют снижению общего потребления энергии и, следовательно, уменьшению выбросов парниковых газов при сжигании ископаемого топлива; дальнейшее развитие атомной энергетики; вовлечение в энергобаланс возобновляемых источников энергии (ВИЭ), основанных на трансферте международных технологий и системных решений (биогаз, солнечная и ветровая энергетика); максимально возможное использование собственных топливно-энергетических ресурсов, в т.ч. местных видов топлива (древесины, биомассы).

Основные направления декарбонизации представлены на рисунке 3.



Рисунок.3. Основные направления декарбонизации

3. Среди основных направлений повышения энергоэффективности действующих производственных объектов, можно выделить следующие

внедрение передовых технологий, таких как утилизация тепла дымовых газов, и вывод из эксплуатации устаревших генерирующих объектов;

повышение доли электроэнергии в структуре конечного потребления при одновременном сокращении использования импортируемого углеводородного топлива;

активное использование низкопотенциальных вторичных энергоресурсов для отопления и горячего водоснабжения;

применение современного оборудования и

автоматизированных систем управления, позволяющих минимизировать потери при транспортировке тепловой и электрической энергии [3].

К ключевым направлениям декарбонизации энергетического сектора относится развитие сферы возобновляемой энергетики. Использование ВИЭ для производства тепловой и электрической энергии обеспечивает синергию трех составляющих устойчивого развития: экологической, экономической и социальной (рис. 4).



Рисунок.4. Аспекты возобновляемой энергетики

Наиболее перспективными направлениями возобновляемой энергетики в Беларуси, демонстрирующими экономическую эффективность при соблюдении технических регламентов, являются использование биомассы и биогазовые технологии. Следует отметить, что именно они составляют основную долю (56%) в структуре снижения потребления традиционных видов топлива за счет ВИЭ (рис. 5) [4].

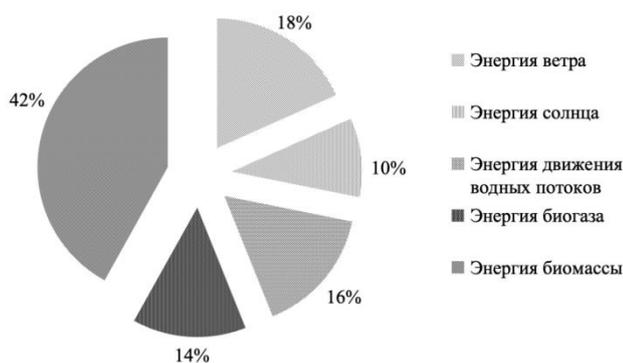


Рисунок.5. Снижение потребления традиционных видов топлива за счет ВИЭ, %

Биомасса представляет собой продукты, полностью или частично содержащие материалы растительного или животного происхождения, которые могут быть использованы в качестве топлива для получения энергии при их сжигании [5]. Значительный ресурсный потенциал в этом направлении сосредоточен в растительных отходах агропромышленного комплекса.

Наиболее объемными и готовыми к использованию видами сырья являются побочные продукты переработки льна (костра), солома зерновых и рапса, а также отходы, образующиеся при уборке кукурузы на зерно. Их энергетическая утилизация вносит прямой вклад в декарбонизацию, поскольку при их сжигании в атмосферу возвращается лишь тот диоксид углерода (CO₂), который был аккумулирован растениями в течение жизненного цикла, что поддерживает углеродный баланс.

Значительными технологическими преимуществами перед другими видами ВИЭ обладает биогаз. Ключевое преимущество его использования – управляемость процессами и способность аккумулировать энергию на длительный срок. В отличие от солнечной или ветровой генерации, биогаз можно синтезировать поэтапно, а полученный метан – хранить в емкостях и транспортировать без значительных потерь, обеспечивая тем самым надежность поставок и многоцелевое его использование [6].

Данная технология является отраслью циркулярной экономики, поскольку для метаногенеза используются органические отходы агропромышленного и коммунального секторов. Критически важным аспектом для эффективности процессов является обеспечение стабильной подачи субстрата в метантенки (ферментеры) в течение всего времени микробиологического цикла, что требует четко организованной логистики. Развитая инфраструктура подъездных путей и создание мест хранения и резервов сырья являются неотъемлемым условием успешного функционирования биогазовых комплексов.

Помимо производства метана, биогазовые технологии решают ряд экологических проблем. Они способствуют сокращению площадей, занятых под полигоны твердых бытовых отходов, предотвращают эмиссию парниковых газов (в т.ч. аммиака) с их поверхности, а также служат барьером на пути загрязнения почвенных слоев, грунтовых и поверхностных вод органическими веществами и соединениями азота.

Заключение

Декарбонизация выполняет значимую роль в достижении целей устойчивого развития. Она способствует обеспечению энергетической безопасности,

снижению техногенной нагрузки на экосистемы, выполнению международных климатических обязательств и созданию основы для «зеленого», технологичного и социально ориентированного роста в долгосрочной перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 г. (2025, 28 ноября). Министерство экономики Республики Беларусь. Получено 28 ноября 2025, с <https://economy.gov.by/>
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. (2025, 28 ноября). Получено 28 ноября 2025, с <https://www.belstat.gov.by/>
3. Цыганова, А.А., Бельская, Г.В., & Зеленухо, Е.В. (2025). Декарбонизация энергетического сектора как инструмент устойчивого развития. В Н.Н. Горбачев (Ред.), Инновационное развитие и структурная перестройка экономики: материалы XXIX Международной научно-практической конференции (с. 60-63). ИВЦ Минфина.
4. Государственный кадастр возобновляемых источников энергии. (2025, 27 октября). Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Получено 27 октября 2025, с https://minpriroda.gov.by/ru/new_url_19948904-ru/
5. Родькин, О.И., Зеленухо, Е.В., & Глуховский, В.И. (2023). Оценка потенциала биотоплива как местного источника возобновляемой энергии. Журнал Белорусского государственного университета. Экология, (4), 65–73.
6. Зеленухо, Е.В., Цыганова, А.А., & Бельская, Г.В. (2025). Биогаз и свалочный газ как источники возобновляемой энергии в Республике Беларусь. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ, 68(5), 442-456.
7. Антипенко, Н. А., [и др.]. (2025). Глобальная конкуренция и цифровое лидерство: сценарии устойчивого будущего. ИВЦ Минфина.

Роль Декарбонизации В Обеспечении Устойчивого Развития

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент А.А. Цыганова,
старший преподаватель Е.В. Зеленухо,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Бельская Г.В.

Белорусский национальный технический университет, г.220030, Минск, Беларусь

Аннотация: в статье показана роль декарбонизации в достижении целей устойчивого развития Республики Беларусь. Выделены основные источники выбросов парниковых газов и стратегические направления по их сокращению. Особое внимание уделяется мерам повышения эффективности действующей энергосистемы, развитию возобновляемой энергетики (использованию биомассы и биогаза), производству электроэнергии на Белорусской АЭС. Подчеркивается, что переход на низкоуглеродные технологии способствует улучшению качества окружающей среды, выполнению международных обязательств (Парижское соглашение) по замедлению глобального потепления, а также обеспечивает экономические и социальные выгоды.

Ключевые слова: декарбонизация, устойчивое развитие, энергетический сектор, повышение эффективности действующей энергосистемы, атомная энергетика, возобновляемые источники энергии.