

**Губіна В.Г., Горлицький Б.О.**

*Інститут геохімії навколишнього середовища*

## **ПРОБЛЕМА ЗАЛІЗОВМІСНИХ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ – СИСТЕМНИЙ ПІДХІД**

*В статті послідовно проаналізовано усі види залізовмісних відходів, що утворюються на різних етапах робіт — від видобутку залізної руди до отримання кінцевої продукції гірничо-металургійного комплексу. Приймались до уваги обсяги відходів, вміст в них заліза стосовно вже накопичених в минулому відходів, так і тих, що утворюються зараз щорічно. В результаті аналізу показано, що залізовмісні відходи за обсягом, концентрацією заліза та станом технологічних розробок щодо їх застосування як вторинної сировини, є стратегічним ресурсом ГМК України першочергового значення.*

### **Вступ**

Підприємства гірничо-металургійного комплексу (ГМК), враховуючи сировинну базу залізних руд, розвинуту мережу промислових підприємств з їх видобутку та збагачення, металургійних підприємств з виробництва чавуну і сталі, заводів по виготовленню труб та іншої металевої продукції, безумовно, є і будуть залишатися стратегічним промисловим потенціалом України, що забезпечує основну долю фінансових надходжень до бюджету країни.

Відомо, що для виробки 1т сталі традиційним способом у виробництві застосовується >3т первинних природних сировинних ресурсів (залізорудні матеріали та кокс), які накопичуються навколо підприємств, забруднюючи оточуюче середовище. Крім того, в атмосферу викидаються токсичні речовини, які небезпечні для людини. Особливо це стосується людей, які проживають в містах, що безпосередньо утворились в місцях розташування промислових підприємств, гірничо-металургійних комбінатів.

При цьому очевидно, що чим повільніше будуть вводиться в експлуатацію нові мінеральні ресурси тим кращим буде навколишнє середовище. Це можливо за умови залучення до експлуатації вже накопичених техногенних ресурсів, зокрема залізовмісних відходів видобутку і збагачення залізних руд, відходів металургійних підприємств тощо.

В процесі виробництва сталевих продукції втрати металу спостерігаються на кожному етапі технологічного циклу від видобутку залізної руди до отримання сталевих прокатів. Це пояснюється використанням застарілого обладнання металургійних підприємств, низькою сплатою за викиди, скиди та розміщення відходів, недосконалим законодавством в сфері надрокористування та охорони навколишнього середовища.

Кожний спеціаліст-технолог займається ресурсозбереженням на своєму етапі виробництва. Але до цих пір не було визначеної картини скільки заліза ми втрачаємо в цілому по Україні і який вклад кожного продуценту залізовмісних відходів за обсягами та масою заліза на кожному етапі виробництва. Тому метою даної роботи є встановлення системного уявлення про обсяги втрат заліза на підприємствах ГМК України.

### **Викладення матеріалу**

За розвіданими запасами залізних руд Україна займає 3 місце в світі. Підтверджені запаси залізних руд складають майже 26 млрд. т. Вони зосереджені в 5 залізорудних районах (52 родовищах). Промислові запаси та видобуток залізних руд в Україні [1] наведено в таблиці 1.

**Таблиця 1.** Промислові запаси залізних руд України

Залізорудні райони	Кількість родовищ		Промислові запаси, тис. т.
	Всього	Знаходяться в експлуатації	
Криворізький	29	16	16 946 778
Кременчуцький	5	2	4 326 634
Білозерський	6	2	2 516 707
Керченський	8	—	1 413 749
Жовторіченський	4	2	671 875
Всього:	52	23	25 875 743

Як бачимо, основні запаси залізних руд зосереджені в Криворізькому залізорудному басейні.

Нині видобуток *багатої залізної руди* там здійснюється 3 підприємствами Кривбасу: ВАТ «Криворізький залізорудний комбінат» (КЗРК), який нині розробляє 4 родовища: ш. ім. Леніна, ш. «Гвардійська», ш. «Октябрьська», ш. «Батьківщина», ВАТ «Суша балка» (ш. ім. Фрунзе, ш. «Ювілейна») та ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» (колишнє РУ ім. Кірова) та Запорізьким залізорудним комбінатом (ЗЗРК), який розробляє Білозерське родовище.

Інформація щодо діючих підприємств України з видобутку багатих залізних руд наведена в таблиці 2. З таблиці видно, що балансових запасів багатих залізних руд в рамках проектних контурів діючих шахт нараховується понад 1 млрд. т. Щорічно видобувається з надр, в середньому близько 16 млн. т багатої залізної руди. Середня масова частка заліза в агломераційній руді Кривбасу складає 58%, ЗЗРК — 62%. ЗЗРК освоєє нині Білозерське залізорудне родовище. Родовище простягається на 2,5 км, середня потужність рудного тіла — 60 м. Розвідані запаси руд складають 300 млн. т. У складі руди, що виробляється на комбінаті і має в Україні найвищу якість, частка заліза становить 58–66%.

Проектна потужність всіх підземних рудників складає 23,4 млн. т руди на рік. Останні три роки видобуток багатої руди складає 15–16 млн. т, але виробничі потужності цих добувних підприємств вищі.

Балансових запасів багатих залізних руд вистачить, в середньому на 30 років роботи кожного підприємства. Підрахованих запасів залістистих кварцитів, які знаходяться в контурах діючих шахт вистачить на 20–30 років видобутку

В процесі видобутку здійснюється перемішування різних різновидів руди, а також туди потрапляють породи різного складу (залістисті кварцити, сланці тощо). Тому вже в процесі видобутку відбувається збіднювання залізної руди і масова частка заліза знижується на різних підприємствах з 58 до 50–54 масових %.

Для підвищення якості агломераційної руди на підприємствах здійснюється збагачення багатої руди на так званих дробильно-сортувальних фабриках (ДСФ). В Кривбасі це збагачення складається з 2–3 стадійного подрібнення та наступного розсіву рудної маси. В результаті утворюється 2 продукти: один з масовою часткою заліза 58–59% — агломераційна руда, другий з часткою <58%. Встановлено, що при подрібненні 7–15 масових % руди залишається не подрібненою і після грохочення (розподілу матеріалу за класами крупності) ці збагачені на залізо куски потрапляють у так звані відходи ДСФ, які є цінною техногенною залізозмісною сировиною, що накопичується на проммайданчиках видобувних підприємств [2]. Некондиційна фракція з масовою часткою заліза 39–45% взята на облік в Державному балансі запасів і вважається корисною копалиною загальнодержавного значення. Вона складається як залізорудна сировина, що тимчасово не використовується.

Щорічно при виробництві агломераційної руди на ДСФ кожної шахти тільки Кривбасу утворюється 200–300 тис. т некондиційної фракції рудної маси, при масовій долі заліза в ній, в середньому 43%. Тому на 7 діючих шахтах утворюється щорічно 1,75 млн. т некондиційної фракції, у складі якої знаходиться 752,5 тис. т заліза. Вважається, що на

шахтах Кривбасу вже накопичено приблизно 20 млн. т некондиційної фракції, тобто, в середньому, 6,45 млн. т заліза. Треба зазначити, що це вже подрібнена сировина, розмір кусків, що утворюються в процесі подрібнення — 10–80 мм.

*Залістисті кварцити* видобуваються і збагачуються на 6 гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК), 5 з яких знаходяться на території Кривбасу, один — ВАТ «Полтавський ГЗК» в Полтавській області. (м. Комсомольськ-на-Дніпрі)

Полтавський ГЗК розробляє 2 родовища залістистих кварцитів (Горишне-Плавнинське та Лавриковське) одним кар'єром.

ГЗК Кривбасу розробляють 8 родовищ: Інгулецьке (ВАТ «Інгулецький ГЗК»), Скелєватське (ВАТ Південий ГЗК), Новокриворізьке, Валявкінське (ВАТ ГЗК «Арселор Міттал Кривий Ріг» — колишній Ново-криворізький ГЗК), Глеєватське, Петровське, Артемівське (ВАТ «Центральний ГЗК»), Первомайське, Ганнівське (Північний ГЗК). Петровське та Артемівське родовища територіально знаходяться в Кіровоградській обл. Крім цього, Центральний ГЗК видобуває залістисті кварцити на шахті ім.Орджонікідзе підземним способом.

В структуру ГЗК входять 10 діючих кар'єрів, 2 шахти з видобутку залістистих кварцитів, 7 подрібнювально-збагачувальних комплексів, 2 агломераційних комплекси з 22 агломераційними машинами, 2 цехи з виробництва обкотишів та допоміжні цехи. Виробничі потужності ГЗК дозволяють щорічно виробляти 74,35 млн. т залістого концентрату, 21,61 млн. т обкотишів та 14,9 млн. т агломерату (таблиця 3).

При видобутку бідних залізних руд, з кар'єрів на збагачувальну фабрику потрапляють залістисті кварцити з масовою часткою заліза загального 35–37%. Кондиційними по магнітному залізу вважаються кварцити з масовою його часткою 10–14%. Магнетитові кварцити з масовою часткою заліза < 10% вважаються некондиційними і вони потрапляють у відвали ГЗК.

Аналіз відвалів ГЗК Кривбасу, проведений на початку 80-х років минулого століття показав, що окремо складуються лише окислені кварцити, на які, в свій час були підраховані запаси, і вони вважались сировиною для Криворізького гірничо-збагачувального комбінату окислених руд. Всі інші породи (некондиційні залістисті кварцити, сланці, навіть четвертинні лесовидні суглинки) складуються у змішаних відвалах [3].

В процесі збагачення залістистих кварцитів утворюються відходи, які складуються у хвостосховищах, що займають приблизно 7–10 тис га тільки в Кривбасі. Сумарний об'єм відходів збагачення близько 1,5–3,0 млрд. м<sup>3</sup>, загальна маса — 4,0–6,0 млрд. т.

За даними Мінпромполітики, тільки на ГЗК Кривбасу, щорічно утворюється близько 60 млн. т відходів збагачення, наприклад, в 2003 р. утворилось 55 791,7 млн. т відходів збагачення (таблиця 4).

Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що в поточних відходах збагачення ГЗК Кривбасу масова частка заліза загального складає 12–15 мас.%, а у лежаних відходах це значення підвищується до 19 мас.%. [4]

Дослідження щодо розподілу заліза в ємностях хвостосховищ показали, що в результаті гравітаційної диференціації поточних відходів збагачення утворюються ділянки, в межах яких масова частка заліза в лежаних відходах складає 25–35 мас.%, а магнітного заліза — 10–15 і навіть 20 мас.% [5, 6], що співвідноситься з кондиційними залістистими кварцитами, які беруться в кар'єрі

Таблиця 2. Діючі підприємства з видобутку багатих залізних руд України (за даними підприємств)

Підприємство	Шахти	Балансові запаси, млн. т	Виробнича потужність, млн. т/рік	Продукція, що випускається підприємством	Масова частка заліза, %	Обсяг видобутку, млн. т на рік		
						2006	2007	2008
ВАТ «Криворізький залізрудний комбінат» (Дніпропетровська обл.)	ім. Леніна; «Гвардійська»; «Жовтнева»; «Батьківщина»	250	2,000 2,000 1,700 2,600	руда залізна агломераційна, руда доменна кускова	56-60 47-50	7,1	7,103	6,242
ВАТ «Суха балка» (Дніпропетровська обл.)	«Ювілейна»; ім. Фрунзе; «Південна»	87,7 32,7 130	2,300 1,700	руда залізна агломераційна руда доменна кускова	56-60 47-50	3,029	2,855	2,694
Шахтоуправління ВАТ «Міттал Стіл Кривий Ріг» (Дніпропетровська обл.)	Ім. Кірова; Прохідницька; Кар'єр «Південний»	108,4	7,600	руда залізна агломераційна руда залізна до- менна	53,5 34-54,4	1,872	2,107	1,469 0,112
Запорізький залізрудний комбінат (м. Дніпрорудний, Запорізька область)	«Експлуатаційна»; «Прохідницька»	300	3,500	руда залізна маргєнівська та доменна, руда залізна агломераційна	58-66 62	4,309	4,400	4,500
Σ		908,8	23,4			16,31	16,465	15,017

**Таблиця 3.** Гірничо-збагачувальні комбінати України з виробництва залізорудної продукції (за даними підприємств)

Гірничо-збагачувальні комбінати	Кар'єри	Запаси, млрд.т	Виробнича потужність підприємства, млн. т/ рік		
			концентрат *	обкотиші	агломерат
Інгулецький	Інгулецький	1	$\frac{14}{12,63}$	—	—
Південний	Скелеватський	1,8	$\frac{14}{7,56}$	—	$\frac{5}{3,68}$
Міттал Стіл Кривий Ріг	№ 2-біс (Ново-криворізьке род.) № 3 (Валявкінське род.)	3,5	$\frac{13,5}{7,79}$	—	$\frac{9,9}{9,65}$
Центральний	№1 (Глеєватське род.)	0,37	$\frac{17,1}{5,72}$	$\frac{4,5}{1,96}$	—
	№ 3 (Петровське род.) № 4 (Артемівське род.) Род. ш. «Орджонікідзе»	0,486			
Північний	Первомайський Ганнівський	2	$\frac{11}{11}$	$\frac{9,6}{9,42}$	—
Полтавський	Горишне-Плавнинське, Лавриковське	1,67	$\frac{7,75}{10,46}$	$\frac{7,51}{9,03}$	—
«Восток-руда»	«Нова»	0,545	0,12	—	—
Всього:		11,371	$\frac{74,35}{55,32}$	$\frac{21,61}{20,41}$	$\frac{14,9}{13,33}$

\* В числівнику — виробнича потужність підприємства, в знаменнику — обсяги виробництва продукції в 2008 р.

**Таблиця 4.** Обсяги утворення відходів збагачення на ГЗК Кривбасу

№	Підприємство	Утворено відходів збагачення, млн. т		Всього утворено, млн. т
		2003	2005	
1	ВАТ «Інгулецький ГЗК»	19,9	19,5	711,4
2	ВАТ «Південний ГЗК»	9,7	10,2	518,3
3	ГЗК ВАТ «Криворіжсталь»	9,1	9,6	431,4
4	ВАТ «Центральний ГЗК»	7,0	н/д	н/д
5	ВАТ «Північний ГЗК»	9,9	н/д	н/д
	Всього:	55,6		

Окрім цього, 70% заліза, яке входить до складу відходів збагачення, знаходиться в розкритому стані (зерна рудного магнетиту вже відокремлені від нерудних мінералів). В матеріалі крупністю < 0,16 мм більше 90% магнетиту і практично весь гематит розкриті [7, 8], що говорить про менші енерговитрати за умови вторинного використання цієї техногенної сировини, тому що в гірничо-збагачувальному комплексі самою енергоємною технологією є збагачення руди (44%), де 60–70% приходить на подрібнення.

Дослідження з приводу додаткового вилучення заліза з відходів збагачення, як точних так і лежалих, з отриманням масової долі в концентраті до 63% на Криворіжжі проводились вже з 70-х років ХХ сторіччя [9, 10].

Встановлено, що залізо концентрується в нижній частині хвостосховища і вздовж дамб пульпопроводу. В ємностях більших розміром, утворюються більш сприятливі умови для гравітаційної диференціації і утворення збагачених залізом ділянок. Такі умови були створені на хвостосховищі Центрального ГЗК. Воно побудовано таким чином, що

центральна дамба пульпопроводу нарощувалась поступово і ємність хвостосховища не була поділена на карти. Треба зазначити, що підвищена масова частка заліза у відходах збагачення хвостосховища Центрального ГЗК пояснюється ще й тим, що на цьому комбінаті на протязі 25 років добувались та збагачувались окислені кварцити, що передбачало їх обпалювання в схемі збагачення. За рахунок недостатнього обпалення заліза у формі гематиту (мартиту) втрачалось і спрямовувалось у хвостосховище. З 2002 року на цьому підприємстві ведеться промислова розробка накопичених відходів збагачення з отриманням з них залізного концентрату.

Для оцінки розподілу заліза безпосередньо в хвостосховищах ГЗК і підрахунку запасів в середині 80-х років минулого століття були проведені геолого-розвідувальні роботи за рахунок державного бюджету Радянського Союзу. На хвостосховищі Центрального ГЗК пробурили 56 свердловин вздовж і навхрест дамби центрального пульпопроводу на всю глибину хвостосховища (30 м), на інших — по 20 свердловин вздовж дамб. Тому для встановлення дійсної картини розподілу заліза в хвостосховищах інших комбінатів потрібно проводити буро-розвідувальні роботи, що дуже недешево.

Якщо врахувати, навіть з відомих даних, що середнє значення заліза загального в хвостосховищах становить 12 мас.%, то тільки в Кривбасі накопичено 600 млн. т заліза при щорічному поповненні на 66 млн. т.

Залізорудний концентрат, який є кінцевою продукцією ГЗК, далі надходить до агломераційної фабрики для виробництва агломерату — частини доменної шихти.

Агломераційне виробництво є першою ланкою в ланцюгу металургійного виробництва.

Агломерат в Україні виробляється на 8 підприємствах: Південний ГЗК, ГЗК та агломераційна фабрика металургійного виробництва «Міттал Стіл Кривий Ріг» (Кривий Ріг), Єнакіївський металургійний завод, металургійний комбінат «Азовсталь», металургійний комбінат ім. Ілліча (Маріуполь), Алчевський металургійний комбінат, металургійний комбінат ім. Дзержинського (Дніпродзержинськ), металургійний комбінат «Запоріжсталь», де експлуатуються 63 агломераційні машини загальною площею спікання 4306,5 м<sup>2</sup> (без урахування Південного ГЗК) та проектною потужністю 51,35 млн. т агломерату на рік. За такими характеристиками як витрати палива, питома продуктивність та «масова доля дрібної частки» вітчизняні агломераційні машини відстають від іноземних виробництв. В 2007 р. в Україні було вироблено 48,8 млн. т агломерату, в 2008 р. — 42,7 млн. т (за даними інвестиційної компанії «Сократ»).

Агломераційне виробництво вважається одним з найбільш екологічно небезпечних процесів в металургійному виробництві, тому що тут утворюється половина всіх викидів металургійного підприємства.

За хімічним складом агломераційні шлами практично ідентичні шихті, що переробляється. Основна частина цих шламів складається із сполук заліза, кремнію та кальцію. Друга частина складається з часток агломерату: руда, кокс, вугілля, вапняк. Масова частка заліза в агломераційних шламах складає 29–46%.

Агломерат, як компонент шихти, потрапляє в доменну піч (ДП). На балансах українських металургійних підприємствах знаходиться 43 ДП. В 2006 р. експлуатувалось 37 печей, в 2007 р. — 41. Станом на травень 2009 р. (за словами генерального директора ОП „Металургпром” В. Харахулаха) простоюють 14 печей, в тому числі 7 з них виведено з експлуатації, 6 печей ремонтуються, 1 піч зупинена за відсутністю реалізації продукції.

Виробничі потужності ДП — 39,6 млн. т чавуну на рік. В 2007 р. в Україні було вироблено 35,65 млн. т чавуну.

Масова частка заліза в доменних шламах українських металургійних комбінатів коливається в межах 29–37%, цинку 0,5–3,5%.

Чавун, що виплавляється в доменній печі, характеризується не тільки достатньою міцністю, але й підвищеною крихкістю внаслідок підвищеного вмісту вуглецю. Тому наступною стадією переробки металу є виробництво сталі (видалення вуглецю для надання металу пластичності).

Україна входить в число найкрупніших світових виробників сталі. В 2008 р. за виробництвом сталі Україна зайняла 8 місце у світі, в попередні роки за цим показником вона була на 7 місці. Наочне відображення масштабів виробництва сталевих продукції в Україні, наведено в таблиці 5, де вказано всі нині діючі на території України металургійні комбінати та заводи і обсяги виробленої металевих продукції в 2008р. [11].

**Таблиця 5.** Виробництво металевих продукції на металургійних підприємствах України в 2008 р., млн. т

№	Підприємство	Чавун	Сталь	Прокат	Труби
1	Арселор Міттал Кривий Ріг	5,632	6,233	5,406	-
2	Азовсталь	4,611	5,519	5,039	-
3	ММК ім. Ілліча	4,491	5,597	4,476	0,0935
4	Алчевський металургійний комбінат	3,777	4,356	3,940	-
5	Запоріжсталь	3,284	3,942	3,211	-
6	Дніпровський металургійний комбінат ім. Держинського	3,06	3,321	2,777	-
7	Єнакіївський металургійний завод	2,563	2,733	2,695	-
8	Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського	1,167	1,086	0,987	-
9	Макіївський металургійний завод	1,267	1,254	0,876	-
10	Донецький металургійний завод	0,925	0,870	0,637	-
11	Донецький електрометалургійний завод	-	1,038	1,025	-
12	Дніпроспецсталь	-	0,482	0,289	-
13	Краматорський металургійний завод ім. Куйбишева	0,203	-	0,024	-
14	Донецький металопрокатний завод	-	-	0,097	-
15	Харцизький трубний завод	-	-	-	0,386
16	Нижньодніпровський трубопрокатний завод	-	-	-	0,533
17	Новомосковський трубний завод	-	-	-	0,391
18	Нікопольський південнотрубний завод	-	-	-	0,334
19	Луганський трубний завод	-	-	-	0,255
20	ВАТ «Дніпропетровський металургійний завод ім. Комінтерну»	-	-	-	0,215
21	Дніпропетровський трубний завод	-	-	-	0,140
22	ВАТ ЮНТИЗ ЗАО "Юті СТ", м. Нікополь	-	-	-	0,079
23	ВАТ Труболіт	-	-	-	0,0064
24	Всього	30,98	36,431	31,479	2,4329

Як видно з таблиці 5, в 2008 р. всіма заводами в Україні було вироблено майже 31 млн. т чавуну, 36 млн. т сталі, майже 31,5 млн. т прокату та 2,5 млн. т труб. В 1991 році (для порівняння) — 33,62; 44,99; 32,82 млн. т відповідно (за виключенням виробництва труб).

Сталь в Україні виплавляється мартенівським, конверторним та електросталеплавильним способом в процентному відношенні відповідно (47, 49, 1,6%). На балансі металургійних підприємств знаходиться 21 конвертер, 42 мартенівські печі.

Майже половина всієї сталі виплавляється застарілим мартенівським способом, чого не має в жодній країні світу. Найпотужніші металургійні комбінати планують в найближчий час ліквідувати мартенівське виробництво та замінити його на конверторне. Планується також побудувати 4 міні-металургійних заводи (електропечі), які працюють лише на

металобрухті. Кількість підприємств чорної металургії та обсяги продукції, що на них виробляється говорить про те, що і надалі чорна металургія залишатиметься однією з основних галузей економіки України.

Залізовмісними відходами виробництва сталі є шлами та шлаки, які мають назву в залежності від способу виробництва сталі (мартенівські, конверторні, електросталеплавильні)

Мартенівські шлами є найбільш високодисперсними серед металургійних шламів, що значно ускладнює процеси підготовки їх до утилізації. Масова частка заліза в них становить 47–58%.

Масова частка заліза в конверторних шламах нижча, ніж в мартенівських і складає 41–45%.

Щодо шлаків, за даними [12] на металургійних підприємствах України накопичено 240 млн. т шлаків, 128 млн. т з яких є сталеплавильні. За кількістю накопичених шлаків в Україні лідирує Єнакіївський металургійний завод, «Арселор Міттал Кривий Ріг» та «Запоріжсталь».

Зазвичай, доменні шлаки складаються у відвалах відокремлено від сталеплавильних. Масова частка заліза в них — 5% у вигляді корольків.

Сталеплавильні шлаки вміщують більше металу — 10–15%. Питомий вихід сталеплавильних шлаків складає, в середньому, 160–170 кг/т сталі [13].

Згідно аналізу, проведеному УкрДНТЦ «Енергосталь» в 2005 р. на металургійних комбінатах України щодо утилізації сталеплавильних шлаків, на 5 металургійних підприємствах («Азовсталь», «Криворіжсталь», Дніпровський метзавод ім. Дзержинського, Алчевський меткомбінат, Макіївський меткомбінат) налагоджена утилізація цих шлаків з вилученням з них заліза для використання в сталеплавильному процесі і частково з використанням їх в агломераційному процесі як флюсу [12]. Але більша частина шлаків, яка раніше використовувалась у будівельній індустрії, складається у відвалах в зв'язку із зменшенням попиту.

Треба зазначити, що в останні роки значно збільшилось використання конверторного шлаку при виробництві чавуну. Шлак використовують у вигляді флюсових домішок, тому що він вміщує до 5% оксиду кальцію. В дому він потрапляє безпосередньо з шихтою, або після подрібнення додається до агломерату. Використання шлаку при агломерації, при безпосередньою подачею до домни, забезпечує економію вапняку та збільшує продуктивність агломераційних машин на 0,18% на кожний кілограм доданого шлаку.

Так, наприклад, вторинне використання конверторних та кінцевих мартенівських шлаків, після попередньої їх підготовки в металургійній шихті, дозволяє заощадити 35–40% вапняку та скоротити тривалість плавлення сталі на 8–10 хвилин.

Використання кожного кілограму конверторних шлаків при виробництві однієї тони чавуну дає можливість заощадити: 0,35 кг залізорудної сировини, 0,43 кг сирого вапняку, 0,104 кг коксу. Додатково при залученні, вилучених із шлаків, залізовмісних часток (скрапу) можна також заощадити: 0,83 кг залізорудної сировини, 0,19 кг сирого вапняку, 0,16 кг коксу, зменшити вихід шлаку на 0,09 кг [14].

Наступна стадія металургійного виробництва — прокатне. Прокат в Україні виробляють на 10 металургійних комбінатах повного циклу, 1 металопрокатному, 9 заводах, спеціалізованих на виробництві труб. Харцизький трубний завод залишається лідером СНД з виробництва нафтогазових труб. Нижньодніпровський трубопрокатний завод займає монопольне положення з виробництва тягнутих труб загального призначення.

Крім цього, в Україні розташовано 9 підприємств, які відносяться до об'єднання «Укрметаловироби», загальною потужністю 1,004 млн. т виробів на рік. Основна продукція (тис т): дріт загального призначення — 108, дріт сталевий — 87, канат сталевий — 50,6, укріплення для залізничних доріг — 22, 2, посуд емальований — 17,1, електроди зварювальні — 9,4, металокорд — 9,3, машинобудівне кріплення — 8,9, цвяхи — 7,2, сітка сталевана — 6,8, провід порошковий — 3,3, ланцюги — 0,1 шурупи — 0,07.

Зазвичай, відходи металургійного підприємства у відсотках розподіляються наступним чином [15]:



- шлаки — 57–63;
- мінеральні відходи (лом вогнетривів та вхідні компоненти — 4–6;
- металобрухт — 15–17;
- пил, шлам, окалина — 9–13;
- інші — 2–4.

До відходів прокатного виробництва відноситься окалина — дрібнодисперсний шлам з розміром часток 0,05–0,3 мм, в оболонці мінерального масла. Вона утворюється в процесі гарячої прокатки вуглеводневих сталей, при різанні злитків, заготовок, іншого сортаменту та у процесі обробки їх поверхонь. Ці відходи відносяться до III класу небезпеки. В процесі гарячої прокатки вуглеводневих сталей утворюється 11,6–19,4 кг окалини на 1 т матеріалу, що обробляється. При вогневій зачистці металу утворюється 40 г окалини на 1 м<sup>2</sup> поверхні. Масова частка заліза в ній — 61–73%. Окалина, що відокремлюється від металу водою технологічних агрегатів та системою гідрозмиву, транспортується на очисні споруди. Одночасно з окалиною в воду потрапляє технологічне масло, вміст якого — 5,4–17%.

Промаслену окалину, яка утворюється при виробництві сталей, можна умовно поділити на крупнодисперсну (> 0,1 мм) та дрібнодисперсну (< 0,1 мм).

Крупні частки осідають, зазвичай, в ямах для крупної окалини, тому їх зневоднення не представляє труднощів. Масова частка заліза у промасленій окалині перевищує масову частку заліза у залізородних концентратах, які виробляють гірничо-збагачувальні комбінати України.

Утилізація і повторне використання у металургійному циклі крупнодисперсної окалини не проблематично: вона вміщує 5% вологи, легко зневоднюється та вміщує не більше 1,0–1,5% масла, тоді як дрібнодисперсна окалина потребує додаткових заходів підготовки її до вторинного використання.

Взагалі, питомі показники утворення відходів на українських підприємствах при виробництві 1 т сталі суттєво перевищують зарубіжні показники, що обумовлено використанням застарілого обладнання.

Обсяг та види відходів, що утворюються при виробництві металопродукції наведено на прикладі Єнакіївського металургійного заводу та ВАТ «Криворіжсталь» (таблиці 6, 7).

**Таблиця 6.** Обсяг та види відходів, що утворюються при виробництві металопродукції на Єнакіївському металургійному заводі

Виробництво	Відходи, що утворюються	Кількість, кг/т продукції
агломераційне	шлам	30–32
доменне	шлам	38–42
сталеплавильне	шлам	15–25
прокатне	окалина	11,6–19,4
доменне, сталеплавильне	шлак	450–600

Щорічні обсяги утворення відходів металургійного підприємства видно на прикладі ВАТ «Криворіжсталь» (таблиця 7).

Підраховано, що з викидами газів виноситься біля 31 кг заліза на 1 т сталі, при цьому в атмосферу після очищення газів викидається 1,2–0,6 кг заліза. Частина заліза втрачається з пилом, який уловлено, але не використано. Кількість пилу, який зараз утворюється на металургійному комбінаті та масова частка заліза в ньому наведена в таблиці 8.

Підраховано, що зараз на підприємствах ГМК України на 1 т сталі утворюється 100–200 кг пилу, 60–80 кг шлаків. Практично повністю на комбінатах використовується колошниковий пил та первинна окалина, низький ступінь використання доменних — 43% та сталеплавильних шлаків — 31,8%, вторинної окалини — 65% [16].

**Таблиця 7.** Відходи ВАТ «Криворіжсталь» (станом на 1999 рік)

Виробництво	Шлами газоочищення, т/рік	Промаслена окалина, т/рік
Агломераційне	8294	—
Доменне	74754	—
Мартенівське	11608	—
Конверторне	32006	—
Прокатне	—	14620
Всього	126662	14620

**Таблиця 8.** Кількість пилу, утвореного в результаті процесів металургійного виробництва, та масова частка заліза в ньому

Виробництво	Кількість пилу, кг/т сталі	Середня масова частка заліза, мас. %
агломераційне	15,2	53
доменне	3,4	34,5
сталеплавильне	8,8	48,6

Нині на всіх українських металургійних підприємствах залізовмісні відходи використовують як компоненти агломераційної шихти. Для більшості підприємств технологічно допустимі витрати підготовлених сипучих шлаків в кількості 120–160 кг на 1 т агломерату, наприклад на «Арселор Міттал Кривий Ріг». — 130–140 кг/т.

Більшість сучасних металургійних комбінатів України, як відомо, були побудовані на початку 30-х років минулого століття. Тому майже за 80 років експлуатації навколо місць їхньої локалізації накопичено значну кількість залізовмісних відходів. За різними літературними джерелами в шламосховищах і шлаковідвалах металургійних підприємств України складовано 30–70 млн. т шлаків та 220–240 млн. т шлаків. Наприклад, на «Арселор Міттал Кривий Ріг» їх накопичення — 4–10 млн. т [16, 17].

Згідно Каненко Г.М. та ін. [18] в Україні з 1999 по 2004 рік, у зв'язку з ростом виробництва сталі, кількість утворених металургійних залізовмісних шлаків та окалини підвищилась з 3,1 до 4,8 млн. т. Утворення залізовмісних металургійних відходів на 1 т сталі складає 700–750 кг. За останні роки, при збільшенні виробництва сталі на 13,7%, накопичення металургійних шлаків стабілізувалось на 30 млн. т, а накопичення шлаків продовжує збільшуватись. При цьому, нормативи утворення відходів кожне підприємство розраховує самостійно, погоджуючи їх з екологічними інспекціями. В умовах України середній показник по галузі складає 126–133 кг/т продукції. Але, наприклад, на металургійному комбінаті ім. Петровського він складає 212 кг/т. При цьому, навіть у середньому, показники утворення шлаків та залізовмісних відходів більше ніж в 2 рази перевищують європейські. Питомий вихід металургійних пилу та шламу становить 20–50 кг на 1 т продукції [19].

Проведені дослідження показують, що значна кількість шлаків у відходах металургійних підприємств містить від 45% до 52% заліза, 6,0–9,5% вуглецю з невеликим вмістом цинку (0,5–4%). Ця сировина разом з іншими побічними продуктами металургійного виробництва (дрібним коксом, окалиною, залишками вапна та інше.) після попередньої підготовки може ефективно використовуватись при агломерації та у конверторному виробництві сталі [14]. Але, як правило, шлами металургійних заводів після різних металургійних процесів складаються в одних і тих же шламонакопичувачах, де вони усереднюються. Це призводить до того, що багатіші за масовою часткою заліза шлами, наприклад агломераційного та мартенівського виробництва, збіднюються за рахунок менш багатих на залізо шлаків конверторного виробництва.

Проведений нами аналіз всіх залізовмісних відходів в ланцюгу видобуток — збагачення — агломерація — виробництво чавуну — виробництво сталі — отримання прокату

показав, що на кожній наступній сходинці виробництва металеві продукції масова частка заліза у відходах теж підвищується. І на останньому етапі всього циклу (при виробництві прокату) утворюється прокатна окалина з масовою часткою заліза (67–72%). Ми прийшли до парадоксальної ситуації — створюємо техногенну залізвмісну сировину, в якій масова частка заліза перевищує її концентрацію в багатій залізній руді, яку ми беремо з надр (56–60%), та залізистому концентраті, що отримують на збагачувальних фабриках (65–68%).

Це наглядно видно на схемі 1.



**Схема 1.** Розподіл масової частки заліза у залізних рудах та відходах підприємств ГМК України: ДСФ — дробильно-сортувальні фабрики; ГЗК — гірничо-збагачувальні комбінати

Звичайно, є визначені технологічні труднощі, які заважають рециркуляції металу на вітчизняних підприємствах. Але обсяг сучасної утилізації залізвмісних відходів на підприємствах ГМК України вкрай не достатній, що не виправдано ні з економічної, ні з природоохоронної точки зору. На сьогодні тільки на Центральному гірничо-збагачувальному комбінаті (Кривбас) працює установка з переробки лежалих відходів збагачення залістистих кварцитів. Практика цього підприємства показала, що масова частка заліза в концентраті з хвостів трохи нижча, ніж із кондиційних залістистих кварцитів, але собівартість такого концентрату на 40% нижча. При цьому визволяється місце у хвостосховищах для

поточних відходів збагачення, що дозволяє не виводити з обігу сільськогосподарські землі для побудови нових хвостосховищ.

Стосовно залізовмісних шламів металургійних виробництв, низький ступінь використання шламів (%) пояснюється низкою причин:

- високою дисперсністю часток, в зв'язку з чим їх важко зневоднювати та отримувати матеріал необхідної сипучості;
- наявністю шкідливих домішок (Zn, Pb тощо) в кількостях, більших ніж їх можливо використовувати в якості шихти, які теж є цінною техногенною сировиною самі по собі;
- вологістю;
- надмірними домішками нафтопродуктів; складністю гомогенізації влежалих шламів.

Проведений нами аналіз літературних джерел показав, що вітчизняними науково-проектними установами розроблено та запропоновано технології підготовки до використання залізовмісних металургійних відходів для впровадження на українських металургійних комбінатах, а саме:

- схеми зневоднення металургійних шламів (із будівництвом корпусів зневоднення шламів та без них) з наступним перемішуванням шламів з вапном та подальшим брикетуванням для використання як домішок у шихту в агломераційному і доменному виробництвах (УкрГНТЦ «Енергосталь»);
- дезінтегратор-змішувач для гомогенізації складованих залізовмісних шламів, за допомогою якого здійснюється рівномірний розподіл залізовмісних відходів в об'ємі вихідної шихти, розроблений на кафедрі руднотермічних процесів і мало-відходних технологій Дніпропетровського технічного університету, комплексна переробка відходів металургійних підприємств шляхом брикетування методом холодного вібропресування для використання їх подалі як домішок в шихту замість залізної руди та обкотишів при виробництві чавуну.

Обсяги заліза, накопиченого у відвалах та шламонакопичувачах, вражають (схема 2). Взагалі в хвостосховищах ГЗК, шламосховищах та шлакових відвалах металургійних підприємств вже накопичено 652,5 млн. т техногенного заліза, щорічне його утворення складає 72 млн. т на рік.

Таким чином, на складах, хвостосховищах ГЗК, шламосховищах та шлаковідвалах меткомбінатів заліза вже накопичено більше, ніж його знаходиться в проектних контурах підприємств з видобутку багатих залізних руд (538,9 млн. т), а масова частка заліза в останніх нижча, ніж, наприклад, у прокатній окалині вторинних відстійників, тощо.

## **Висновки**

- На промайданчиках підприємств ГМК України накопичено 652,5 млн. т заліза, що більше, ніж у проектних контурах видобувних підприємств багаті залізної руди.
- Вітчизняними науково-дослідними і проектними установами розроблені та запропоновані для впровадження на українських металургійних комбінатах технології отримання концентрату з відходів збагачення залізистих кварцитів та технології підготовки до використання залізовмісних металургійних відходів.
- Залізовмісні відходи за обсягом, концентрацією та станом технологічних розробок щодо їх застосування як вторинної сировини є стратегічним ресурсом ГМК України першочергового значення.
- Вирішення проблеми використання залізовмісних відходів, з нашої точки зору, реально можливе за умов:
  - створення нормативно-законодавчого поля, в якому власники підприємств з видобутку, збагачення, металургійної переробки залізовмісної продукції будуть зацікавлені по-перше, у створенні меншої кількості відходів, по-друге, у вторинному використанні останніх;

- удосконалення існуючих та розробки нових технологій видобутку і збагачення залізних руд, технологій попередньої підготовки залізистих відходів до вторинного використання в технологічних циклах існуючих чи спеціалізованих в цьому напрямку підприємств;
- налагодження системи збору та статистичної обробки даних щодо поводження з залізистими відходами, які накопичені, продовжують накопичуватись або вже утилізуються на підприємствах ГМК з метою створення податкового тиску та стимулювання економічно та екологічно виправданого поводження з цими відходами.



**Схема 2.** Запаси техногенного заліза, що накопичене у шламосховищах та шлаковідвалах підприємств ГМК України

1. Данилишин Б.М., Дорогунцов С.І., Міщенко В.С. та ін. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України // — К.: РВПС України, 1999. — №3. — С. 57–60.
2. Евтехов В.Д. Техногенные месторождения: от использования имеющихся — к созданию более совершенных // Геолого-мінералогічний вісник. — 2003. — № 1. — С. 19–26.
3. Куделя А.Д. Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горно-обогатительных комбинатов. — Киев: Наукова думка. — 1984. — 495 с.
4. Губіна В.Г., Кадошніков В.М., Заборовський В.С., Кузенко С.В., Горлицький Б.О, Бондаренко Г.М. Вивчення можливості використання відходів збагачення залістистих кварцитів в народному господарстві // Зб наук. пр. ІГНС НАН України «Геохімія та екологія». — Вип.14. — К. — 2007. — С. 156–165.
5. Губіна В.Г. Распределение железа в техногенном месторождении Центрального ГОКа по данным математического моделирования // Сб. научн. труд. Механобрчермет «Новое в технологии, технике и экономике переработки минерального сырья». — Часть 2. — Кривой Рог. — 1998. — С. 87–97.
6. Евтехов В.Д., Грицай Е.Ю., Паранько И.С. и др. Минералогические особенности и обогатимость лежалых хвостов Ингулецкого горнообогатительного комбината // Геолого-мінералогічний вісник.- 2004. — №2. — С. 74–77.

7. Євтехов В.Д., Федорова І.Ф. Мінеральний склад хвостів Північного гірничозбагачувального комбінату // Геолого-мінералогічний вісник. — 2002. — №1. — С. 90.
8. Федорова І.А., Евтехов В.Д. Минералогическое обоснование рациональной технологии обогащения лежалых хвостов северного горно-обогатительного комбината // Проблемы развития Криворожского железорудного бассейна. — Материалы научно-технической конф. — Кривой Рог. — 2002 г. — С. 67.
9. Дообогашение отходов горнообогатительных комбинатов и их использование в народном хозяйстве // — Киев. — УкрНИИТИ. — 1971. — 43 с.
10. Губин Г.В., Граблев С.А., Харламов В.С. Разработка технологии обогащения труднообогатимого вторичного сырья // Обогащение тонковкрапленных руд. — АН СССР. — Апатиты. — 1985. — С.86–88.
11. www.credit-rating.ua.
12. Каненко Г.М., Злобин А.Г. и др. Использование отходов металлургических предприятий в строительной индустрии // Экология и промышленность. — Харьков. — 2005. — № 1 (2). — С. 41.
13. Ростовский В.И., Бондарь О.И. и др. Комплексная утилизация заскладированных отходов черной металлургии // www.ecologylife.ru/utilizatsiya-2004.
14. Альошин О.О., Остроушко А.В. Деякі аспекти утворення нормативно-правової бази у сфері ресурсозбереження // www.ecologylife.ru/utilizatsiya-2004.
15. Носков В.А., Макогон В.Ф. Состояние и перспективы утилизации железосодержащих отходов в металлургическом производстве Украины // Металлургическая и горнорудная промышленность. — 2001. — № 4. — С. 98.
16. Носков В.А. Разработка технологий подготовки и переработки промышленных отходов — ключ к решению проблем ресурсосбережения и экологии // Экология и промышленность. — Харьков. — 2005. — №2 (3). — С. 58–60.
17. Нестеренко Т. Природа ритмічної шаруватості дисперсних відкладів техногенної сировини // Мінералогічний збірник. — 2008. — Вип. 1–2. С. 119–124.
18. Каненко Г.М., Злобин А.Г., Алхасова В.В. Ресурсоценные отходы предприятий черной металлургии // Материалы 2-й Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов». — Харьков (9–10 февраля 2005 г.).
19. Красненко А.Г. Технологія виготовлення шихтових матеріалів з відвальних сталеплавильних шлаків // www.fotm.kpi.ua/Krashenko-article.
20. Лисенко І.С., Олабин В.М., Сигал І.Я и др. Проблема очистки агломерационных газов металлургического производства // Сб. н. статей XIII международной научно-практической конф. «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов» Т.1 — Харьков. — 2005 С. 276.

#### **Губина В.Г., Горлицкий Б.А. ПРОБЛЕМА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ — СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД**

*В статье приведены результаты последовательного анализа всех видов железосодержащих отходов, образующихся на разных этапах передела от добычи железной руды до получения товарной продукции горно-металлургического комплекса. Учитывали объемы отходов, содержание в них железа, касающихся как уже накопленных в прошлом отходов, так и тех, которые накапливаются сейчас ежегодно. В результате анализа показано, что железосодержащие отходы по объемам, концентрацией железа и состоянием технологических разработок по использованию их как вторичного сырья, являются стратегическим ресурсом ГМК Украины первоочередного значения.*

#### **Gubina V.G., Gorlitskiy B.O. THE PROBLEM OF IRON MINING WASTES AND METALLURGICAL TAILINGS OF UKRAINIAN ENTERPRISES — THE SYSTEMATIC APPROACH.**

*All kinds of iron wastes and tailings from iron-ore mining to metallurgical production in Ukraine have been consistently considered by the authors. The volumes of wastes and content of iron in them have been examined both in the accumulated earlier waste and those being accumulated now. It was concluded that the iron wastes and tailings are the strategic resource of mining and metallurgical enterprises in Ukraine.*