

УДК 330

Підлісна О.А.

канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ»

Філозоф В.М.

Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ

ECONOMIC EFFICIENCY OF UTILIZATION OF THE INDUSTRY SECOND WASTES

У статті розглянуті питання утилізації вторинних відходів промисловості з позиції економічної доцільності та запропоновано шляхи їх вирішення. Проаналізовано економічний аспект використання відходів чорної металургії.

В статье рассмотрены вопросы утилизации вторичных отходов промышленности с позиции экономической целесообразности и предложены пути их решения. Проанализирован экономический аспект использования отходов черной металлургии.

The article deals with disposal of secondary wastes industry from the perspective of economic feasibility and proposed solutions. Analyzed the economical aspect of waste ferrous metallurgy.

Ключові слова: ефективність, відходи, промисловість, шлак, чорна металургія.

Вступ. Ефективність виробництва в Україні в сучасних умовах господарювання відчутно залежить від раціонального підбору і застосування економічних ресурсів. Конкурентоспроможність промислових підприємств формується за рахунок регулювання собівартості продукції. Сучасні технологічні інновації дають змогу розглядати вторинні відходи промисловості як додаткове джерело сировини і матеріалів. Крім того, глобалізація суспільства формує передумови гарантування суспільної екологічної безпеки. Саме тому проблема промислових відходів стає питанням позиції держави у світових рейтингах.

Україна як промислово орієнтована держава, яка має у ВВП істотну частку великої промисловості, шукає шляхи оптимізації технологій поводження з промисловими відходами. Це зумовлено, з одного боку, наявністю ресурсів вторинної сировини, які постійно поповнюються, а з іншого – науково-технічними розробками, що досліджують питання утилізації відходів. Практичним вирішенням проблем ефективності використання вторинних відходів промисловості серед вітчизняних учених займаються В.М. Костяков, О.Й. Шинський, В.Р. Макагон, В.Л. Найдек, Г.М. Григоренко, Ю.В. Уткин.

Постановка завдання. Метою наданої роботи є економічне обґрунтування підходів до утилізації відходів промисловості шляхом вирішення завдань систематизації наявного термінологічного апарату з питань поводження

з промисловими відходами, дослідження методів класифікації промислових відходів і узагальнення на підставі сучасних напрацювань, систематизації відходів промисловості за коефіцієнтом корисності і оцінки придатності відходів до вторинного використання. Наукова новизна роботи полягає у визначенні економічної ефективності вторинних відходів через коефіцієнт корисності. Основний акцент зроблено на дослідженні корисності відходів чорної металургії. Зроблено спробу визначити ефективність застосування технологій з переробки відходів чорної металургії.

Методологія. Теоретичну і методологічну основу досліджень становлять наукові праці і методичні розробки провідних науковців, законодавчі і нормативні акти України, що регламентують поводження з промисловими відходами. При виконанні роботи застосовували метод наукового аналізу, систематизації та обробки статистичних даних.

Результати дослідження. Відходи — будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення. В умовах ринкової економіки відходи також є об'єктом права власності і, це право може переходити від однієї особи до іншої [1].

Базовою класифікацією відходів є класифікація за фізичним (агрегатним) станом (рис. 1).

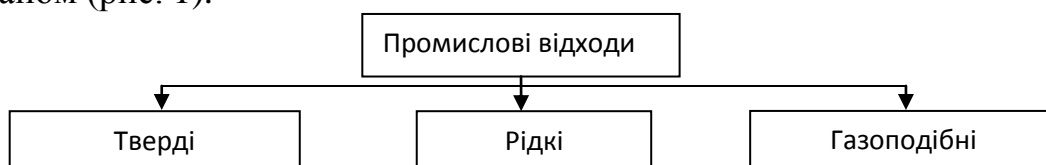


Рис. 1. Класифікація промислових відходів за агрегатним станом

Основна увага традиційно приділялася рідким і газоподібним відходам — промисловим забрудненням води і повітря. Саме вони ставали об'єктом першочергового контролю і регулювання. Поширеним методом утилізації твердих відходів був і залишається метод фізичного захоронення під шаром ґрунту. Цей метод є формалізованим і за своєю суттю відтерміновує питання безпеки у часі. У прибережних містах відходи протягом століть просто скидалися в море. Такі методи базуються на уявленні про поступовість у часі фізико-хімічних процесів перетворень відходів на природне середовище з урахуванням часткової консервації їх ґрунтом. Екологічні наслідки поховання сміття через забруднення підземних вод і ґрунтів проявляються через декілька років або навіть через декілька десятків років.

Усвідомлення суспільством питань глобальної безпеки стимулювало актуалізацію законодавчого регулювання цих питань. Але законодавче регулювання з контролю якості стану води і повітря стимулювало і збільшення твердих токсичних відходів, оскільки всі методи очищення газоподібних і рід-

ких мас призводять до концентрації забруднювачів у твердій речовині: в мулі, осадах, золі і т.п. [2]. Загальний обсяг відходів у світі сягає майже 800 млрд. т, з них твердих відходів понад 300 млрд. т. ($\approx 38\%$).

Наукові джерела [3]: класифікують тверді промислові відходи за такими ознаками:

- за галузями промисловості (відходи паливної, металургійної, хімічної та інших галузей);
- за конкретними виробництвами (відходи сіркокислотного, содового, фосфорокислотного та інших виробництв);
- за агрегатним станом (тверді, рідкі, газоподібні);
- за здатністю до горіння (горючі та негорючі);
- за методами переробки;
- за можливостями переробки (вторинні матеріальні ресурси (ВМР), що переробляються або плануються надалі перероблятися, і відходи, що на даному етапі розвитку економіки переробляти недоцільно);
- за рівнем небезпеки (промислові відходи поділяються на чотири класи небезпеки).

Комплексною вважається класифікація відходів за класами небезпеки [4], де перший — надзвичайно небезпечні, другий — високонебезпечні, третій — помірно небезпечні, четвертий — малонебезпечні

Клас небезпеки відходів встановлюється залежно від вмісту в них високотоксичних речовин розрахунковим методом або згідно з переліком відходів, наведеним у Державному класифікаторі відходів. На всі види відходів розробляються технічні паспорти згідно з Міждержавним стандартом ДСТУ 2195-93, дія якого поширюється на 10 країн СНД.

Сучасні технології переробки відходів промисловості, наприклад шлаків та відходів промислового сільського господарства, комунально-побутових відходів, надають їм статусу джерела або сировини для виробництва чи видобутку альтернативних видів палива.

Особливий інтерес промислові підприємства виявляють до твердих промислових відходів як до вторинного ресурсу або додаткового джерела сировинних компонентів.

Чорна металургія — одна з провідних галузей важкої промисловості, яка охоплює виробництво чорних металів та спорідненої сировини і напівфабрикатів. До чорної металургії входить видобуток усіх видів чорних металів та виробництво з них (чавун, прокат чорних металів, сталь, феросплави, а також вторинні виробництва: сталеві і чавунні труби, порошки чорних металів та металеві вироби індустріального призначення). До чорної металургії належать також галузі, що видобувають і переробляють флюсові вапняки, кокс, вогнетривкі матеріали й інші продукти, які є сировиною для виробництва чорних металів

Шлак є побічним продуктом як чорної, так і кольорової металургії [5]. При виплавці чавуну і сталі утворюються сплави (шлаки), що містять кремній, магній, кальцій, алюміній, залізо, марганець. У металургійному виробництві 80 % від загальної кількості твердих промислових відходів становлять саме шлаки. Класифікація шлаків подана на рис. 2.

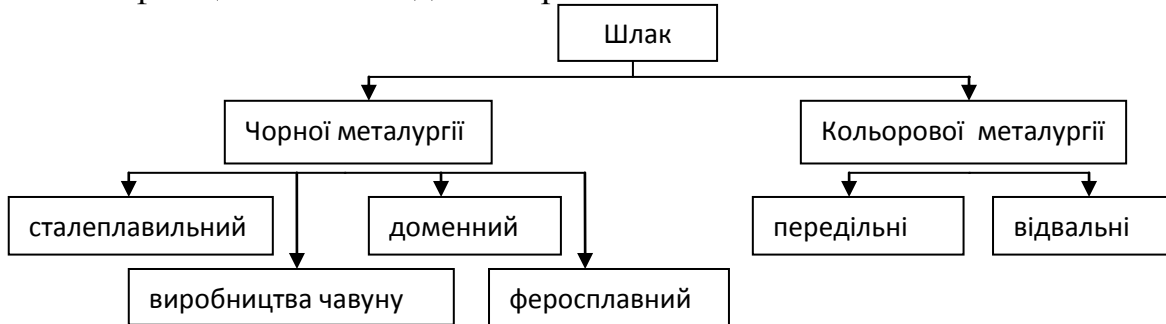


Рис. 2. Класифікаційні види шлаків як відходів промислових підприємств.

З економічної точки зору корисність шлаків промислових підприємств можна оцінити за ступенем утилізації. У табл. 1 зроблено спробу систематизувати корисність шлаків за вмістом хімічних елементів.

Таблиця 1

Вміст корисних елементів у промислових шлаках

Вид шлаку	Перелік корисних хімічних елементів	Вихід шлаку, %	Ступінь утилізації, %
Шлак сталеплавильний	Марганець, залізо, окис кальцію, а також смарагди, сапфіри, топази, аметисти, димчатий і чорний агат, рідкісні метали і золото	50	70
Шлак феросплавний	Залізо, карбонати, кремній	50	70
Шлак виробництва чавуну	Ванадій, марганець, ніобій, а також кремній, магній, кальцій, алюміній, залізо	50	80
Шлак передільний	Нікель, мідь, титан, ванадій	90	70
Шлак відвальний	Оксиди металів	90	10

* Таблиця складена авторами на основі технологічних карт [5-7].

Утилізація доменних шлаків досягає 80 %. Їх застосовують у масовому виробництві повного асортименту будівельних деталей (блоків, плит і т.д.). З доменного шлаку виготовляють:

- гранульований шлак, який застосовується у виробництві цементу і шлакоблоків;
- пемзу — легкий заповнювач бетонів;
- щебінь;
- литі вироби (петрургія);
- шлакова вата.

Зі шлаків виробляють заміник природного гранітного щебеню, із розплавлених шлаків методом термічної обробки одержують жужільну пемзу —

термозит. Дослідження показали [6], що найбільший економічний ефект досягається при виробництві з доменних шлаків жужільної пемзи і мінеральної вати. У цементній промисловості використовують гранульовані шлаки, що забезпечує довговічність, тривкість і стійкість до корозії бетонних конструкцій. Станом на сьогодні технології дають змогу усі види шлаків переробляти на добрива або будівельні матеріали (як на власне будівельні матеріали – глиняну, силікатну або жужільну цеглу, так і грубозернистий пісок, наповнювачі для залізобетонних плит і конструкцій, підсіпки основ залізничного полотна або автодоріг). Останнім часом виготовляють новий будівельний матеріал – шлакоситал, отриманий із суміші шлаку, піску, глини й інших компонентів (сферою застосування його є житлове будівництво – для покриття підлог будинків, як антикорозійний матеріал для будівельних конструкцій, для декоративного лицювання будинків, може виступати заміником кераміки, кам'яного лиття).

У чорній металургії застосовується велика кількість вогнетривких матеріалів, що порівняно швидко зношуються. Тому для того щоб використовувати їх повторно, запропонована технологія застосування зношених постарілих вогнетривких матеріалів у виробництві вогнетривкого бетону як подрібненого наповнювача.

Із сталеплавильних шлаків виготовляють щебінь для дорожнього будівництва; використовують в аглодоменному і вагранковому виробництвах з метою вилучення марганцю, заліза, окислу кальцію. Феросплавні шлаки переробляються на вапняну муку, щебінь і шлаковий пісок для будівництва, технологічний порошок для ливарного виробництва, частина їх йде на виплавку готових сплавів. Для виробництва феросплавів отримують і спеціальні шлаки шляхом комплексної переробки руди і чавунів. З природнолегованого чавуну доцільно методом окиснення переводити в шлак ванадій, марганець, ніобій і інші метали, а потім використовувати цей шлак для виробництва цих металів або їх сплавів [5].

У кольоровій металургії розрізняють шлаки передільні і відвальні. Передільні мають підвищений вміст цінних металів; утворюються як побічний продукт процесів отримання або рафінування металів (наприклад, конвертерні шлаки нікелевого і мідного виробництв або анодні шлаки рафінування міді). Іноді передільний шлак є одним з основних продуктів технологічної схеми, в якому концентрується вилучений метал (наприклад, титанові або ванадієві шлаки). Вихід шлаку істотний (так, при переробці бідних руд їх утворюється до 100—120 т на 1 т витягнутого металу), тому навіть незначний вміст кольорових металів в шлаках приводить до значних втрат. Для вилучення металів з передільних шлаків їх направляють в оборот в один з основних процесів технологічної схеми або застосовують спеціальні процеси обробки: ф'юмінгування, електроплавлення з добавкою відновника і сульфідизатора, флотацію та ін.

У відвальних шлаках концентруються оксиди металів, що не підлягають вилученню в металургійному переділі, а також різні домішки і залишкова незначна кількість цінних металів, довилучення яких за даним рівнем технології економічно недоцільне. Відвальні шлаки частково використовують для виробництва шлаковати і інших будівельних матеріалів. Безвідходні технології забезпечують повне і комплексне використання шлаків і зменшують забруднення довкілля.

Сучасна чорна металургія характеризується циклічністю попиту, світовим надвиробництвом, високими ризиками. Щорічний темп зростання виробництва сталі у світі становить у середньому 7 % на рік. Але, з урахуванням співвідношення ризику та прибутковості інвестицій частка металургії в капіталізації промисловості розвинених країн постійно зменшується, поступаючи місцем високотехнологічним галузям.

Зростання цін на ринку сталі в 2002–2008 рр. призвело до зростання інвестиційної активності в металургії. У 2007 році приріст сталеплавильних потужностей, порівняно з 2004 р., становив 240 млн т, але потужності були завантажені на 91,5 %, а перевищення обсягів виробництва над споживанням досягло 107 млн т (44,6 % від приросту виробництва).

Розвиток сучасної світової металургійної промисловості характеризується такими тенденціями [6]:

- продовжується зростання обсягів світового виробництва сталі. Найбільш високі темпи приросту виробництва демонструє Китай (понад 20 % на рік), який є одночасно і лідером з внутрішнього споживання металу. Частка окремих груп країн у світовому виробництві змінюється за рахунок підвищення частки безперервного лиття сталі та відповідного зниження витратного коефіцієнта сталі на прокат;
- високий рівень інвестицій у дослідження і розробки забезпечує розвиток технологічної і технічної бази металургійного виробництва; формує подальше збільшення надлишку виробничих потужностей;
- глобалізаційні процеси в металургії, що посилюються останніми роками, сприяють тенденціям винесенню гірничо-металургійного виробництва за межі розвинених країн. У середньостроковій перспективі в умовах відкритого ринку збільшується економічна доцільність виробництва металу в Україні, Росії, Казахстані, Бразилії, Мексиці, Китаї, Індії і Пакистані. У цих державах продовжується збільшення потужностей без скорочення їх завантаження. У той же час у високовитратних регіонах завантаження потужностей зменшиться з 95–100 до 80–85 %. Тенденцією розвитку світової гірничо-металургійної галузі є продовження консолідації, яка виявляється домінуванням транснаціональних компаній.

Таким чином, використання вторинних відходів стимулюється не тільки високими ризиками галузі, але й збільшенням вивільнених потужностей.

З метою оцінки економічної доцільності використання вторинних матеріалів (промислових відходів) необхідно зазначити місце виникнення їх у технологічному ланцюжку виробничих процесів. Відходи чорної металургії утворюються вже на стадії видобутку руди. При цьому слід зазначити, що близько 70 % пустих порід і відходів збагачення можна застосовувати для виробництва будівельних матеріалів. Підприємства чорної металургії, видобуваючи залізну руду, всі інші компоненти, у тому числі мідь, цинк, свинець, золото відправляють у відвали. Статистика свідчить [7], що Криворізький гірничозбагачувальний комбінат, одержуючи залізорудний концентрат, іншу породу відправляє у відвали, а в ній містяться смарагди, сапфіри, топази, аметисти, димчастий і чорний агат, рідкісні метали і золото. За експертними оцінками золота у відвали цього комбінату щорічно надходить близько 10 тонн і за весь час накопичилося не менш ніж 250 тонн [7].

Розподіл товарних продуктів з використанням твердих промислових відходів [8] за вагомістю у загальному випуску таких товарів подано у табл. 2.

Таблиця 2

Розподіл товарних продуктів з використанням твердих промислових відходів

Назва товарного продукту	Частка товарного продукту в структурі реалізованого товару, %
Шлак гранульований (різні види)	54
Щебінь	35
Пемза жужільна	6
Зворотні відходи для чорної металургії	4
Інші	1
Разом	100

* Таблиця складена авторами на основі статистичних даних [8].

Нині щорічно в Україні утворюється близько 1 млрд тонн твердих відходів виробництва та споживання. Тільки десята частина із них застосовується як вторинні матеріальні ресурси, а решта потрапляє в сховища, шламонакопичувачі, терикони. Тверді промислові відходи на сучасному етапі займають площу 1600 км², а загальний їх обсяг досяг 25 млрд тонн, в тому числі 4,5 млрд. тонн високотоксичних.

Як показали дослідження, технологічний вихід відходів, ступінь їх утилізації та вміст корисних речовин варто оцінювати комплексним інтегральним показником. Таким показником може бути коефіцієнт корисності вторинних відходів.

$$K_{\text{кор}} = B \times U_{\text{ст}}, \% \quad (1)$$

де $K_{\text{кор}}$ – коефіцієнт корисності вторинних відходів, %;

B – вихід відходів відповідно до технологічної карти, %;

$U_{\text{ст}}$ – ступінь утилізації відходів за наявними технологіями, %.

Ранжування відходів металургії за коефіцієнтом їх корисності (як результат множення виходу відходів на тонну корисного продукту та ступеня переробки цих відходів як вторинної сировини) наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Коефіцієнти корисності відходів металургії.

Вид відходу	Коефіцієнт корисності
Шлак сталеплавильний	0,35
Шлак феросплавний	0,35
Шлак виробництва чавуну	0,40
Шлак передільний	0,63
Шлак відвальний	0,09

* Таблиця складена авторами.

Цікавим є порівняння коефіцієнта корисності вторинного відходу та частки товарного продукту на основі залучених відходів промисловості. Результати порівняння наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Розподіл товарних продуктів з використанням твердих промислових відходів за коефіцієнтом корисності відходів

Назва товарного продукту	Частка товарного продукту в структурі реалізованого товару, %	Вид відходу для виготовлення товарного продукту	Коефіцієнт корисності відходу, %
Шлак гранульований (різні види)	54	Шлак сталеплавильний	0,35
Щебінь	35		
Пемза жужільна	6		
Зворотні відходи для чорної металургії	4	Шлак феросплавний	0,35
Інші	1	Шлак виробництва чавуну	0,40
Разом	100	-	-

* Таблиця складена авторами.

Проведений аналіз показав, що рішення про доцільність використання вторинних відходів обґрунтоване технологічними аспектами, а економічна складова процесів утилізації обумовлена тільки розмірами штрафних санкцій за забруднення навколишнього середовища.

Таким чином, порівняння витрат підприємств України на збори за забруднення навколишнього середовища, на утилізацію і захоронення відходів з отриманою вартістю нового продукту показує, що економічна ефективність таких дій обумовлюється факторами:

- тоннажністю і поширеністю відходів;
- інвестиційною вартістю технологій переробки відходів;
- інноваційною складовою промислового маркетингу відходів.

Висновки. Проведені дослідження показали, що великотонажним продуцентом відходів в Україні є металургійна промисловість. Але саме ці відходи мають найбільший рівень вторинної переробки (до 90 %). Ранжування їх за коефіцієнтом корисності (як результат множення виходу відходів на тонну корисного продукту та ступеня переробки цих відходів як вторинної сировини) дало змогу сконцентрувати увагу (табл. 3) на найбільш перспективних з економічної точки зору вторинних відходах.

Аналіз інтегрального підходу до розрахунку коефіцієнта корисності також відзначає перспективні напрями технологічних досліджень процесів утилізації. Так, низький коефіцієнт корисності відвальних шлаків, виходячи із запропонованої методики розрахунку, свідчить не про непридатність цих шлаків до подальшої переробки, а про неспрямованість інноваційної думки і неузгодженість техніко-технологічних процесів.

Таким чином, дослідження визначили сфери необхідних технологічних інновацій при поводженні з відходами металургійної промисловості. Оцінено придатність відходів до вторинного використання на основі дослідження корисності відходів чорної металургії.

У роботі систематизовано термінологічну базу досліджень, систематизовано відходи металургії за показниками утворення і утилізації. Наукова новизна досліджень полягає у застосуванні відкритої наукової, статистичної інформації для визначення коефіцієнта корисності вторинних відходів, який дає змогу визначити сфери потенційних інновацій.

Література

1. Закон України «Про відходи» № 187/98-ВР від 5.03.1998 р. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua> – Ст. 1.
2. Закон України «Про альтернативні види рідкого та газового палива» № 1391-XIV від 14.01.2000 р. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua> – Ст. 1.
3. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96: № 89 від 29.02.1996р. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>
4. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів» № 1360 від 31.08.1998 р.
5. Середенко М.А. Черная металлургия Украины 1917–1957 гг. / М.А. Середенко. – К.: Знание, 1957. – 368 с.
6. Уваров В.А. Економічні проблеми розвитку чорної металургії УРСР / В.А. Уваров. – К.: Знання, 1970. – 236 с.
7. Долгоруков Ю.А. Економічне забезпечення структурної перебудови металургії України / Ю.А. Долгоруков // Економіка України. — 1995. — № 10 — С. 40–45.
8. Шапран В.К. Металургійний сектор України: тенденції розвитку [Електронний ресурс] / В.К. Шапран // Ринок цінних паперів/ — 2006.— № 18 (321). — С. 70—74. – Режим доступу: <http://www.rcb.ru/ircb/default.asp>