

УДК 656.065.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.6.1/46>**Прокудін Г.С.**

Національний транспортний університет

Катрушенко Н.А.

Національний транспортний університет

Прокудіна І.І.

Національний транспортний університет

Даніва В.А.

Національний транспортний університет

Салада А.Т.

Національний транспортний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОМЕТАНУ НА ВАНТАЖНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

У статті розглянуто аналіз екологічних, економічних та логістичних аспектів використання біометану у вантажному транспорті України. Досліджено порівняльні показники викидів парникових газів різних видів палива, собівартість виробництва біометану, його переваги та недоліки в експлуатації, результати тестування біометанових вантажівок, а також проблеми транспортування сировини для біогазових установок.

У сфері біометану залишаються актуальними проблеми, пов'язані з українським законодавством, яке не готове до нових викликів. Україна експортує велику кількість сировини для біопаливних заводів Європи, не використовуючи ці ресурси для власних потреб. Водночас імпортує викопні види палива, через що втрачає додану вартість, енергонезалежність, засмічуючи екологію. Відсутність реєстру біометану, обмеження експорту природного газу українського походження, відсутність базового закону щодо виробництва та споживання його на транспорті – зупиняє розвиток сектора, надаючи йому вирости та стати конкурентоспроможним. Можливими шляхами подолання такої ситуації є запуск у експлуатацію реєстру біометану, розроблення проєкту Закону України щодо його використання як моторного палива, включення до Національної енергетичної стратегії цілей споживання, а також цілей щодо кількості газових заправних станцій. У довгостроковій перспективі впровадження ринку біометану в економіку України, значно підвищить потенціал у сфері міжнародних перевезень. Інтеграція екологічних стандартів, та запровадження підтримки виробникам можуть покращити ситуацію перевізників на європейському середовищі. Формування внутрішнього ринку споживання біометану сприятиме створенню нових робочих місць, модернізації інфраструктури, зниженню залежності економіки, що стратегічно важливо у контексті євроінтеграційних процесів.

Ключові слова: біометан, біопаливо, логістика, відновлювальна енергетика, транспортний сектор, викиди парникових газів, економічна ефективність, зелені технології, біоенергетика, альтернативне паливо, енергетична безпека, сталий розвиток.

Постановка проблеми. На тлі економічної нестабільності, та постійного коливання цін на ринку енергоносіїв, виникла необхідність впровадження альтернативних джерел енергії, для сталого розвитку та відокремленості від звичного нам викопного палива. Такі засоби існують не один рік, але через брак ресурсів та підтримки

держави, вони відійшли на задній план, залишаючись позбавленими уваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика розвитку біоенергетики, зелених логістичних підходів та виробництва екологічних видів палива представлена у працях зарубіжних і українських науковців. У літературі висвітлено

екологічні переваги біопалив, оцінку викидів GHG (Greenhouse Gas – парникові гази), економічні аспекти виробництва та перспективи заміщення викопного палива. Дослідження European Biogas Association та UABIO (біоенергетична асоціація України) демонструють значний потенціал України у виробництві біометану, проте акцентують на низькому рівні його фактичного використання.

Для сталого розвитку та реалізації таких технологій, що могли б збільшити кількість робочих місць, в перспективі зменшити собівартість перевезень та зробити їх безпечнішими та екологічнішими, мало людей замислюються з приводу просування так званої «зеленої логістики».

Те, що ми зараз називаємо «зеленою логістикою», являє собою конвергенцію кількох напрямків досліджень, які розпочалися в різний час: зменшення зовнішніх ефектів вантажних перевезень, міська логістика, зворотна логістика, корпоративні екологічні стратегії щодо логістики та управління зеленим ланцюгом поставок [1]. Розвиток біотехнології пропонує можливості для революціонування широкого портфолію продуктів з енергетичного, хімічного, фармацевтичного, сільськогосподарського та харчового секторів і допомагає трансформувати сучасну економіку, що базується на викопному паливі, в біоекономіку [2]. Основним критерієм екологічності в транспорті є паливо-мастильні, яке перетягує на себе більшу частину викидів. В наш час існують альтернативи викопному паливу – це біопаливо.

Біопаливо – це джерела енергії, отримані з біологічних матеріалів, що відрізняє їх від інших джерел енергії, не пов'язаних з викопним пали-

вом. Біопаливо може бути твердим, рідким або газоподібним, і всі три форми енергії є стійкими та відновлюваними, оскільки вони виробляються з рослин і тварин, і тому можуть бути замінені за короткий проміжок часу [3].

Виклад основного матеріалу. Україна залежна від викопного палива на понад 80%, що негативно впливає на довкілля. За даними *Biotechnol Environ* різні палива мають різну ступінь GHG. До прикладу біоетанол може вироблятися як з цукрової тростини, так і з кукурудзи, але GHG буде різний – 35г CO₂е/MJ (конкретне значення вказує на те, що для виробництва, транспортування та споживання кожного мегаджоуля (MJ) енергії в атмосферу викидається 35 г парникових газів в еквіваленті CO₂ (оцінка життєвого циклу палива) та 76 г CO₂е/MJ відповідно. Для порівняння, стандартний бензин це приблизно 90 г CO₂е/MJ. Біоводень коливається в межах від +30 до +60 г CO₂е/MJ, а біометан не перевищує -70 г CO₂е/MJ [4]. Від'ємне значення цього параметру для біометану означає, що у процесі його використання атмосфера очищається від вуглекислого газу). На рисунку 1 розглянуто більш детально весь спектр сфери палива.

В наших реаліях це не тільки покращення екології, а ще й вигідна економічна пропозиція, яка могла б покращити ситуацію на ринку логістики.

Найперспективнішим паливом на даний момент є біометан, так як його виробництво відбувається цілий рік та з відходів які не потребують високих вкладень, таких як гній, силос, жом, залишки з переробленої олії т.п, через що його собівартість становить 0,15–0,40 євро за м³, на відміну від біодизеля та біоетанолу з сезонністю

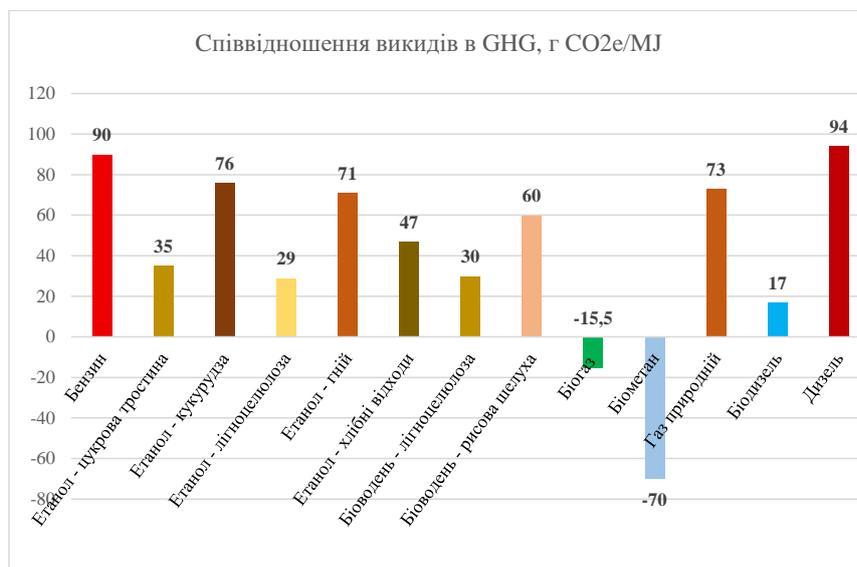


Рис. 1. Співвідношення викидів в GHG, г CO₂е/MJ

вироблення та собівартістю 0.80–1.50 євро за літр та 0.50–1.00 євро за літр відповідно. Біометан можна заправляти в якості альтернативи звичайному природному газу, без втрати потужності. Це змогли довести нещодавнім експериментом автобудівельної компанії IVECO, чия вантажівка пододала 5 000 км на біометані, продемонструвавши ключову роль цього пального в стійкому вантажному транспорті [5]. Ця подія відбулась 1 липня 2025 року, після якої вони довели, що біометан – за підтримки партнерської мережі та технологічних інновацій – є реальним і негайним кроком до вуглецево-нейтрального майбутнього у вантажному транспорті.

Для того щоб дизельна вантажівка (або будь-яка інша) могла заправлятися таким видом палива, на даний момент треба встановити спеціальну установку. Ціна такої конструкції в районі 25–45 тис €, що може стати проблемою, але економія є значною приблизно пів мільйона гривень на рік (10 тис €). Висновки зроблені на основі розрахунків, за умови що пробіг автопоїзда на рік складає 100–120 тис км та споживання палива 28–35 л дизеля на 100 км або еквівалент 22–27 кг біометану. Ціна палива складає для дизеля 52–55 грн л, а для біометану 35–42 грн/кг. В середньому ціна заправки дизелем вантажівки на рік становить:

$$110\,000_{\text{км}} \times 0,3 \frac{\text{л}}{\text{км}} \times 53 \frac{\text{грн}}{\text{л}} = 1\,749\,000 \text{ грн / рік}; \quad (1)$$

на противагу біометану:

$$110\,000_{\text{км}} \times 0,26 \frac{\text{л}}{\text{км}} \times 40 \frac{\text{грн}}{\text{л}} = 1\,144\,000 \text{ грн / рік}. \quad (2)$$

Тобто економія складає 605 000 грн/рік (12 000 €). Також вагомою проблемою залишається окупність проекту. Якщо ми кажемо що установка коштує 35 000 € то її окупність буде складати $35\,000 \div 12\,000 \approx 3,3 \text{ роки}$. Іншою справою буде якщо біометан власного виробництва, собівартість якого буде складати 20–25 грн/кг, тоді економія буде вдвічі більшою, через що окупність складатиме 1,5–2 роки. Також через чистий хімічний склад (вода+CO₂) без сірчистих сполук, відсутності кислот, що властиві дизелю, та за відсутності сажі/сажових часток, має меншу агресивність щодо металу, резини, мастила та інших матеріалів, через що обслуговування вантажного транспорту стає менш затратним.

Не дивлячись на те що в такій технології є багато плюсів, як з економічної сторони, так і з екологічної, залишається один критичний мінус – і це втрата вантажопідйомності. Хоча така конструкція не займає додаткових вантажних

місць, маса можливого підйома вантажу скорочується на 300–900 кг, що є значним у дальніх перевезеннях.

Зважаючи на те що Україна аграрна країна, ми маємо високий потенціал до виробництва біометану, який оцінюється у 21.8 млрд м³ на рік [6]. На даний момент маємо 4 біометанових заводів та 85 біогазових загальною потужністю 41 млн м³ біометану на рік, а ще три заводи планують ввести в експлуатацію найближчим часом до кінця року, що збільшить річне виробництво біометану в Україні до 111 млн м³ [7]. В порівнянні з минулим роком кількість продукції, що виробляється збільшилась на 30 млн м³, що є значним досягненням в новій сфері, хоча така кількість не покриє потреби ринку вантажних перевезень [8]. Орієнтовна потреба вантажного транспорту становить 1 млн тонн дизеля на рік (консервативна оцінка), отже якщо ми візьмем енергетичний еквівалент як 41 млн м³ біометану до 41 млн л (41 тис тон) дизеля вийде відповідний розрахунок:

$$\frac{41\,000_{\text{тон}}}{1\,000\,000_{\text{тон}}} \times 100\% = 4,1\%. \quad (3)$$

Тобто приблизний дефіцит становить 95.9%, що є проблематичним в досягненні повної автономності від звичного нам дизеля. Для того щоб забезпечити ринок стабільним постачанням біометану нам треба виробляти його в рік приблизно 1.2 млрд м³. До такого висновку приводять наступні розрахунки. Для початку з'ясуємо скільки літрів дизеля в одній тонні, для цього визначаємо щільність дизеля 0,832 кг/л. Тоді маємо наступне рівняння:

$$1\,000_{\text{кг}} \div 0,832 \frac{\text{кг}}{\text{л}} = 1,201\,923\,0769 \text{ л}. \quad (4)$$

Отже в результаті отримаємо 1т дизеля це приблизно 1202 л. Переводимо річну потребу (тони) у літри. Якщо в рік 1 000 000 т, то в результаті маємо вираз:

$$1\,000\,000 \times 1\,201,923\,0769_{\text{л}} = 1\,201\,923\,076,9_{\text{л}} \quad (5)$$

Вважаємо, що 1 м³ біометану \approx 1 л. дизеля за енерговмістом (тобто 1 м³ \approx 10 кВт год – це загальне наближення). Тобто, щоб замінити 1 201 923 077 л дизеля, потрібно 1 201 923 077 м³ біометану. Це все є приблизні результати, але вони в повній мірі показують теперішню ситуацію на ринку. Знизу представлений розрахунок перспектив на ринку біометану та в якому році зникне дефіцит з теперішнім зростанням його об'єму (рис. 2).

Як представлено на графіку дефіцит зникне приблизно до 2036, що дасть змогу повністю забез-



Рис. 2. Прогноз зростання виробництва біометану в Україні

печити потреби країни. Тенденції зростання обрані з факту, що в ЄС за останні роки виробництво біометану щороку збільшується на 25-30%, а в Україні за рахунок інвестицій та нових біометанових заводів планується щорічне зростання близько 25%.

Індустрія в Україні почала працювати в 1993, але це був поодинокий випадок встановлення біогазової установки на свинофермі «Запоріжстали». Безпосереднє виробництво біометану почалося нещодавно в 2023 на Чернігівщині «Галс Агро» [9]. З цього можна зробити висновок що вироблення такого біопалива для нас є новим та стрімко розвиваючимся сектором, з великою кількістю проблем, як в транспортуванні так і в використанні цього продукту. Через брак досвіду та практичних напрацювань, мало людей розуміється на потребах цієї сфери, що в результаті призводить до збитків.

Транспортування матеріалів для виготовлення біогазу, є основною проблемою зі сторони логістики. На даний момент українському ринку критично не вистачає силосних причепів з можливістю герметизації, через що транспортування такого роду вантажів відбувається в самоскидах, та іншому непідлаштованому виді транспорту, що призводить до проблем з розгрузкою та додаткових витрат на обслуговування вантажівки. Звісно деякі заводи мають власний транспорт, але це тільки наслідки нестачі забезпечення логістичних фірм. Ця проблема торкається не тільки біопалива, а зокрема і агрохолдингів, які виробляють корми. Таких холдингів в країні більше 100, що робить нестачу причепів суттєвою як для виробників так і для логістики.

Візьмемо реалістичний приклад для таких господарств: середня ціна кукурудзяного силосу у 2025 році становить 2500 грн/т, перевезення 20т здійснюється на причепі. При відкритому кузові втрати встановлюють: вітрові – 1-3% (видування дрібних частинок), вологістні – 2-4% (пересушування, втрата ферментованої активності), атмосферні (дощ, сніг, забруднення) – 0.5-1%. Разом такі втрати становлять близько – 4-8% маси всього вантажу. Таким чином збитки від одного рейсу становлять від 2 до 4 тис. грн, виходячи з розрахунків:

$$2500 \text{ грн} \times 0,04\% = 100 \text{ грн} \text{ та } 2500 \times 0,08\% = 200 \text{ грн} \text{ відповідно (6)}$$

Якщо господарство перевозить 1000 т силосу за сезон (50 рейсів по 20 тон) мінімальні втрати будуть становити від 100 000 грн/сезон до 200 000 грн/сезон. Для фермерства це значні суми, які можна було б уникнути за умови достатньої оснащеності ринку. Логістичні збитки становлять близько 625 000 000 грн/рік через брак оснащеності. Щорічне перевезення силосу та подібних кормів становить 5 млн т, за середню ціну 2 500 грн/т, без герметизації середні втрати становлять 5%. З цього випливає розрахунок:

$$5\,000\,000 \text{ т} \times 2\,500 \text{ грн} / \text{т} \times 0,05\% = 625\,000\,000 \text{ грн} / \text{рік. (7)}$$

З результатів випливає, що ця прогалина є дуже значною та не звертання на неї уваги призводить до втрати заробітку. На даний момент ця ніша майже не має конкурентів, тому після деяких вкладень в перспективі призведе до неминучого успіху. Аналіз даної ситуації представлений на рисунку 3.

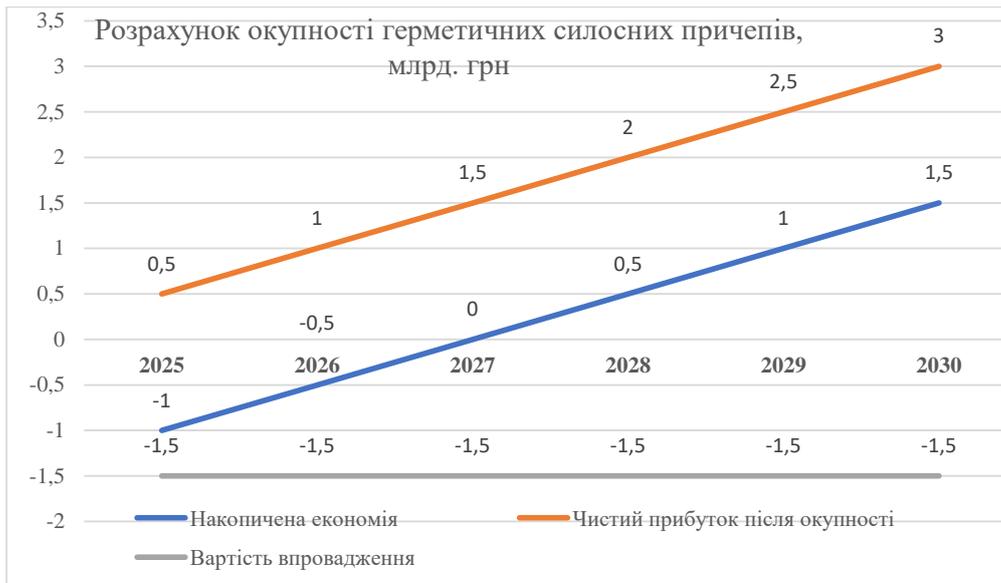


Рис. 3. Розрахунок окупності герметичних силосних причепів, млрд. грн

Графік показує, що при економії близько 500 млн/рік закупівля герметичних силосних причепів на 1,5 млрд грн окупиться приблизно за 3 роки, а далі сектор отримуватиме чистий прибуток, який за 6 років перевищить 1,5 млрд грн.

Проблеми в перевезеннях наявні не лише з силосом, а й з відходами цукрових, спиртових, пивних заводів, відходів гідратації олії на маслоекстракційних заводах, для яких також немає відповідного транспорту, їм міг би підійти саме цей причіп, що у свою чергу розширює ринок та збільшує рентабельність.

Висновки. Не дивлячись на всі переваги цього напрямку, держава не сприяє його розвитку. Відсутність затверджених довгострокових цілей з розвитку біоенергетики та необхідність сплачувати податок за викиди CO₂ для котельень, ТЕЦ/ТЕС на біомасі і біогазі, призводить до стагнації цього сектору.

Невизначена державна позиція, щодо енергетичного використання сільськогосподарських залишків, спалювання лісосічних відходів в лісі та відсутність їх збирання, не дає збільшувати обороти виробництва, що погіршує розвиток «зеленої» економіки. Високі вимоги Директиви ЄС RED II щодо скорочення викидів парникових газів (ПГ) для нових установок з виробництва рідких біопалива і біогазу для транспорту – 65% для установок, що

почали роботу з 01.01.2021 та обмежений список сировини, для виробництва передового біопалива, знижують зацікавленість потенційних реалізаторів та ускладнюють роботу існуючим. Відсутність аукціонів з державної підтримки проектів з виробництва електроенергії з ВДЕ (відновлювальні джерела енергії). Ці проблеми стосуються всього сектору біоенергетики, створюючи несприятливі ситуації для розвитку сфери. Рішенням такого виду проблем є: затвердити Дорожню карту розвитку біоенергетики до 2050 р. або включити довгострокові цілі по біоенергетиці в оновлену Енергетичну стратегію до 2050 р.; звільнити від сплати податку за викиди CO₂ установки, що спалюють тверде біопаливо і біогаз; відтермінувати для України жорстку вимогу щодо скорочення викидів парникових газів (65%). В ЄС працює багато установок, що почали роботу до 05.10.2015, до яких вимога значно нижче – 50%; для України, врегулювати можливість вирощування сировини для виробництва рідкого біопалива на забруднених, невикористовуваних, малопродуктивних та деградованих землях [10].

Швидкозростаючий сектор біоенергетики, має великий потенціал, як для транспортного сектору так і економіки в цілому, який за допомогою грамотного підходу буде розвиватись та може стати одним із ключових джерел доходу країни.

Список літератури:

1. Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics (Авт. Вольфгам Левін / Wolfgang Lehmacher, правильно – Wolfgang Kersten та ін.) – базова академічна книга, що охоплює концепції сталого транспортного ланцюга, ефективності, екологічних показників.

2. Scown C.D., Keasling J.D. Sustainable manufacturing with synthetic biology. *Nat Biotechnol* 40, 304–307 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41587-022-01248-8>
3. Scragg A. *Biofuels: Production, Application and Development*. – Oxford : CABI Publishing, 2009. 224 p
4. Benavides P.T., Balchandani S., Gracida-Alvarez U.R. Environmental analysis of biotechnologies for biofuels, bioplastics, and bioproducts: a greenhouse gas (GHG) emissions review. *Biotechnol Environ* 1, 10 2024. URL: <https://doi.org/10.1186/s44314-024-00010-5>
5. IVECO. *IVECO – Tour d'Europe 2025*. – IVECO. URL: <https://www.iveco.com/ukraine/discover-iveco/press-room/Press-Releases/2025/IVECO--Tour-dEurope272025> (дата звернення: 17.08.2025).
6. Ukraine Bioenergy Association. *Interview: “Biomethane can make up Ukraine’s gas shortfall”*/ Ukraine Bioenergy Association. – INTELLINEWS. URL: <https://www.intellinews.com/interview-biomethane-can-make-up-ukraine-s-gas-shortfall-ukraine-bioenergy-association-372277/> (дата звернення: 10.08.2025).
7. UABIO. *UABIO news – повідомлення № 17950*. UABIO. URL: <https://uabio.org/news/17950/> (дата звернення: 10.08.2025).
8. European Biogas Association. *European Biomethane Map 2025*. European Biogas Association. URL: <https://www.europeanbiogas.eu/european-biomethane-map-2025/> (дата звернення: 09.08.2025).
9. APK-Inform. *Новина: «...»*. – APK-Inform. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/news/1533306> (дата звернення: 17.11.2025).
10. Пастух, А. В. *Основи українського законодавства у сфері біоенергетики* / А. В. Пастух. Київ : UABIO, 2023. 76 с. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/12/2.-Pastuh-A.-V.-Osnovy-ukrayinskogo-zakonodavstva-u-sferi-bioenergetyky.pdf> (дата звернення: 17.08.2025).

Prokudin G.S., Katrushenko N.A., Prokudina I.I., Daniva V.A., Salada A.T. PROSPECTS FOR THE USE OF BIOMETHANE IN FREIGHT TRANSPORT IN UKRAINE

The article considers the analysis of environmental, economic and logistical aspects of the use of biomethane in freight transport in Ukraine. Comparative indicators of greenhouse gas emissions of different fuels, the cost of biomethane production, its advantages and disadvantages in operation, the results of testing biomethane trucks, as well as the problems of transporting raw materials for biogas plants have been studied.

In the field of biomethane, problems related to Ukrainian legislation, which is not ready for new challenges, remain relevant. Ukraine exports a large amount of raw materials for biofuel plants in Europe without using these resources for its own needs. At the same time, it imports fossil fuels, which is why it loses added value, energy independence, and polluting the environment. The lack of a biomethane register, restrictions on the export of natural gas of Ukrainian origin, the lack of a basic law on its production and consumption in transport stop the development of the sector, allowing it to grow and become competitive. Possible ways to overcome this situation are the launch of a biomethane register, the development of a draft Law of Ukraine on its use as a motor fuel, the inclusion of consumption targets in the National Energy Strategy, as well as goals for the number of gas filling stations. In the long term, the introduction of the biomethane market into the Ukrainian economy will significantly increase the potential in the field of international transportation. The integration of environmental standards and the introduction of support for manufacturers can improve the situation of carriers in the European environment. The formation of the domestic market for biomethane consumption will contribute to the creation of new jobs, modernization of infrastructure, and reduction of the dependence of the economy, which is strategically important in the context of European integration processes.

Key words: biomethane, biofuel, logistics, renewable energy, transport sector, greenhouse gas emissions, economic efficiency, green technologies, bioenergy, alternative fuels, energy security.

Дата надходження статті: 24.11.2025

Дата прийняття статті: 10.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025