

УДК [(339.13(510 : (477) : 622 -34): (006.022 : 005.334 – 047.52) (045)]

В.В. ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг

УСУНЕННЯ НЕВІДПОВІДНОСТЕЙ З ВОЛОГОЮ ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ ПІД ЧАС ТОРГІВЛІ З КИТАЄМ

Метою даної статті є усунення невідповідностей з вологою залізорудного концентрату при торгівлі з Китаєм. Визначення методів, які забезпечують вимоги металургійних підприємств до вихідної сировини як на внутрішньому, так і зовнішньому ринку. В процесі вирішення проблеми використано загальні й спеціальні наукові методи дослідження економічних процесів, а саме: узагальнення та абстрагування, порівняння, аналізу і синтезу, логічний метод, історичний метод, діалектичний метод. Торгівля між підприємствами сировиною супроводжується невідповідностями, що і сталося при торгівлі залізорудним концентратом, який постачають до Китаю. Вміст вологи в українській продукції не відповідає вимогам китайських металургів. За таких умов гірничо-збагачувальні комбінати несуть значні збитки при розрахунках. Запропонований метод сушки залізорудного концентрату на прикладі ПАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат» дозволить скоротити вологу даної продукції з 10% до 7%, уникнути щорічних збитків на суму 36,9 млн дол. США, успішно вести торгівлю з Китаєм.

Ключові слова: торгівля, залізорудний концентрат, волога в концентраті, збитки, сушка концентрату.

V.V. DOBROVOLSKIY

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih

THE ELIMINATION OF DISCREPANCIES WITH THE MOISTURE OF IRON ORE CONCENTRATE IN TRADE WITH CHINA

The purpose of this article is to eliminate inconsistencies with the moisture of iron ore concentrate in trade with China. Defining methods that provide the demands of metallurgical enterprises for raw materials in both domestic and foreign markets. In the process of resolving the problem, general and special methods of studying economic processes, namely generalization and abstraction, comparison, analysis and synthesis, a logical method, a historical method are used. **Objective.** The purpose of this article is to eliminate inconsistencies with the moisture of iron ore concentrate in trade with China. Defining methods that provide the demands of metallurgical enterprises for raw materials in both domestic and foreign markets. **Scientific novelty.** First formed methods of correction of non-compliance of domestic standards with the moisture of iron ore concentrate to the standards of China with which the trade is conducted. Offered the most optimal variant of drying the concentrate press filter which will allow to fulfill the conditions of trade and avoid loss in the transactions between partners. First formed methods of correction of non-compliance of domestic standards with the moisture of iron ore concentrate to the standards of China with which the trade is conducted. Offered the most optimal variant of drying the concentrate press filter which will allow to fulfill the conditions of trade and avoid loss in the transactions between partners. Trade between enterprises in raw materials could be accompanied by a variety of inconsistencies that happened in the trade of iron ore concentrate which is put to China. The moisture content of Ukrainian products do not meet the requirements of Chinese metallurgy. This mountain plants bear substantial losses in the calculations. The proposed method for shrinkage of iron ore concentrate on the example of PJSC "Inguletsky mining plant" will allow to reduce the moisture in this product from 10% to 7%, avoid annual losses of \$ 36.9 million dollars and successfully conduct trade with China.

Keywords: trade, iron ore concentrate, concentrate moisture loss, drying of the concentrate.

Постановка проблеми. Відомо, що на збагачувальних фабриках широко застосовуються процеси, що здійснюються у водних середовищах (збагачення у важких суспензіях, флотація та ін.), в ході яких у залізорудний концентрат вводиться значна кількість баласту – вода. Так, заключними операціями у процесах збагачення є механічне і термічне зневоднення продуктів збагачення, передусім – залізорудних концентратів.

Вітчизняними стандартами на виробництво залізорудного концентрату передбачена базова вологість цієї продукції – 10%. Зауважимо, що стандарти діють на внутрішньому ринку України. Проте металургійні підприємства Китаю, які закуповують 12,3 млн т концентрату за рік в Україні вимагають, щоб вміст води даної продукції становив не більше 6–7%. Отже, виникла невідповідність вітчизняних стандартів на залізорудний концентрат стандартам країни – імпортера Китаю.

Ціна залізорудного концентрату, за умови його транспортування споживачеві, становить 150\$ за 1 т, тому збагачувальним комбінатам, крім того, що їм не зараховують концентрат за перевищення вологи в кількості 369 тис. т (12,3 млн т \times 0,03), несуть збитки за транспортування води на суму 36,9 млн дол. США (369 тис. т \times 100 дол./т), де логістичні витрати на 1 т складають 100\$.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Певний внесок у дослідження проблем, пов'язаних зі зниженням вологи у залізорудному концентраті, зробили такі відомі науковці, а саме: Култубаєв І. М., Садаков. В. Х., Третяк Б. А., Козирь А. В. [1], які досліджували вплив реагентів на вологість концентрату при вакуумній фільтрації. Ю. І. Тетеря, І. Н. Бобришова [2] вивчали можливості зниження вологості залізорудного концентрату в умовах Полтавського ГЗК. Способи сушіння тонкомеленого залізорудного концентрату висвітлені в авторських свідченнях російських науковців: Напольских С. А., Гельбинга Р. А., Сухарева А. Г. [3] та Цветкова М. А. [4]. Найбільших досягнень в даному напрямі здобули на гірничо-збагачувальному підприємстві Northland Resources – Каунісваара, Швеція [6]. Завдяки застосуванню прес-фільтрів моделі VPA 2040-54 задекларована волога в концентраті 6%, а фактично знаходиться в межах 6,5–7,0%.

Варто зазначити, що незважаючи на певний інтерес науковців до проблеми зниження вологи в

залізорудному концентраті, проблема залишається недостатньо вивченою сферою виробничої діяльності, про що свідчать виявлені невідповідності при торгівлі з Китаєм. Це обумовило появу вимог до вихідної сировини і у вітчизняних металургів, адже значний вміст гідратної води у залізорудному концентраті суттєво погіршує його якісні характеристик.

Так, перед вітчизняними збагачувальниками постає проблема вибору адекватних методів зниження води концентрату для забезпечення ефективної торгівлі цією продукцією.

Мета статті полягає в практичному осмисленні того, що гідратна вода, яка міститься у залізорудному концентраті, помітно знижує ефективність наступних металургійних переділів і ускладнює їх здійснення, тому значний вміст гідратної води у залізорудному концентраті обумовлює суттєве погіршення його якісних характеристик. Отже, необхідно винайти практичні методи зниження води у залізорудному концентраті для усунення невідповідностей при торгівлі з Китаєм

Виклад основного матеріалу дослідження. Однією з основних проблем на гірничо-збагачувальних комбінатах групи Метінвест є проблема високого вмісту води (>10%) у виробленому концентраті. Критичний вміст води для здійснення безпечного морського транспортування становить 9%. Відповідно при воді 10% і більше Метінвест несе додаткові витрати і ризики неможливості відвантажити концентрат в Китай.

Постала гостра проблема високої води перед ПАТ «Інгулецьким ГЗК», який спеціалізується на виробництві концентрату. Існують випадки відмови від перевезення вантажу і відвантаженні судна в порту. Проблема високої води обумовлена наступними основними факторами:

- висока дрібність концентрату (технологічна і геологічна особливість);
- високий рівень фізичного зносу застосованої технології вакуумної фільтрації (середній вік фільтрів наближається до 20-и років при нормативному 12 років);
- проблеми з охолодженням вакуум-насосів в теплу пору року, коли вода наближається до 12% (ПАТ «ІнГЗК»).

При складанні технічного завдання зроблено такі припущення: всередині групи використовується, передусім, концентрат ПАТ «ІнГЗК» і ПАТ «ПівнГЗК»; при дефіциті – ПАТ «ЦГЗК»; всередині групи, передусім, застосовується високоякісний концентрат; обсяги поставок контрагентам в Україні планувалися на основі бізнес- плану 2016 року і прогнозу попиту. Поставки здійснюються, передовсім, з ПАТ «ІнГЗК», ПАТ «ПівнГЗК»; при дефіциті – ПАТ «ЦГЗК», ПАТ «ПівдГЗК». До моменту запуску в роботу комплексу щодо зниження води передбачається експортувати морем тільки концентрат ПАТ «ПівдГЗК». В умовах гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) Криворіжжя зниження води в концентраті можливо досягти шляхом використання технологій: прес-фільтрація і сушіння в порту.

Порівняльний аналіз 2-х технологій наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Переваги та недоліки технологій зниження води (\$/т)

Показник	Технології	
	Прес-фільтрація	Сушіння в порту
1	2	3
Мінімально можлива кінцева вода	6–7%	2%
Скорочення витрат на фрахт через велику безпеку вантажу	0,5 \$/т	3 \$/т
Зниження витрат на логістику	1,8 \$/т	3,0 \$/т
Собівартість переділу на ГЗК	Знижується на 0,6 \$ / т	Збільшується на 3,6 \$/т
Загальне зниження витрат	2,4 \$/т	3,0 \$/т
Інфраструктура	Обов'язкове будівництво нового корпусу фільтрації	Додатковий комплекс з виробництва ПВП, додаткові витрати щодо пилопригнічення, реконструкція вагових на відвантаження.
Логістичні та екологічні ризики	Проблеми з розвантаженням змерзлих вантажів в зимовий період знижуються, але не виключаються повністю	Збільшення пилопригнічення просипів через зниження води до 2%. Будуть потрібні додаткові витрати на підготовку вагонів. Збільшення витрат на кожен 1% втрат при транспортуванні складе 0,35 \$/т. З досвіду ПАТ «ЛебГЗК» необхідно використовувати вагони з правильною геометрією – без щілин (не пошкоджені грейферним розвантаженням).
Інвестиції	40,5 млн \$	46,5 млн \$

Джерело: складено автором на основі [5].

Показники ефективності варіантів технологій (сушіння, прес-фільтрація) близькі. Але у варіанті сушіння не враховано додаткові заходи для зниження розпилю та просипу. Також існує ризик, який стосується розміру позитивного ефект-проекту, що ґрунтується на припущенні про зниження вартості фрахту на 3 \$/т.

Найбільш ефективною технологією для комбінатів (забезпечення вологи в порту нижче 9%) є прес-фільтрація, де крім інших переваг, відсутні екологічні недоліки

Так, із запропонованих технологій зниження вологи, необхідно обрати варіант з прес-фільтрацією концентрату, який задовольняє вимоги щодо вологості < 7 %, та відмовитися від варіанту сушіння його в порту, що дозволить отримати залежність відображену на рис. 1.

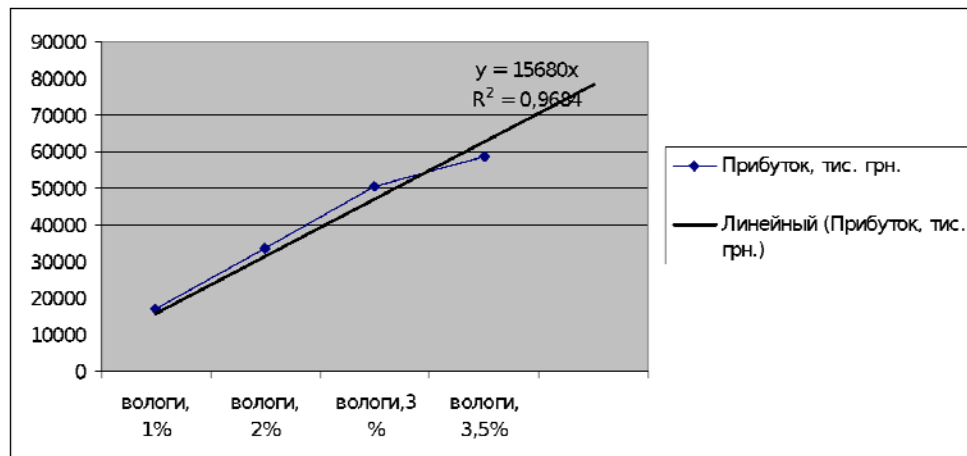


Рис. 1. Вплив скорочення вологи на прибуток ПАТ «ІнГЗК» від торгівлі залізрудним концентратом з Китаєм
Джерело: складено автором на основі [5].

Для продовження реалізації проекту необхідно вибрати місце розміщення майданчика. Розглянуто різні варіанти технології зниження вологи на різних майданчиках. Проведено випробування на лабораторних установках різних постачальників технології прес-фільтрації для визначення реальних можливостей устаткування при кінцевій волозі для концентратів ПАТ «ІнГЗК» і ВАТ «ПівдГЗК».

З метою підтвердження можливостей обладнання прес-фільтрації в умовах ПАТ «ІнГЗК» і ВАТ «ПівдГЗК» кінцевої вологи 6%, замовлених компаніями-виробниками у вересні 2016р., фахівцями підприємств проведено лабораторні випробування на устаткуванні трьох претендентів: Diemme, Metso, Outotec (табл. 2).

Таблиця 2

Результати випробувань отримані на поточний момент (%)

Виробники концентрату	Diemme	Metso	Outotec
РЗФ* -1 ІнГЗК	7,5%±0,5%	7,0%	6–7%
РЗФ-2 ІнГЗК	7,0%±0,5%	5,8–6,8%	6–7%
РЗФ-1 ПівдГЗК	6,5%±0,5%	—	—
РЗФ-2 ПівдГЗК	6,5%±0,5%	—	—

Джерело: складено автором на основі [5].

Примітки:

* – рудозбагачувальна фабрика.

Всі постачальники розраховували свої техніко-комерційні пропозиції на отримання кінцевої вологи в концентраті в межах 6–7%. Результат у 6%, за визначенням постачальників, можливо буде досягти при промисловій експлуатації обладнання тільки в окремих випадках, та гарантувати постійного досягнення цього показника вони не зможуть.

Проектом запропоновано, що кінцева волога із застосуванням технології прес-фільтрації складе 6–7%. При розрахунках ефективності використовуємо значення 7% (як мінімально стабільний гарантований показник у промисловому виробництві). Така вологість є достатньою для безпечного транспортування вантажів морським транспортом (< 9% при завантаженні на судно).

Найбільш ефективним є варіант установки прес-фільтрації на ПАТ «ІнГЗК» при відвантаженні концентрату морем, але і при реалізації його на внутрішньому ринку ефективність залишається досить високою. До моменту запуску в роботу комплексу щодо зниження вологи передбачається експортувати

морем тільки концентрат ВАР «ПівдГЗК» На долю ПАТ «ІнГЗК» припадають такі об'єми продажу концентрату (табл. 3).

Таблиця 3

Об'єми продажу концентрату (А-1, А-2) згідно з технологічною стратегією (ТС) групи «Метінвест», які припадають на ПАТ «ІнГЗК» (рік, млн т)

Рік	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Об'єми	3	3	3	6	6	6	6	6	6

Джерело: складено автором на основі [5].

Місце розміщення майданчика ПАТ «ІнГЗК»:

- РЗФ-1 (концентрат ММС 65% заліза);
- РЗФ-2 (концентрат МФД 67% заліза).

Проект реалізується на ПАТ «ІнГЗК» силами підприємства. Оптимальний обсяг ЗРК: 1 етап – концентрат ММС, ПАТ «ІнГЗК». Обсяг виробництва – 3 млн т.

Термін запуску – ІV квартал 2017 року (табл. 4).

Таблиця 4

Показники ефективності проекту: для відвантаження до Китаю

Інвестиції.	NPV	IRR,	DPP
162400 тис. грн	172800 тис. грн	43 %	6 років

Джерело: складено автором на основі [5].

Таким чином, запропоновано такі рішення проблеми:

1. Затвердити до розгляду в ТЕО варіант із застосуванням технології прес-фільтрації та розміщення на РЗФ-1, ПАТ «ІнГЗК» з обсягами виробництва 3 млн т. Проектування виконати для 6 млн т з поділом на 2 пускові комплекси.

2. Визначити в окремий проект напрям щодо скорочення собівартості застосування технології прес-фільтрації на РЗФ-2 концентрат МФД ПАТ «ІнГЗК».

Висновки. Отже, на основі проведених досліджень, на прикладі ПАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат», встановлено, що сучасний кількісний склад залізрудного концентрату по вологості не відповідає вимогам торгівлі з Китаєм. Застарілі технології збагачення залізної руди дозволяють виготовляти концентрат з вологою 10% і більше. У зв'язку з цим проаналізовано всі дійсні вітчизняні і зарубіжні методи зниження вологості в концентраті. Найбільш придатними для впровадження в умовах ПАТ «ІнГЗК» стали дві технології зниження вологості:

1. Сушіння в порту.
2. Прес-фільтрація.

Показники ефективності варіантів технологій (сушка в порту і прес-фільтрація) близькі, але у варіанті сушіння не враховано додаткові заходи для зниження пилення і просипу. Також існує ризик стосується розміру позитивного ефект-проекту, який ґрунтується на припущенні про зниження вартості фрахту на 3 \$/т.

Таким чином, найбільш ефективною технологією для наших умов (забезпечення вологості в порту нижче 9%) є прес-фільтрація.

Так, із запропонованих технологій зниження вологості необхідно обрати варіант з прес-фільтрацією концентрату, який задовольняє вимоги щодо вологості <7%, а також, визначимо, що необхідно відмовитися від варіанту сушіння його в порту.

Література

1. Култубаев И. М. Исследование влияния реагентов на влажность железорудного концентрата при вакуумной фальтрации / И. М. Култубаев, В. Х. Садаков, Б. А. Третьак, А.В. Козирь. – Магнитлогорск : Весник МГТУ им. Г.И. Носова, 2008. – № 3. – С. 15–18.
2. Тетеря Ю. І. Дослідження можливості зниження вологості залізрудного концентрату в умовах Полтавського ГЗК / Ю. І. Тетеря, І. Н. Бобришова // Вісник НГУ. – 2012. – № 5. – С. 37–41.
3. Авторское свидетельство № 1679162, кл. F27B 7/36. Способ сушки тонкоизмельченного железорудного концентрата / Напольских С. А., Гельбинг Р. А., Сухарев А. Г. – опубл. 23.09.91, бюл. № 35. – С. 1–5.
4. Авторское свидетельство SU 1326623 A1. Способ сушки тонкоизмельченного железорудного концентрата / Цветков М. А. – опубл. 30.07.1987. – С.14.
5. Животов А. И. Проект «Снижение влаги в товарном железорудном концентрате». Анализ альтернатив реализации проекта / Животов А. И. / ООО «МЕТИНВЕСТ ХОЛДИНГ». – Кривой Рог, 2016. – 30 с.
6. Отчет о посещении предприятия Northland Resources – проект Каунисваара, Швеция / ООО

«МЕТИНВЕСТ ХОЛДІНГ». – Кривой Рог, 2016. – 24 с.

References

1. Koltupayev, I. (2008). Issledovaniye vliyaniya reagentov na vlagnost gelezorudnogo koncentrata pri vakuumnoy filtratsii [Study of the effect of reagents on the moisture content of iron ore concentrate under vacuum filtration], Magnitogorsk, Vesnik MGUTU, № 3, P.15-18.
2. Teteria, Yu. (2012). Doslidzhennia mozhlivostei znyzhennia volohosti zalizorudnoho konsentratu v umovakh Poltavskoho HZK [Study the possibility of reducing moisture content of iron ore concentrate in the conditions of Poltava mining plant], Dnipropetrovsk, Visnyk NGU, № 3, P.37-41
3. Napolskih, S. (1991). Sposob sushki tonkoizmelchonnogo gelezorudnogo konsentratu [Method of drying fine iron ore concentrate], The copyright certificate. No. 1679162, CL F27B 7/36, publ. 23.09.91, bull. No. 35, P. 1-5
4. Tsvetkov, M. (1987). Sposob sushki tonkoizmelchonnogo gelezorudnogo koncentrata [Method of drying fine iron ore concentrate], Author's certificate SU 1326623 A1, publ. 30.07.1987. – P. 1-4.
5. Givotov, A. (2016). Proekt "Snigeniye vlagi v tovarnom gelezorudnom concentrate" Analiz alternative realizatsii proekta [The project "Reduction of moisture in marketable iron ore concentrate" Analysis of alternatives for project implementation], Krivoy Rog, 30p.
6. Report on visit to Northland Resources project Kaunisvaara, Sweden //– LLC "METINVEST HOLDING" - Krivoy Rog, 2016, – p. 24.

Рецензія/Peer review : 07.11.2017 р.

Надрукована/Printed :02.12.2017 р.

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе

Повні вимоги до оформлення рукопису **<http://vestnik.ho.com.ua/rules/>**

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол протокол № 6 від 29.11.2017 р.**

Підп. до друку 05.12.2017 р. Ум.друк.арк. 38,97 Обл.-вид.арк. 37,25
Формат 30х42/4, папір офсетний. Друк різнографією.
Наклад 100, зам. № _____

Тиражування здійснено з оригінал-макету, виготовленого
редакцією журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63