

**Статник І. І., к.с.-г.н., доцент, Науменко Р. М., здобувач вищої освіти третього рівня** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, i.i.statnik@nuwm.edu.ua; r.m.naumenko@nuwm.edu.ua)

## **ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА В ЦЕМЕНТНІЙ ПРОМИСЛОВІСТІ НА ШЛЯХУ ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

У статті розглянуто актуальні питання в сфері управління відходами виробництва та споживання, які на сьогодні потребують уваги та вирішення на всіх рівнях управління, починаючи від державного регулювання, управління на рівні територіальних громад до залучення кожного приватного домогосподарства.

Наголошено на важливості застосування сучасних методів управління відходами, що мають широкий практичний досвід впровадження в країнах Європейського Союзу та в світі, зокрема використання процесу відновлення відходів шляхом використання переважно як палива чи в інший спосіб для виробництва енергії.

Мета статті полягає в аналізі та обґрунтуванні використання альтернативного палива з побутових та промислових відходів як сучасного напрямку розвитку у сфері управління відходами виробництва та споживання в Україні та пріоритетного напрямку для досягнення цілей сталого розвитку в Україні та в світі.

При підготовці наукової публікації використано методи системного, структурно-логічного аналізу та узагальнення практичного досвіду.

Зростаюча кількість відходів виробництва та споживання, що розміщуються на полігонах та сміттєзвалищах, місцях неорганізованого складування, частина з яких переповнена та не відповідає екологічним вимогам, є одним з основних екологічних аспектів впливу на навколишнє середовище в Україні. Проблема також суттєво поглиблюється з врахуванням впливу воєнних дій в Україні.

У статті розглянуто основні проблеми у сфері розвитку системи управління відходами в Україні, проведено аналіз наукових досліджень в українському науковому полі, які мали

**практичне та теоретичне підґрунтя для застосування. Зібрано та проаналізовано тенденції розвитку системи управління та поводження з відходами в Європейському Союзі та в інших країнах світу. Представлено та проаналізовано нормативні вимоги, які встановлюються до установок спалювання відходів та сумісного спалювання в Європейському Союзі, а також характеристики технології цементного виробництва, що є визначальними для визначення можливості використання альтернативного палива з відходів.**

**Ключові слова:** сталий розвиток; відходи виробництва та споживання; управління відходами; альтернативне паливо; спалювання.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Питання управління відходами виробництва та споживання на сучасному етапі технологічного розвитку людства становить одну з найбільш глобальних проблем сучасності. Формування адекватних механізмів управління щодо накопичення, зберігання та поводження з відходами, які будуть дієвими на всіх рівнях управління, від державного до приватного домогосподарства, відповідно до ієрархії управління відходами, є одним з ключових завдань концепції сталого розвитку.

За даними Міністерства розвитку громад та територій України щорічно утворюється і видаляється на полігони та сміттєзвалища близько 9–15 млн тонн побутових відходів, з яких переробляється за різними оцінками від 5 до 10%. В умовах війни значно зросла кількість сміттєзвалищ і перевантажених полігонів, які не відповідають нормам екологічної безпеки та через відсутність належного управління створюють додаткові екологічні загрози.

Одним із дієвих інструментів управління відходами відповідно до Директиви Європейського Парламенту і Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року про відходи [1, С. 42] є інші види відновлення, наприклад з отриманням енергії, що передбачає попереднє роздільне сортування, збирання, обробку та застосування як альтернативного палива у цементній промисловості та енергетичному секторі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання управління відходами виробництва та споживання з врахуванням екологічних

аспектів впливу на довкілля в Україні розглядали Саницький М. А. (2007), Клименко М. О. та Бєдункова О. О. (2010), Статник І. І. (2013), Хруник С. Я. (2014), Трофімов І. Л. (2016) та інші [2–6].

В українському науковому полі, питання застосування альтернативних палив від оброблених побутових та промислових відходів в цементній промисловості, як одного з напрямів сталого розвитку в сфері управління відходами, розглянуто частково та потребує ширшого розгляду та додаткового дослідження.

Трофімов І. Л. та інші [4, С. 106, 109] звертає увагу на необхідність впровадження систем роздільного збору твердих побутових відходів (ТПВ), що зменшить частку компонентів, котрі не розкладаються біологічним шляхом, у загальній масі ТПВ. Це також підвищить вміст органічної складової у відходах, що захоронюються на сміттєзвалищах і полігонах з метою подальшого виробітку біогазу та подальшого його використання. Напрямок видобутку біогазу на полігонах та сміттєзвалищах є достатньо важливим, оскільки вирішує такі проблеми: перероблення органічної складової ТПВ, попередження самозаймання полігонів, з подальшим горінням та викидом діоксинів та фуранів, парникових газів, зменшення забруднення навколишнього середовища завдяки відведенню біогазу, та використання його як джерела енергії.

Реалізація проєктів видобутку біогазу такого типу дозволяють виробляти як електричну, так і теплову енергію, причому виробництво лише електроенергії є менш рентабельним. Однією з необхідних умов для проєктів є наявність поблизу звалища споживача енергії. Доцільність транспортування теплової енергії в таких випадках складає за оцінками експертів до 3 км.

Паралельно зі збором звалищного газу автором [4, С. 109] пропонується на місцях звалищ ТПВ розміщувати цехи для виробництва каталізаторів з очищення вихлопних газів. Однак це потребуватиме додаткових вартісних технологій з сортування і виділення зі шламів та відходів металів та їх оксидів для виробництва каталізаторів.

У роботі Трофімова І.Л. зі співавторами наголошується на відсутності дієвих механізмів та ефективних методів спалювання відходів на сміттєспалювальних заводах. При спалюванні в таких умовах потребується додаткова витрата палива, отримана при цьому енергія повинна використовуватись для виробництва електроенергії

та пари. Шлаки, що утворюються при спалюванні відходів на сміттєспалювальних заводах, складають до 30% від вхідного матеріалу, що потребує також вирішення питання подальшого застосування золи та шлаків. Автором зазначається, що на момент публікації наукової роботи спалювання не є ефективною технологією та не вирішує енергетичну проблему України, тому що не дозволяє отримувати альтернативних джерел енергії з відходів, а також негативно впливає на стан навколишнього середовища.

В окремих роботах українських науковців акцентовано увагу на підвищенні екологічної безпеки при співспалюванні з вугіллям в цементних печах окремих підвидів альтернативного палива на основі горючих відходів (відходи оброблення макулатури, тари пластикової дрібної, тирси деревинної, зношених автомобільних шин) на прикладі Миколаївського цементного заводу [2; 3]. Авторами проаналізовано можливі впливи на довкілля та перспективи застосування окремих видів відходів як потенційних складових альтернативного палива.

У публікаціях та роботах іноземних авторів Chatziaras, Psomopoulos та Themelis [7, С. 521, 524] зазначається, що заміна частини викопного палива на альтернативне паливо при виробництві цементу має надзвичайно важливе значення як для виробника цементу, так і для суспільства. Це дозволяє зберегти запаси викопного палива, а у випадку застосування відходів з біоскладовою – зменшити викиди парникових газів.

Процес випалу клінкеру є найбільш придатним до застосування різноманітних видів альтернативних палив, важливою складовою при цьому є контроль споживання альтернативного палива при одночасному відстеженні та контролі якості виробленого клінкеру (система управління якістю).

**Мета та завдання досліджень.** Мета досліджень полягає в оцінці впливу використання альтернативного палива та вторинних ресурсів при виробництві цементу на стан природних та штучних екосистем. Для виконання поставленої мети вирішувались такі першочергові завдання: аналіз сучасного стану проблеми накопичення, зберігання та поводження з відходами, використання альтернативного палива в цементній промисловості на шляху до сталого розвитку в Україні; аналіз вимог законодавства України, нормативних актів Європейського Союзу (ЄС) щодо застосування альтернативного палива.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні в 2021 році, найбільша кількість відходів утворюється унаслідок економічної діяльності підприємств та організацій (близько 98%). На відходи, що утворюються у домогосподарствах, припадає менше 2% [8, С. 171].

За даними Міністерства розвитку громад та територій України в населених пунктах України за 2023 рік утворилось понад 44 млн м<sup>3</sup> побутових відходів, або понад 9 млн тонн, які захоронюються на 5,6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 12 тис. га. У 2023 році відновлено близько 10,35% побутових відходів, з них: 1,6% спалено, а 8,75% побутових відходів потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні лінії (в тому числі 1,25% побутових відходів було компостовано). Кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 230 од. (3,8%), а 824 од. (13,8%) не відповідають нормам екологічної безпеки.

Обсяг відходів руйнації в Україні внаслідок війни складає близько 7,5 млн м<sup>3</sup> – це тисячі тонн цегли, бетону, скла, металопластику, мінеральної вати, пінопласту, матеріалів фасаду, а також матеріалів внутрішнього оздоблення, уламки газових, водопровідних та електромереж, побутових речей, деревини, матеріалів покрівлі, серед яких смола, руберойд, шифер. І вся ця суміш має ризик вмісту нерозірваних бомб, снарядів або мін.

Прямі збитки у сфері управління відходами станом на кінець 2023 склали 95,36 млн доларів США, орієнтовна вартість вивезення відходів руйнування будівель та споруд та завалів – 320,7 млн доларів США, а потенційні втрати прибутків підприємств з перероблення відходів оцінюються в 11,9 млн доларів США [9, С. 4].

Основою для складання прогнозів утворення відходів в Україні застосовано прогноз розвитку виробничого потенціалу, соціальної інфраструктури та транспорту, а також прогнозована чисельність населення. На основі даних Держкомстату України, Інституту демографії та соціальних досліджень НАН України, UNHCR, інформації Управління Верховного комісара ООН у справах біженців розроблено прогнози чисельності населення в Україні та відповідно прогнози утворення відходів за видами [9, С. 23–24].

Виходячи з середнього морфологічного складу ТПВ в Україні, планів щодо майбутнього повторного використання, рециклінгу та

середньоєвропейських даних щодо енергетичного складу та % виходу Refuse derived fuel (RDF) в Європі в 2010 році, ми здійснили розрахунок прогностичних даних щодо утворення та переробки складових побутових відходів в Україні на період до 2033 року. Графік представлено на рис. 1.

Окремою категорією відходів, які можуть бути застосовані в якості енергетичної складової для виробництва альтернативного палива, є відпрацьовані шини та оливи, відходи медичної допомоги (рис. 2).

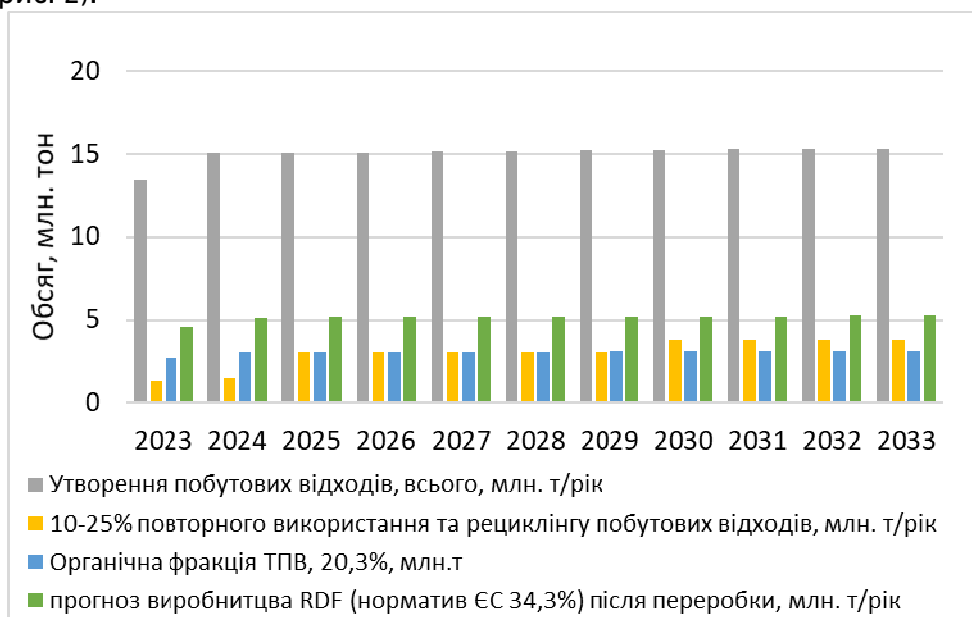


Рис. 1. Прогноз утворення та переробки побутових відходів в Україні до 2033 року

Найбільш актуальними проблемами у сфері поводження з відходами в Україні є [10]:

- накопичення великої кількості відходів, збільшення кількості несанкціонованих звалищ та перевантажених полігонів, які не відповідають нормам екологічної безпеки, подальше поглиблення екологічної кризи;

- низький рівень врегулювання питань поводження з відходами на законодавчому рівні та недостатній рівень впровадження в європейських директив і регламентів;

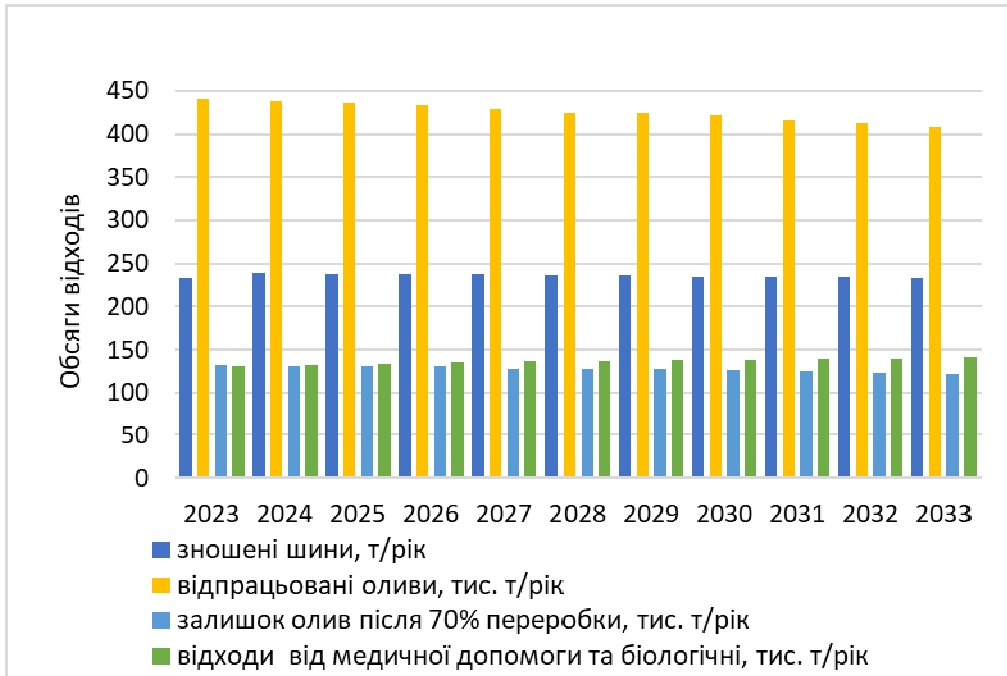


Рис. 2. Прогноз утворення зношених шин, відпрацьованих олив, медичних та біологічних відходів в Україні до 2033 року

- відсутність систем управління відходами, що могли б впроваджувати заходи відповідно до ієрархії управління відходами у порядку спадання ефективності – запобігання утворенню, перероблення, утилізація та захоронення відходів;

- слабка інституційна спроможність органів державної влади та місцевого самоврядування щодо впровадження дієвої взаємодії в системі управління відходами;

- необхідність належного інформування та навчання населення щодо методів сортування відходів та поводження з ними.

Реформи у сфері управління відходами, які поступово впроваджуються Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, передбачають:

- гармонізацію українського законодавства з вимогами законодавства ЄС у сфері поводження з відходами;

- створення умов для залучення необхідних іноземних інвестицій та європейського досвіду для будівництва в Україні сучасних інфраструктурних об'єктів зі збору та переробки відходів;

- консервація екологічно небезпечних об'єктів (закриття несанкціонованих сміттєзвалищ та рекультивацію забруднених полігонів);

- вирішення питання поводження з небезпечними відходами та відходами видобувної промисловості;

- впровадження принципів оцінки екологічних ризиків та ієрархії управління відходами та системи розширеної відповідальності виробника;

- впровадження системи екологічного навчання суспільства принципам управління відходами, сортування, роздільного збору відходів, економного та ефективного використання енергетичних ресурсів та принципів рециркуляційної економіки (в т.ч. повторного використання ресурсів).

На першому етапі впровадження реформи управління відходами прийнято Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 № 2320-ІХ, який передбачає запровадження дієвих механізмів у сфері управління відходами. Закон базується на принципах та найкращих практиках європейського законодавства.

Україною планується поступове реформування у сфері поводження з відходами та адаптація відповідних нормативно-правових актів за прикладом ЄС.

Одним з пріоритетних напрямів управління відходами виробництва та споживання, що застосовується в ЄС, є їх сортування, оброблення з метою вилучення енергетичної складової та вилучення інертних компонентів. Продукт обробки муніципальних відходів – Refuse derived fuel (RDF) у більшості європейських країн може складати 20–50% від початкової маси утворених муніципальних відходів і застосовуватись як додаткове (альтернативне) паливо на печах цементного виробництва. Це дає можливість зменшити кількість розміщених відходів на сміттєзвалищах та зменшити витрати викопного палива, включаючи зменшення шкоди довкіллю внаслідок розробки кар'єрів. Італія, Бельгія, Нідерланди та Данія є в числі країн, що мають хоча б одну цементну піч, яка використовує RDF.

За оцінками Європейської комісії, близько 115 000 тонн/рік муніципальних відходів було використано в цементних печах шляхом сумісного спалювання в 1997 р. та більш ніж 300 000 тонн/рік RDF, вироблених з муніципальних відходів, було співспалено в цементних



печах ЄС у 2003 [11, С. 37].

В Україні перші зразки RDF як альтернативних палив були вироблені та застосовані у 2009 та 2013 роках (рис. 3).



Рис. 3. Зразок матеріалу RDF, виробленого в 2013 році в Україні (м. Рівне)

Іншим підвидом альтернативного палива, що широко застосовується у ЄС та в інших державах світу є SRF (Solid Recovered Fuel) – вид альтернативного палива, що отримується з безпечних промислових та муніципальних відходів і містить матеріали з високим калорійним вмістом.

Так, наприклад, в Італії в 2019 році установками сумісного спалювання відходів за дослідженнями ISPRA було використано 393 тис. тонн SRF, з них на підприємствах цементної галузі 290 тис. тонн [12].

Німеччина є однією з країн, де питання застосування альтернативного палива досліджувались на глибокому рівні та має значний європейський досвід. Уперше альтернативне паливо з

використаних шин було використано у 1950 році. У 1980 р. було налагоджено постійне використання альтернативних палив концерном «Brennstoff aus Müll» (BRAM) у Вестфальській цементній промисловості Німеччини. У 1987 р. менше 5% викопного палива було замінено альтернативним паливом, а у 2015 р. – використання альтернативного палива в цементній галузі Німеччини зросло майже до 62%.

У цементній промисловості Європейського Союзу утилізується значна кількість палива, отриманого з відходів, яке замінило викопні види палива більш ніж на 75–80% на окремих заводах. Цементна промисловість робить таким чином додатковий внесок у зниження викидів парникових газів та зменшення використання природних викопних палив за рахунок заміни на альтернативні.

Заборона на захоронення неперероблених відходів на звалищах, прийнята у деяких країнах-членах ЄС, призвела до того, що в експлуатацію вводиться все більше заводів з механічної та механічно-біологічної переробки відходів. Внаслідок цього все гостріше постає питання про утилізацію попередньо перероблених фракцій відходів. Після належної переробки окремі фракції відходів можуть відповідати вимогам до екологічно прийняттого повторного використання на цементних заводах.

Цементна промисловість країн ЄС-27 вже багато років займається регенерацією вибраних потоків відходів. Ця галузь промисловості, яка традиційно споживає значну кількість невідновлюваних природних ресурсів, бере активну участь у використанні відходів для збереження цих ресурсів, не виробляючи при цьому залишкових шлаків [13, С. 17].

Для забезпечення екологічної безпеки процесу відновлення відходів шляхом використання переважно як палива чи в інший спосіб для виробництва енергії Директива 2000/76/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 4 грудня 2000 року Про спалювання відходів [14, С. 96–97] встановлює наступні вимоги до сміттєспалювальних установок та установок сумісного спалювання відходів:

- експлуатація сміттєспалювальних установок повинна відбуватися з досягненням загального вмісту загального органічного вуглецю (ТОС) у шлаку менш ніж 3% або втрати при прожарюванні

були менш ніж 5% сухої ваги матеріалу. При потребі застосовуються відповідні технології підготовки відходів;

- комплекси сумісного спалювання повинні бути спроектовані, обладнані, змонтовані та експлуатуватись так, щоб температура газу після останнього контрольованого нагнітання повітря для горіння навіть за найгірших умов піднімалася протягом двох секунд до 850° С. Температуру слід вимірювати біля внутрішньої стінки камери згоряння або в іншій відповідній точці камери. При спалюванні небезпечних відходів, з вмістом більше 1% галогенованих органічних речовин у вигляді хлору, температура повинна підніматися до 1100° С мінімум за дві секунди;

- автоматична система попередження подачі сміття повинна бути встановлена на сміттєспалювальних установках та комплексах сумісного спалювання та використана при:

(а) запуску, до досягнення температури 850° С або 1100° С, залежно від потреби або температури;

(б) у випадку, коли температури 850° С або 1100° С, залежно від потреби, не утримуються;

(в) у випадку, коли вимірювання, здійснення яких вимагається Директивою, показують перевищення граничних величин емісії через неполадки або поломки очищувальних пристроїв.

Процес виробництва клінкеру в цементному виробництві з огляду на його технологічні характеристики дає змогу екологічно безпечним способом використовувати відходи з метою утворення енергії. Ключові характеристики технологічного процесу випалу клінкеру можна підсумувати таким чином [13, С. 18; 15, С. 59]:

-максимальна температура на основному пальнику обертової печі – приблизно до 2000° С;

-тривалість перебування газу в обертовій випалювальній печі – близько 8 секунд за температур понад 1200° С з окисною газовою атмосферою;

-температура матеріалу в зоні спікання складає близько 1450° С;

-час перебування газу у вторинній системі випалювання – понад 2 секунди за температур понад 850° С; а час перебування в попередньому кальцинаторі значно довший, і температури в ній вища (для печей сухого способу);

-температури твердих речовин у вторинній системі та/або кальцинаторі складають 850° С (для печей сухого способу);

-умови згорання є рівномірними за коливань навантаження внаслідок високих температур та достатньо тривалого часу перебування в печі;

-розкладання органічних забруднюючих речовин відбувається під дією високих температур за достатньо тривалого часу перебування в печі;

-поглинання газоподібних сполук, таких як HF, HCl, SO<sub>2</sub>, лужними реагентами клінкерного матеріалу;

-висока здатність до утримання зв'язаних з твердими частками важких металів; хімічно-мінералогічне включення нелетких важких металів у склад клінкеру;

-повна утилізація золи-виносу від спалювання палива в якості компонентів клінкеру, одночасно часткове заміщення золю сировинних матеріалів та збереження енергії;

-зола, що характерна для конкретного продукту при його звичайному спалюванні, не утворюється, оскільки матеріал повністю використовується у клінкерній матриці.

З огляду на характеристики технологічного процесу випалу клінкеру, цементною промисловістю Європи застосовується значна кількість відповідно підготовленого альтернативного палива з комунальних та промислових відходів [13, С. 17–18]. Перелік відходів, що використовуються цементними заводами ЄС достатньо різноманітний (таблиця).

Таблиця

Типи відходів, що використовувались як паливо для цементних печей у країнах ЄС-27 в 2003 та 2004 роках

№ групи (1)	Типи палива з відходів (небезпечні та такі, що не є небезпечними)
1	Деревина, папір, картон
2	Текстиль
3	Пластмаси
4	Перероблені фракції (наприклад, паливо з твердих побутових відходів)
5	Гума/покришки
6	Промисловий шлам
7	Шлам з комунально-побутових стічних вод
8	Тваринне борошно, жири
9	Відходи вугілля / вуглецеві відходи

## продовження таблиці

10	Сільськогосподарські відходи
11	Тверді відходи (просочена тирса)
12	Розчинники та пов'язані з ними відходи
13	Нафта та нафтовмісні стічні води
14	Інші відходи
(1) Кожна група охоплює кілька позицій Європейського каталогу відходів (EWC)	

На сьогодні у світовій практиці використовуються різні види відходів у якості сировини та/або палива. Вибір типу матеріалу, що буде застосовуватись як альтернативне паливо, має враховувати різні базові принципи, як-от правильний вибір відходів та поглиблена процедура аналізу складу та властивостей відходів та їх попередньої переробки, відповідність їх вимогам споживача. Попереднє сортування та переробка відходів повинна здійснюватися таким чином, щоб витримувати в майбутньому стандарти якості клінкеру, оскільки зола-винос повністю адсорбується в склад клінкерного продукту. На питання, який вид відходів, зрештою, можна використовувати на конкретному підприємстві, не можна дати однозначної відповіді. Доцільною може бути розробка технічних умов на альтернативне паливо для конкретного цементного підприємства з врахуванням всіх факторів, що впливають на технологічний процес, включаючи якість вхідного альтернативного палива та якість вихідного клінкеру.

Міркування та рішення повинні базуватися на таких факторах, як характер процесу виробництва клінкеру та умови роботи, склад сировинної суміші та основного палива, що використовується в технологічному процесі, склад і властивості альтернативного палива, точки живлення, технологія очищення димових газів, що використовується, наявні проблеми з керування відходами в регіоні та вимоги існуючих європейських і національних норм.

**Висновки.** Використання альтернативного палива з перероблених відходів у цементній галузі є одним з основних напрямів сталого розвитку та дозволяє підприємствам цементної галузі в Європейському Союзі та в інших країнах світу вирішувати глобальні проблеми енергетичного менеджменту, споживання первинних ресурсів та поводження з відходами. Багаторічний світовий досвід цементних підприємств показує, що використання

відходів як альтернативного палива для цементних підприємств України є екологічно та економічно виправданим. Переваги від використання альтернативних видів палива як заміника викопного палива повинні бути забезпечені наявністю відповідного рівня контролю викидів та системи контролю якості вхідних матеріалів та цементного клінкеру.

Повоєнна структура економіки України повинна зосередитись на використанні сучасних методів переробки та повторного використання відходів, а також технологій їх рециклінгу та відновлення на противагу до довоєнної економіки, яка зосереджувалась більшістю на споживанні природних ресурсів. В такому контексті подальші дослідження в сфері застосування альтернативних палив на підприємствах цементної галузі та енергетики в Україні є надзвичайно актуальними і сприятимуть вирішенню екологічних проблем. Застосування альтернативного палива в цементній промисловості та енергетичному секторі є одним із основних напрямів, що сприяють зменшенню обсягів відходів, які потребують захоронення. Як наслідок, знижується рівень заповнення сміттєзвалищ і викидів парникових газів. Додатковий екологічний ефект полягає у зменшенні використання викопного палива та сировинних матеріалів, що скорочує площі розробки кар'єрів для видобутку корисних копалин.

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance), 18.02.2024, Document 02008L0098-20240218. P. 1–59. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0098-20240218>. (дата звернення: 10.11.2024). 2. Саницький М. А., Хруник С. Я., Мазурак О. Т., Кіракевич І. І. Екологічні аспекти спалювання вторинних паливних матеріалів у цементних печах. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2007. № 602. С. 158–163. 3. Хруник С. Я. Підвищення екологічної безпеки при використанні альтернативного палива в цементному виробництві : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2014. URL: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/4700/1/an2505.pdf>. (дата звернення: 10.11.2024). 4. Трофімов І. Л., Яковлева А. В., Іванченко О. В., Верягіна Л. С. Аналіз потенціалу твердих побутових відходів як сировини для виробництва альтернативних палив в Україні. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2016. № 2. ISSN 1813-5420 5. Утилізація твердих

побутових відходів : навч. посіб. / М. О. Клименко, А. М. Рокочинський, О. О. Бедункова, Є. З. Маланчук, Р. В. Жомирук, С. Ю. Громаченко. Рівне, 2010. 307 с. **6.** Статник І. І. Обґрунтування доцільності використання альтернативного палива на ПАТ «Волинь-Цемент». *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки*. 2013. Вип. 1 (61). С. 107–112. **7.** Chatziaras N., Psomopoulos C. S., Themelis N. J. Use of alternative fuels in cement industry. *Proceedings of the 12th International Conference on Protection and Restoration of the Environment*. Skiathos Island, Greece, 29 June–3 July 2014. Vol. 1. Pp. 521–529. URL: [https://www.researchgate.net/publication/263714046\\_Use\\_of\\_alternative\\_fuels\\_in\\_cement\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/263714046_Use_of_alternative_fuels_in_cement_industry). (дата звернення: 10.11.2024). **8.** Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. 2024. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>. (дата звернення: 10.11.2024). **9.** Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Проєкт національного плану управління відходами України до 2033 року. 27.05.2024. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/05/Proyekt-NPUV-10.docx>. (дата звернення: 10.11.2024). **10.** Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Реформи з ефективного управління відходами. 2024. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/reformy/efektyvne-upravlinnya-vidhodamy/>. (дата звернення: 10.11.2024). **11.** Gendebien A., Leavens A., Blackmore K., Godley A., Lewin K., Whiting K.J., Davis R., Giegrich J., Fehrenbach H., Gromke U., del Bufalo N., & Hogg D. Refuse Derived Fuel, current practice and perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3) : Final Report. European Commission–DG Environment, July 2003. URL: <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/rdf.pdf>. (дата звернення: 10.11.2024). **12.** Ecostar Srl. The SRF market in Italy and Europe: insights and an Ecostar case study. Vicenza, Italy, 12.08.2024. URL: <https://ecostar.eu.com/the-solid-recovered-fuels-industry-in-europe-challenges-and-limits-ecostar/>. (дата звернення: 10.11.2024). **13.** Шорхт Ф., Коурті І., Скалет Б. М., Рудьє С., Санчо Л. Д. Довідковий документ з найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ) для виробництва цементу, вапна та оксиду магнію. Директива щодо промислових викидів 2010/75/EU (Комплексне запобігання та контроль забруднень). Іспанія, 2013. URL: <https://www.doi.org/10.2788/12850>. (дата звернення: 10.11.2024). **14.** DIRECTIVE 2000/76/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the incineration of waste, 04.12.2000. *Official Journal of the European Communities*. 28.12.2000. L 332. P. 91–111. **15.** ICS 13.040.40. Об'єднання німецьких інженерів. Контроль відхідних газів. Цементні заводи. VDI 2094, березень 2003. С. 1–72.

## REFERENCES:

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance), 18.02.2024, Document 02008L0098-20240218. P. 1–59. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0098-20240218>. (data zvernennia: 10.11.2024).
2. Sanytskyi M. A., Khrunyk S. Ya., Mazurak O. T., Kirakevych I. I. Ekolohichni aspekty spaliovannia vtorynnykh palyvnykh materialiv u tsementnykh pechakh. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika»*. 2007. № 602. С. 158–163.
3. Khrunyk S. Ya. Pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky pry vykorystanni alternatyvnoho palyva v tsementnomu vyrobnytstvi : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk. Ivano-Frankivskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet nafty i hazu, 2014. URL: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/4700/1/an2505.pdf>. (data zvernennia: 10.11.2024).
4. Trofimov I. L., Yakovlieva A. V., Ivanchenko O. V., Vieriahina L. S. Analiz potentsialu tverdykh pobutovykh vidkhodiv yak syrovyny dlia vyrobnytstva alternatyvnykh palyv v Ukraini. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2016. № 2. ISSN 1813-5420
5. Utylizatsiia tverdykh pobutovykh vidkhodiv : navch. posib. / M. O. Klymenko, A. M. Rokochynskiy, O. O. Biedunkova, Ye. Z. Malanchuk, R. V. Zhomyruk, S. Yu. Hromachenko. Rivne, 2010. 307 s.
6. Statnyk I. I. Obhruntuvannia dotsilnosti vykorystannia alternatyvnoho palyva na PAT «Volyn-Tsement». *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Silskohospodarski nauky*. 2013. Vyp. 1 (61). S. 107–112.
7. Chatziaras N., Psomopoulos C. S., Themelis N. J. Use of alternative fuels in cement industry. *Proceedings of the 12th International Conference on Protection and Restoration of the Environment*. Skiathos Island, Greece, 29 June–3 July 2014. Vol. 1. Pp. 521–529. URL: [https://www.researchgate.net/publication/263714046\\_Use\\_of\\_alternative\\_fuels\\_in\\_cement\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/263714046_Use_of_alternative_fuels_in_cement_industry). (data zvernennia: 10.11.2024).
8. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2021 rotsi. 2024. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>. (data zvernennia: 10.11.2024).
9. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Proiekt natsionalnoho planu upravlinnia vidkhodamy Ukrainy do 2033 roku. 27.05.2024. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/05/Proyekt-NPUV-10.docx>. (data zvernennia: 10.11.2024).
10. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Reformy z efektyvnoho upravlinnia vidkhodamy. 2024. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/reformy/efektyvne-upravlinnya-vidhodamy/>. (data zvernennia: 10.11.2024).
11. Gendebien A., Leavens A., Blackmore K., Godley A., Lewin K., Whiting K.J., Davis R., Giegrich J., Fehrenbach H., Gromke U.,



del Bufalo N., & Hogg D. Refuse Derived Fuel, current practice and perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3) : Final Report. European Commission–DG Environment, July 2003. URL: <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/rdf.pdf>. (data zvernennia: 10.11.2024). **12.** Ecostar Srl. The SRF market in Italy and Europe: insights and an Ecostar case study. Vicenza, Italy, 12.08.2024. URL: <https://ecostar.eu.com/the-solid-recovered-fuels-industry-in-europe-challenges-and-limits-ecostar/>. (data zvernennia: 10.11.2024). **13.** Shorkht F., Kourti I., Skalet B. M., Rudie S., Sancho L. D. Dovidkovyi dokument z naikrashchykh dostupnykh tekhnolohii ta metodiv upravlinnia (NDTM) dlia vyrobnytstva tsementu, vapna ta oksydu mahniuu. Dyrektyva shchodo promyslovykh vykydiv 2010/75/EU (Kompleksne zapobihannia ta kontrol zabrudnen). Ispaniia, 2013. URL: <https://www.doi.org/10.2788/12850>. (data zvernennia: 10.11.2024). **14.** DIRECTIVE 2000/76/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the incineration of waste, 04.12.2000. *Official Journal of the European Communities*. 28.12.2000. L 332. P. 91–111. **15.** ICS 13.040.40. Obiednannia nimetskykh inzheneriv. Kontrol vidkhidnykh haziv. Tsementni zavody. VDI 2094, berezen 2003. S. 1–72.

---

**Statnyk I. I., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Naumenko R. M., Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **USE OF ALTERNATIVE FUELS IN THE CEMENT INDUSTRY ON THE PATH TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**The article addresses pressing issues in the field of production and consumption waste management, which require attention and solutions at all levels of governance. These levels include state regulation, management at the level of territorial communities, and the involvement of individual private households.**

**The importance of applying modern waste management methods is emphasized. These methods have proven practical value and are widely implemented in European Union countries and worldwide. In particular, the focus is on waste recovery processes, primarily through its use as fuel or in other ways for energy production.**

**The purpose of the article is to analyze and substantiate the use of alternative fuels derived from household and industrial waste as a modern development trend in the field of production and consumption**

**waste management in Ukraine, as well as a priority direction for achieving sustainable development goals in Ukraine and globally.**

**The preparation of this scientific publication involved the use of methods such as systemic and structural-logical analysis, as well as the generalization of practical experience obtained.**

**The increasing amount of production and consumption waste disposed of in landfills, dumpsites, and unorganized storage locations, many of which are overfilled and fail to meet environmental standards, is one of the primary environmental factors impacting Ukraine's ecosystem. This issue is further exacerbated by the effects of military actions in Ukraine.**

**The article addresses the main challenges of the waste management system development in Ukraine and analyzes key scientific research in Ukrainian academic field that provided practical and theoretical foundation for application. The trends in waste management system development in the European Union and globally were collected and examined. Regulatory requirements for waste incineration and co-incineration plants in the European Union, as well as the characteristics of cement production technology that are crucial for assessing the feasibility of using alternative fuel derived from waste, are presented and analyzed.**

***Keywords:* sustainable development; production and consumption waste; waste management; alternative fuel; co-incineration.**