

УДК 629.017
UDC 629.017

Волков В. П.¹, Внукова Н. В.¹, Таран І.О.², Позднякова О. І.¹, Волкова Т.В.¹, Онищук В.П.³,
Харківський державний автомобільно-дорожній університет¹
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»²
Луцький національний технічний університет³

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ НА БІОСФЕРУ

Метою роботи явився порівняльний аналіз екологічних властивостей 100%-во біодизельних палив першого і другого покоління та визначення впливу цих палив на довкілля при їх синтезі та застосуванні (життєвий цикл). Відомо, що біопалива вважаються одним з пріоритетних напрямків зменшення емісії CO₂ внаслідок їх вуглецевої нейтральності. Перспективи розвитку альтернативних палив пов'язують з переходом на біопаливо 2-го покоління, сировиною для якого являються нехарчові види біомаси. За допомогою проведеного LCA-аналізу встановлено, що застосування навіть 100%-во біодизельних палив як першого, так і другого покоління (B₁₀₀ та HVO) поряд з безумовними перевагами з позиції скорочення емісії CO₂, приводить до появи інших екологічних проблем. Показано, що технологічні процеси виготовлення біопалива 2-го покоління по-перше вимагають суттєвих витрат енергоресурсів та приводять до утворення великих об'ємів токсичних стічних вод. По-друге потребують використання водню, для промислового виробництва якого відсутні екологічно безпечні методи. Оцінку емісії забруднюючих речовин та споживання природних ресурсів в статті проведено з використанням комп'ютерної програми «Environmental Footprint Calculator». Для оцінки екологічної безпеки застосування біопалив B₁₀₀ та HVO використовували методику LCA-аналізу і комплексне визначення кількісних показників впливу на довкілля. Доведене суттєве зменшення емісії CO₂ у порівнянні з традиційним ДП, але значне зростання споживання природних ресурсів при використанні навіть 100%-вих біопалив, як 1-го так і 2-го покоління. Результати роботи дозволять прогнозування екологічні наслідки застосування 100%-во біодизельних палив, у тому числі в умовах післявоєнної України.

Ключові слова: парниковий ефект, біодизельне паливо, LCA-аналіз, споживання природних ресурсів, транспортні засоби.

ВСТУП

Викиди парникових газів (ПГ) від транспорту збільшуються швидшими темпами, ніж із іншого сектора. На транспорт припадає 15% світових викидів ПГ та 23% від загального обсягу викидів CO₂, які пов'язані з енергетикою. Сектор значною мірою залежить від викопного палива, на частку якого припадає 96,3% всіх транспортних палив [1]. Інтенсивні роботи з переведення дизельних двигунів на біопалива проводяться у багатьох країнах. Розвиток виробництва та застосування біопалива пов'язаний із низкою глобальних причин, таких як ціни на мінеральне паливо, обмеженість запасів природних копалин, негативний вплив на екологію традиційних енергоносіїв. Частка біопалива у світовому енергобалансі становить лише 4%, а для транспортних засобів споживання становить 3%. [1, 2, 3]. Щоб зменшити залежність від палива на нафтовій основі, а також для пом'якшення наслідків зміни клімату, біопалива розглядаються як одні з перспективних альтернативних видів палива для транспорту. Основний обсяг енергії з біологічних джерел на транспорті одержують автомобілі. У роботі розглянуто питання щодо застосування на автотранспорті біодизельного палива першого та другого покоління, без домішок традиційного нафтового палива (ДП). Також проведено порівняльний аналіз впливу на довкілля двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), які працюють на традиційному ДП та альтернативних джерелах енергії.

Актуальність роботи обумовлена тим, що автомобільний транспорт на сучасному етапі являється потужним джерелом антропогенних викидів CO₂ та споживачем природних ресурсів. Тому комплексний порівняльний аналіз впливу на довкілля різних альтернативних палив (біодизельне 1-го та 2-го покоління) з традиційним ДП дозволить оцінити ефективність представлених видів палива з позиції захисту довкілля протягом життєвого циклу.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Запропоновано декілька головних напрямків зниження емісії вуглекислого газу від автотранспорту відповідно до сценарію BLUE MAP, що розглядаються Міжнародним енергетичним агентством. Основна роль у зниженні викидів CO₂ відводиться [4, 5]: підвищенню паливної економічності ТЗ (52%); застосуванню біопалив (17%); застосуванню електромобілів та автомобілів з комбінованими енергоустановками (17%); застосуванню водню (14%).

Технологічні зміни та створення інноваційних технічних засобів автомобільного транспорту являється найбільш пріоритетним напрямком зменшення впливу транспортних засобів (ТЗ) на довкілля. Цей напрямок досліджується у багатьох спеціальних статтях та виходить за рамки нашої роботи.

На нашу думку, застосування інших трьох напрямків поряд з безумовними перевагами з позиції скорочення емісії CO₂, приводить до появи інших екологічних проблем, якщо аналізувати повний життєвого цикл (LCA-аналіз).

Одним із провідних напрямків зменшення парникового ефекту визнано використання водню [5]. Цей газ можна спалювати в ДВЗ, або використовувати в паливних елементах автомобілів. Крім того, водень використовується, як сировина для промисловості, наприклад при отриманні біодизельного палива 2-го покоління. Застосування водню на транспорті також не слід вважати екологічно безпечним, якщо враховувати сучасні методи отримання чистого водню в промисловості. Середня емісія вуглекислого газу під час виробництва водню становить майже 10 г CO₂/г H₂ [6]. Виробництво з низьким рівнем викидів становить менше 1% від загального виробництва водню в останні роки. Майже все спеціалізоване виробництво водню (понад 99%) в даний час базується на викопному паливі, головним чином на паровому риформінгу природного газу та вугілля. У 2021 р. близько 70% енергетичної потреби в виробництві водню було задоволено через природний газ і близько 30 % через вугілля. Таким чином, ще на етапі отримання біодизельного палива 2-го покоління для гідрогенізації не харчових жирів використовують водень, виробництво якого сучасними технологіями посилює емісію вуглекислого газу.

Багато літературних джерел наголошують на провідній ролі біопалива у зменшенні викидів за рахунок вибору найкращих типів біопалива 1-го та 2-го поколінь, наприклад [7, 8]. На даний час 64 країни мають власні біопаливні програми. Прогнозується, що ринок біодизеля збільшуватиметься із середньорічними темпами +4,9%, що призведе до обсягу приблизно 63 млн. т. до кінця 2030 р. У 2019 р. ЄС оголосив, що обов'язковою метою є десятивідсоткове змішування компонентів відновлюваних джерел енергії зі звичайним ДП для транспортного сектора. В даний час сировиною для основної частини біодизелю є олії сільськогосподарських рослин, використання яких викликає низку негативних економічних та екологічних наслідків [9]. В основному на сучасному етапі у промисловості випускається біодизельне паливо 1-го покоління. Воно складається з метилових ефірів жирних кислот (FAME). Переваги біодизельного палива 1-го покоління були розглянуті у численних статтях. До основних переваг належать такі: вони є відновлюваним джерелом енергії; не ведуть до техногенної емісії та накопичення вуглекислого газу в атмосфері, містять дуже мало сірки. За даними більшості досліджень, у вихлопних газах двигуна що утворюються при згорянні біодизелю, значно знижується вміст вуглеводнів (в середньому на 50%), твердих частинок сажі, монооксиду вуглецю, а також ароматичних сполук порівняно з традиційним ДП. Застосування біодизельного палива в порівнянні з нафтовим ДП дозволяє знизити витрати невідновлюваних природних ресурсів на 55-65%; зменшити викиди парникових газів у 3,5-4,6 рази; знизити збитки навколишньому середовищу на 15-16%; зменшити витрати з урахуванням екологічних збитків на 40% [3]. Але такі позитивні наслідки значно залежать від долі біододатків у біодизельному паливі та становляться суттєвими у біодизельних паливах B₃₀, які практично ще не застосовуються у промислових масштабах розвинутих країн.

Незважаючи на позитивні аспекти застосування біодизелю, існує і ряд проблем. Деякі експлуатаційні характеристики біодизельного палива потребують поліпшення, це: низька окислювальна стабільність, обмежені терміни зберігання, невисока теплотворна здатність (на 5-20% менше, ніж у ДП), утворення відкладень у двигунах та ін. [10, 6, 7]. Широке поширення біодизельного палива в майбутньому може сприяти збільшенню голоду в масштабах планети та негативно вплинути на продовольчу безпеку [11]. Хоча біопаливо є вуглецево нейтральним, його виробництво супроводжується суттєвим споживанням енергії, води та земельного фонду [12]. Як нами було показано раніше [13], споживання цих ресурсів при отриманні біодизельного палива 1-го покоління перевищує аналогічну витрату при використанні ДП на 4-6% для енергії, та на 13-70% для споживання води залежно від складу біодизельного палива. Перелічені фактори вимагають переходу на біопаливо 2-го покоління, сировиною для яких мають стати нехарчові види біомаси.

Біодизельне паливо 2-го покоління – НВО складається з гідрогенізованих рослинних олій, або тваринних жирів рафінованих з використанням водню під впливом каталізатора. Лідерами застосування біодизельного палива є країни ЄС, на яких припадає 41% світового попиту на дизельні біокомпоненти, що становить 15,9 млн. т, або близько 7,4% обсягу споживання ДП в ЄС. Переважна

частка біокомпонентів, що застосовуються в ЄС – близько 85,5% (13,6 млн. т) припадає на FAME, решта 14,5% (2,3 млн. т) – це HVO. Серед рідких відновлюваних палив найменший вуглецевий слід характерний HVO – 2,2 г-екв.СО₂/МДж. Для порівняння, показник викидів викопного ДП становить 94 г СО₂екв/МДж, що практично в 6 разів перевищує відповідне значення для HVO, який отримано з відпрацьованого олії (RED 2). Але, слід також враховувати негативний вплив на довкілля в процесі виробництва HVO. Відомо, що HVO виготовляють з будь-яких відходів (комунально-побутових, харчової та деревообробної промисловості, сільського господарства). За оцінками фахівців, на кожного мешканця великого міста за рік припадає близько 4 кг таких відходів, а з стічних вод великих міст – близько 6 кг/рік. Але в таких відходах багато води, а це шкідлива домішка при отриманні біопалива 2-го покоління. Сировину необхідно сушити тому, що може бути омилення. Попередня підготовка цього виду сировини потребує значних енергетичних витрат. У країнах ЄС ресурси відпрацьованих олій оцінюються у 0,7-1,0 млн. т/рік, у Китаї – 2,5 млн т/рік. Слід зазначити, що для забезпечення світового виробництва змішаного палива В₂₀ необхідно 200-300 млн. т. ліпідів на рік. Однак, існуючі у світі запаси нехарчових ліпідів для виробництва біодизельного палива у світі малі та обмежені кількістю 10-15 млн. т. на рік, що явно недостатньо для забезпечення виробництва навіть змішаного палива [14]. У разі збільшення частки HVO у паливній промисловості отримання достатньої кількості сировини стане проблемою. При отриманні біодизелю вихід корисних продуктів становить 30% від маси вихідної сировини, а, наприклад, вихід світлих нафтопродуктів при глибокій переробці нафти досягає 70%. Тому рослинна сировина неспроможна задовільнити глобальні потреби транспортних засобів у паливі [15].

До головних переваг HVO відносяться високі показники теплоти згоряння, цетанового числа, хімічну стабільність. Можливо змішувати HVO у необмеженому співвідношенні з ДП без погіршення якості палива, або у 100% нерозбавленому вигляді. HVO є стійким до впливу мінусових температур. Він має більш високу температуру спалаху, тому його використання є безпечнішим [6, 11, 12].

На сучасному етапі біодизельні палива вже використовують ряд автомобільних корпорацій. Так дизельні двигуни DAF для серій LF, CF і XF можуть працювати на HVO без технічного переобладнання або зниження експлуатаційних характеристик автомобіля. Весь цикл виробництва та використання палива HVO супроводжується зниженням викидів СО₂ на 90%, також на 33% менше твердих частинок, на 9 % менше азоту [9]. Але ряд автоконцернів обмежують або взагалі забороняють дизельне паливо з біокомпонентами, як наприклад у дизелях Renault. Mazda Motor не допускає використання даного виду дизпалива, якщо вміст біокомпонентів становить п'ять і більше відсотків, у зв'язку з тим, що це призводить до зниження характеристик дизельного двигуна та його пошкодження. Політика Citroen полягає в допуску біодизеля, але в автомобілях з моторами, які адаптовані для використання біодизелю в країнах ЄС. Для гарантійних дизелів Mitsubishi, KIA заборонено використання біодизеля, в тому числі ДП з 5% добавкою біопалива. Volkswagen допускає використання ДП, яке відповідає європейським стандартам EN 590 при вмісту 5% біокомпоненту.

Проведений аналіз проблеми зниження викидів діоксиду вуглецю від автомобільного транспорту показує, що:

- в даний час одночасно розвиваються декілька напрямків із заміни традиційних палив на біодизельні палива для автотранспорту;
- на сучасному етапі доля біопалив у світовому ринку ДП не перевищує 4%, а ресурси для їх отримання обмежені;
- найбільш перспективним та екологічно безпечним вважається використання 100%-во біодизельних палив 1-го та 2-го покоління;
- застосування їх з позицій LCA-аналізу не є однозначним.

На нашу думку, порівняльний аналіз традиційного та альтернативних палив допоможе знайти найбільш ефективні шляхи комплексного захисту довкілля.

Метою роботи явився порівняльний аналіз екологічних властивостей 100%-во біодизельних палив першого і другого покоління та визначення їх впливу на довкілля протягом усього життєвого циклу.

Для досягнення цієї мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- оцінити витрати природних ресурсів при роботі ТЗ VOLVO на біодизельному паливі 1-го та 2-го покоління за допомогою екологічного калькулятора та порівняти їх з ТЗ, які працюють на звичайному нафтовому ДП;
- визначити позитивні та негативні фактори впливу на довкілля при використанні 100%-вих біопалив на прикладі тягачів VOLVO;

- оцінити можливість застосування біопалив у якості пріоритетного напрямку зменшення парникового ефекту та впливу на довкілля в сучасних умовах України.

РЕЗУАТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом наших досліджень являлися базові моделі автомобілів VOLVO FM, FH, FL. Для покращення екологічних показників вантажівок та визначенню шляхів зменшення їх впливу на довкілля було створено комп'ютерну програму «Environmental Footprint Calculator» [16]. Оцінку проводили з урахуванням терміну експлуатації ТЗ. Проаналізували вплив на довкілля ДП, які отримують з нафти, а також біодизельне паливо 1-го покоління (B₁₀₀) та 2-го покоління (HVO), які відповідають стандарту палива Euro 6. Позначкою B₀ позначено нафтове ДП без біододатків. Можливо також визначити масу матеріалів ТЗ, яка підлягає рециклінгу. Витрата палива у середньому складає 23л/100 км, а загальний пробіг для усіх моделей – 100000 км.

Вантажівки VOLVO з дизельним двигуном можуть заправлятися паливом HVO, яке виготовлено із відновлюваних ресурсів. Environmental Footprint Calculator, який розроблено фахівцями VOLVO, дозволяє користувачам оцінити ефективність застосування різних видів біодизельних палив на вантажівках, які обладнані дизельними двигунами, на кліматичні зміни нашої планети та здійснювати такі заходи, які забезпечують ефективне використання природних ресурсів та зменшення емісії діоксиду вуглецю протягом всього циклу експлуатації автомобіля VOLVO.

На рис. 1 представлено приклад використання природних ресурсів та емісію забруднюючих речовин протягом всього циклу експлуатації вантажівки VOLVO FL при застосуванні палива HVO та для стандартів Euro-6.

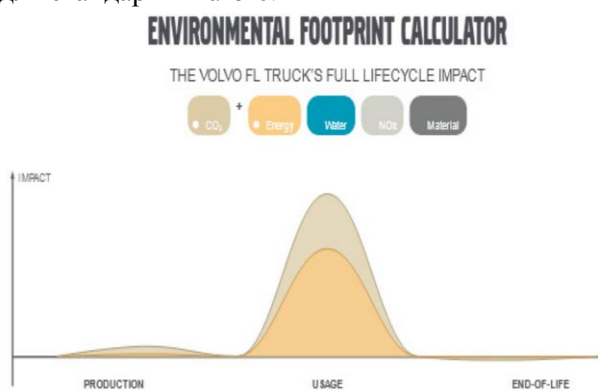


Рисунок 1 – Використання природних ресурсів та емісія забруднюючих речовин протягом всього циклу експлуатації вантажівки VOLVO FL при використанні палива HVO

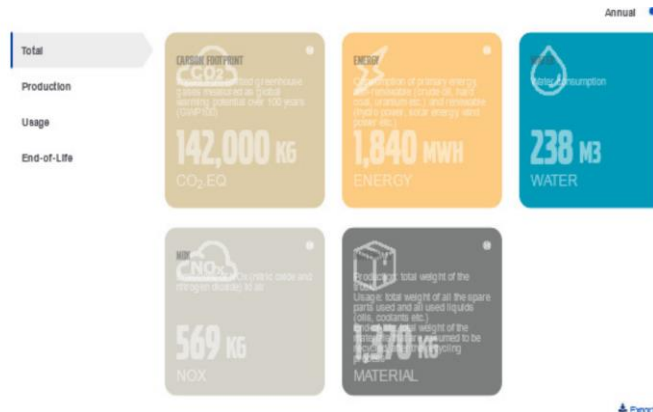


Рисунок 2 – Результати розрахунку витрати природних ресурсів та емісії забруднюючих речовин при використанні палива HVO

Результати визначення витрати матеріалів та емісії забруднюючих речовин представлено на рис. 2.

Результати розрахунків залежності емісії забруднюючих речовин та споживання природних ресурсів від виду ДП для основних моделей тягачів VOLVO наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Емісія токсичних речовин та споживання природних ресурсів різними моделями тягачів VOLVO.

Тип пального	Емісія CO ₂ , kg CO ₂ EQ	Енергії, MWh	H ₂ O, м ³	Емісія NO _x , кг	Мрец., кг
Volvo-FM					
B ₀	73200	269	85	48	314
B ₁₀₀	23500	314	1200	67	314
HVO	25200	284	961	104	314
Volvo-FH					
B ₀	73100	272	85	48	314
B ₁₀₀	23200	311	1870	67	352
HVO	24200	286	902	106	349
Volvo-FL					

B_0	73100	281	85	50	457
B_{100}	23500	312	1150	68	457
HVO	25200	289	910	105	457

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як видно з таблиці 1, суттєвої різниці в значеннях емісії та споживанні природних ресурсів для різних моделей тягачів VOLVO не спостерігається. Якщо порівняти емісію вуглекислого газу при застосуванні B_{100} з паливом HVO, то вона на 4-7% менше, ніж при використанні HVO для усіх розглянутих моделей. При застосуванні, як першого (B_{100}), так і другого (HVO) поколінь біодизельного палива спостерігається значне (приблизно у 3 рази) скорочення емісії CO_2 .

Таке значне скорочення безумовно являється головним позитивним ефектом застосування біодизельних палив. Але слід зазначити, що таке скорочення спостерігається тільки при використанні 100% біодизельного палива першого (B_{100}) чи другого (HVO) поколінь. Відомо що, на сучасному етапі в основному використовуються на практиці змішані палива у яких вміст біодизельного додатку не перевищує 10%. У деяких європейських країнах використовують чисте біодизельне паливо (B_{100} та HVO), але найбільш розповсюдженими являються біодизельні палива B_5 - B_7 [3, 4]. Так, у Франції використовують переважно 5%-ву суміш. Як нами було показано раніше [13], у цьому випадку скорочення емісії вуглекислого газу не перевищує 2-11% у порівнянні зі звичайним ДП.

За нашими даними (таблиця 1), суттєвої різниці в споживанні енергії при використанні будь яких ДП не спостерігається. Але, споживання енергії зростає на 11-16% в залежності від моделі VOLVO при використанні біодизельного палива першого покоління B_{100} . При використанні біодизельного палива другого покоління, а саме HVO, ця різниця складає від 3 до 5 %. Мабуть ця різниця пов'язана з тим, що для біопалива 2-го покоління не потрібно вирощувати сировину, що приводить до економії енергії.

Як свідчать данні табл. 1, при використанні будь якого біодизельного палива спостерігається значне зростання споживання води. У порівнянні з традиційним ДП споживання води зростає у 10-22 рази. Зростання споживання природних ресурсів, а саме енергії та води, при використанні біодизельних палив у першу чергу пов'язано з технологічними процесами їх отримання у промисловості. У процесі отримання HVO використовуються у великій кількості небезпечні реагенти, які потрапляють у стічні води та вимагають спеціальної очистки. Для досягнення кращих показників процесу потрібний більший надлишок спирту, переважно токсичного метанолу (співвідношення олія: спирт 30:1) [17]. Якщо в якості сировини використовуються біоресурси з більш складним хімічним складом, порівняно з сільськогосподарською сировиною, то на початкових стадіях технологічного процесу використовують органічні розчинники (хлороформ, гексан, толуол). Біомасу попередньо висушують і гомогенізують при підвищеному тиску і температурі, електричних імпульсах [18]. Все це робить процес отримання екологічно небезпечним та таким, який вимагає великої витрати води на очищення кінцевого продукту. Незважаючи на перелічені недоліки, даний метод очищення біодизеля від домішок зараз найпоширеніший.

На відміну від біодизельного палива 1-го покоління застосування біодизельного палива 2-го покоління не вимагає вирощування сировини. Відомо, що при вирощуванні рослин з яких отримують мастила, використовується вода. Мабуть це пояснює меншу кількість води (табл. 1), при використанні біодизельного палива 2-го покоління у порівнянні з першим.

З позиції LCA-аналізу необхідно враховувати, що при очищенні та отриманні біодизелю використовуються такі речовини, GWP (потенціал глобального потепління) яких значно більший, ніж у вуглекислого газу. Він може знаходитись в межах від 123 (для сірчаної кислоти до 2210 (для метанолу) або 2190 для каталізатора NaOH. Неминучий витік цих речовин в атмосферу лише посилюватиме парниковий ефект [19].

Як видно з таблиці 1, при використанні біодизельного палива відбувається значне зростання емісії оксидів азоту, яке неодноразово відмічалось у наукових працях, наприклад [20, 21]. За нашими даними зростає емісія оксидів азоту у 1,4-3 разів залежності від моделі вантажівки, а особливо від виду палива. За нашими даними емісія оксидів азоту при використанні HVO значно (1,5-2 рази) перевищує таку при використанні B_{100} .

Таким чином, не можливо однозначно стверджувати, що біодизельне паливо 2-го покоління краще, ніж 1-го. Дійсно, зменшується споживання води та енергії, але зростає емісія оксидів азоту та споживання енергії. Якщо враховувати екологічні проблеми з вирощуванням сировини для B_{100} та обмежені сировинні ресурси для HVO, відсутність у промисловості екологічно чистих технологій

отримання водню для гідрування жирів, необхідність очищення готових продуктів, як 1-го так і 2-го поколінь від шкідливих домішок з утворенням великої кількості забруднених токсичними речовинами стічних вод, то не можливо вважати біодизельні палива екологічно безпечними.

Вважаємо, що в умовах післявоєнної України з урахуванням обмежених фінансових ресурсів, пошкодженої дорожньо-транспортної інфраструктури, великих площ замінованих земель, зруйнованих джерел постачання електроенергії не слід очікувати швидкого впровадження біодизельних палив. В роботі [22] детально розглянуті заходи підвищення енергетичної та екологічної ефективності транспортних засобів. В Україні вони можуть бути забезпечені завдяки: заходам інформаційного характеру; встановленню обов'язкових до виконання в країні стандартів енергетичної ефективності ТЗ та їх складових; економічного стимулювання вибору більш енергетично ефективних конструкцій транспортних засобів. За даними авторів реалізація всього доступного комплексу заходів теоретично може зменшити споживання енергії дорожнім транспортом у 2050 р. орієнтовно до 65...70 % від рівня 2018 р. при цьому завдання зменшення споживання енергії та зменшення викидів CO₂, не повинні бути самоціллю і мають узгоджуватися з питаннями розвитку економіки країни, екологічними та іншими аспектами.

Стимулювання впровадження альтернативних видів моторних палив і джерел енергії (біопалив, електромобілів тощо) має здійснюватися виключно на основі комплексного аналізу їх ефективності з врахуванням всіх складових, зокрема LCA-аналізу, витрат на інфраструктуру, терміну використання транспортного засобу тощо. На наш погляд ці напрямки найбільш прийнятні для України в найближчий перспективі.

ВИСНОВКИ

Проведена оцінка емісії забруднюючих речовин та споживання природних ресурсів при використанні біодизельних палив 1-го та 2-го поколінь. Показано що при їх використанні відбувається суттєве (у 3 рази) зменшується емісії вуглекислого газу у порівнянні з традиційним ДП. Але у той же час спостерігається значне зростання споживання води, енергії та емісії оксидів азоту.

З позицій LCA-аналізу слід враховувати значне використання води та земель сільськогосподарського призначення при вирощуванні біодизельного палива 1-го покоління, утворення великої кількості забруднених стічних вод, витрат енергії при вирощуванні 2-го покоління та відсутність на сучасному етапі екологічно безпечних методів отримання водню для гідрування жирів у промисловості. Якщо долучити також і технічні проблеми застосування біодизельних палив на ТЗ, то не можливо стверджувати, що застосування біодизельних палив являється екологічно безпечним.

Проаналізовано комплексні заходи підвищення енергоефективності та скорочення емісії CO₂, які найбільш прийнятні в умовах сучасної України та показано, що застосування біопалив не може бути пріоритетним напрямком у післявоєнний період.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. IEA. 2019 Renewables 2019. Paris. See. Edenhofer et al.). Cambridge, UK and New York, NY: Cambridge University Press. [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>.
2. Global Assessments and Guidelines for Sustainable Liquid Biofuel Production in Developing Countries Global Assessments and Guidelines for Sustainable Liquid Biofuel Production in Developing Countries FINAL REPORT. Heidelberg/Paris/Utrecht/Darmstadt 29 February 2012, 195p. [Електронний ресурс] – режим доступу http://www.unecefaioifro.lsu.edu/biofuels/documents/2013Mar/bf13_18.pdf
3. Global Bioenergy Partnership. GBER. [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.globalenergy.com>.
4. RED II Оновлена європейська директива щодо відновлюваних джерел енергії. [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.fuelsdigest.com/post/red-ii>.
5. Energy Technology Perspectives. Scenarios and Strategies to 2050. — Paris: International Energy Agency, 2006. — 486 p.
6. Transport & Environment. 2020. Тейс Ван де Граф “Electrofuels? Yes, We Can. If We’re Efficient.” Briefing, December. Brussels. [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.imf.org/Publications/fandd/issues/2022/12/hydrogen-decade-van-de-graaf>
7. Achinas, S.; Euverink, G. J. W. Feasibility study of biogas production from hardly degradable material in co-inoculated bioreactor. *Energies* 2019, 2, 1040.

8. Ghanimeh, S.; Khalil, C. A.; Ibrahim, E. Anaerobic digestion of food waste with aerobic post-treatment: Effect of fruit and vegetable content. *Waste Manag. Res.* 2018, 36, 965–974
9. Європейський ринок біодизеля – зростання, тенденції, вплив COVID-19 та прогнози (2022–2027 рр. [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-biodiesel-market>.
10. Karlsson, H., Ahlgren, S., Sandgren, M. et al. Greenhouse gas performance of biochemical biodiesel production from straw: soil organic carbon changes and time-dependent climate impact. *Biotechnol Biofuels* 10, 217 (2017). [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0907-9>.
11. Ahmed J. O. The effect of biofuel crops cultivation on food prices stability and food security. april 2020. *Eurasian Journal of Biosciences* 14(1):613-621». [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.researchgate.net/profile/Jalal-Ahmed-3>
12. Bonomi, A., Klein, B. C., Chagas, M. F, Dias Souza, N R. Technical Report Comparison of Biofuel Life Cycle Analysis Tools Phase 2, Part 1: FAME and HVO/HEFA. [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://task39.sites.olt.ubc.ca/files/2019/05/Task-39-CTBE-biofuels-LCA-comparison-Final-Report-Phase-2-Part-1-February-11-2019.pdf>.
13. Volkov V., Vnukova N., Taran I., Pozdnyakova O., Volkova T. Influence of diesel vehicles on the biosphere. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2021, (5) P. 094 - 099.
14. Ioelovich M. Plant biomass: Structure, Composition and Use <https://www.researchgate.net/project/Plant-biomass-Structure-Composition-and-Use> ». [Електронний ресурс] – режим доступу <http://nizi.co.il/nauka/teknicheskie-nauki/bioenergetika-ee-sovremennoe-sostoyanie-i-perspektivy.html>, J. NIZI, No 10, 2015.
15. Жидкое биотопливо: преимущества и недостатки. [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://forestcomplex./unikalno/v-poiskah-toplivnogo-ideala-vygodno-li-ispolzovanie-biotopliva/>
16. «Environmental Footprint Calculator». [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.volvotrucks.ru/ru-ru/trucks/volvo-fh/volvo-fh-Ing1.html>.
17. Marchese M., Chesta S., Santarelli M. Lanzini A. Techno-economic feasibility of a biomass-to-X plant: Fischer-Tropsch wax synthesis from digestate gasification. *Energy*, 2021, vol. 228, p. 120581. 10.1016/j.energy. 2021.12058.
18. Conakci M., Van Jerpen G. Biodiesel production from oil and fats with HighFree Fatty Acids. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers.* 2001, v.44, №5, pp1429-1436
19. Hanna Karlsson, Serina Ahlgren, Mats Sandgren, Volkmar Passoth, Ola Wallberg & Per-Anders Hansson. Greenhouse gas performance of biochemical biodiesel production from straw: soil organic carbon changes and time-dependent climate impact. / Biotechnology for Biofuels volume 10, Article number: 217 (2017), 15p.
20. Lümmen N., Røstbø E. V. Biowaste to hydrogen or Fischer-Tropsch fuels by gasificatione – AGibbs energy minimisation study forfinding carbon capture potentialand fossil carbon displacement on the road. *Energy* , 2020, vol. 211, p. 118996. DOI: 10.1016/j.energy.2020. 118996.
21. Бугрик О. В. Розширення паливної бази дизелів транспортних засобів використанням дизельного біопалива з утилізованих відходів продовольчих жирів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Київ, 2021. [Електронний ресурс] – режим доступу: http://diser.ntu.edu.ua/Buhryk_aref.pdf
22. Редзюк, А. М., Клименко, О. А. Щодо стратегії підвищення ефективності використання енергії дорожнім транспортом. - *Науково-виробничий журнал* № 4 (256) 2018 р. с.2-10.

REFERENCES

- 1.IEA. (2019). *Renewables 2019*. Paris. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>
- 2.Global Assessments and Guidelines for Sustainable Liquid Biofuel Production in Developing Countries. (2012). Heidelberg/Paris/Utrecht/Darmstadt. Retrieved from http://www.unecfaoiufro.lsu.edu/biofuels/documents/2013Mar/bf13_18.pdf
- 3.Global Bioenergy Partnership. (n.d.). GBEP. Retrieved from <https://www.globalenergy.com>
- 4.RED II. (n.d.). Оновлена європейська директива щодо відновлюваних джерел енергії. Retrieved from <https://www.fuelsdigest.com/post/red-ii>
- 5.International Energy Agency. (2006). *Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris.

- 6.Transport & Environment. (2020). Тейс Ван де Граф “Electrofuels? Yes, We Can. If We’re Efficient.” Briefing, December. Brussels. Retrieved from <https://www.imf.org/Publications/fandd/issues/2022/12/hydrogen-decade-van-de-graaf>
- 7.Achinas, S., & Euverink, G. J. W. (2019). Feasibility study of biogas production from hardly degradable material in co-inoculated bioreactor. *Energies*, 2, 1040.
- 8.Ghanimeh, S., Khalil, C. A., & Ibrahim, E. (2018). Anaerobic digestion of food waste with aerobic post-treatment: Effect of fruit and vegetable content. *Waste Manag. Res.*, 36, 965–974.
- 9.Європейський ринок біодизеля – зростання, тенденції, вплив COVID-19 та прогнози (2022–2027 pp.). (n.d.). Retrieved from <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-biodiesel-market>
- 10.Karlsson, H., Ahlgren, S., Sandgren, M. et al. (2017). Greenhouse gas performance of biochemical biodiesel production from straw: soil organic carbon changes and time-dependent climate impact. *Biotechnol Biofuels*, 10, 217. <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0907-9>
- 11.Ahmed, J. O. (2020). The effect of biofuel crops cultivation on food prices stability and food security. *Eurasian Journal of Biosciences*, 14(1), 613-621. Retrieved from <https://www.researchgate.net/profile/Jalal-Ahmed-3>
- 12.Bonomi, A., Klein, B. C., Chagas, M. F., & Dias Souza, N R. (2019). Technical Report Comparison of Biofuel Life Cycle Analysis Tools Phase 2, Part 1: FAME and HVO/HEFA. Retrieved from <http://task39.sites.olt.ubc.ca/files/2019/05/Task-39-CTBE-biofuels-LCA-comparison-Final-Report-Phase-2-Part-1-February-11-2019.pdf>
- 13.Volkov, V., Vnukova, N., Taran, I., Pozdnyakova, O., & Volkova, T. (2021). Influence of diesel vehicles on the biosphere. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 094-099.
- 14.Ioelovich, M. (2015). Plant biomass: Structure, Composition, and Use. *J. NIZI*, 10. Retrieved from <http://nizi.co.il/nauka/teknicheskie-nauki/bioenergetika-ee-sovremennoe-sostoyanie-i-perspektivy.html>
- 15.Жидкое биотопливо: преимущества и недостатки. (n.d.). Retrieved from <https://forestcomplex./unikalno/v-poiskah-toplivnogo-ideala-vygodno-li-ispolzovanie-biotopliva/>
- 16.Environmental Footprint Calculator. (n.d.). Retrieved from <https://www.volvotrucks.ru/ru-trucks/volvo-fh/volvo-fh-lng1.html>
- 17.Marchese, M., Chesta, S., & Santarelli, M. Lanzini, A. (2021). Techno-economic feasibility of a biomass-to-X plant: Fischer-Tropsch wax synthesis from digestate gasification. *Energy*, 228, 120581. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120581>
- 18.Conakci, M., & Van Jerpen, G. (2001). Biodiesel production from oil and fats with High-Free Fatty Acids. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers*, 44(5), 1429-1436.
- 19.Hanna, K., Ahlgren, S., Sandgren, M., Passoth, V., Wallberg, O., & Hansson, P.-A. (2017). Greenhouse gas performance of biochemical biodiesel production from straw: soil organic carbon changes and time-dependent climate impact. *Biotechnology for Biofuels*, 10, 217.
- 20.Lümmen, N., & Røstbø, E. V. (2020). Biowaste to hydrogen or Fischer-Tropsch fuels by gasification – A Gibbs energy minimization study for finding carbon capture potential and fossil carbon displacement on the road. *Energy*, 211, 118996. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118996>
- 21.Бугрик, О. В. (2021). Розширення паливної бази дизелів транспортних засобів використанням дизельного біопалива з утилізованих відходів продовольчих жирів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Retrieved from http://diser.ntu.edu.ua/Buhryk_aref.pdf
- 22.Редзюк, А. М., & Клименко, О. А. (2018). Щодо стратегії підвищення ефективності використання енергії дорожнім транспортом. *Науково-виробничий журнал*, 4

V. Volkov, N.Vnukova, I.Taran, O.Pozdniakova, T.Volkova, V.Onyshchuk. Comprehensive assessment of the impact of using modern biodiesel fuels on the biosphere.

The purpose was a comparative analysis ecological properties of 100% biodiesel fuels the first and second generations and determination of their impact on the environment throughout the entire life cycle. It is known that biofuels are considered one of the priority directions for reducing CO₂ emissions due to their carbon neutrality. The industry mainly produces biodiesel fuel of the 1st generation, the manufacture of which competes with the producturing of foods. Therefore, the perspectives for the development of alternative fuels are associated with the transition to 2nd generation biofuels, the raw material for which are non-food types of biomass. The article shows that the use of even 100% biodiesel fuels, both 1st and 2nd generation (B100 and HVO), along with unconditional advantages in terms of reducing CO₂ emissions, leads

to the appearance of other environmental problems if the full life cycle is analyzed (LCA analysis). It is shown that the technological processes of the 2nd generation biofuels production require significant consumption of energy resources, lead to the formation of large volumes of toxic wastewater and the use of hydrogen, for the industrial production of which there are no environmentally safe methods of obtaining. The assessment of the pollutants emission and the natural resources consumption was carried out using the ecological calculator computer program for biodiesel fuels 1st and 2nd generations, which do not contain the additions of the oil DP. Was shown a significant reduction CO₂ emissions compared to traditional DP, but a significant increase water and energy consumption and nitrogen oxide emissions when using even 100% biofuels, both 1st and 2nd generations. To assess the environmental safety by using the B100 and HVO biofuels, LCA analysis and comprehensive determination of environmental impact indicators were used. The results of the work can be used to predict the environmental consequences by using the 100% biodiesel fuels 1st and 2nd generations on vehicles, including in the conditions of post-war Ukraine.

Key words: greenhouse effect, biodiesel fuel, LCA-analysis, consumption of natural resources, vehicles.

ВОЛКОВ Володимир Петрович, доктор технічних наук, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, E-mail: volf-949@ukr.net <http://orcid.org/0000-0003-2202-3441>

ВНУКОВА Наталія Володимирівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail vnukovanv@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-4097-864X>;

ТАРАН Ігор Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Управління на транспорті», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», e-mail: taran7077@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0002-3679-2519>.

ПОЗДНЯКОВА Олена Ігорівна, кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail pei.xadi@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7409-2839>;

ВОЛКОВА Тетяна Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет E-mail: wolf949@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0001-8546-4119>

ОНИЩУК Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: Vasyl.Onyshchuk@lutsk-ntu.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5316-408X>

Vladimir VOLKOV, doctor of technical science, head of Department of Technical Exploitation and Service of Cars, Kharkiv National Automobile and Highway University, E-mail: volf-949@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0003-2202-3441> <http://orcid.org/>

Nataliia VNYKOVA, doctor of technical science, professor, head of department of ecology, Kharkiv National Automobile and Highway University e-mail vnukovanv@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4097-864X

Igor TARAN, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Transport Management Department, Dnipro University of Technology, e-mail: taran7077@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0002-3679-2519>.

Olena POZDNYAKOVA, candidate of chemical science, association prof. of ecology department, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail pei.xadi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7409-2839

Tetiana VOLKOVA, Assistant professor, ph.d. in technical science of Department Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, E-mail: wolf949@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8546-4119>

Vasyl ONYSHCHUK, PhD in Engineering, head of the department of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University e-mail: Vasyl.Onyshchuk@lutsk-ntu.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5316-408X>

DOI 10.36910/automash.v1i20.1037