

УДК 502.58:556.531:622.765

О.О. ДМИТРІЄВА, докт. екон. наук, с.н.с., заступник директора, **Г.В. ВАСИЛЕНКО**, аспірант
Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УкрНДІЕП), м. Харків

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ФЛОТАЦІЙНОМУ ДОЗБАГАЧЕННІ ЗАЛІЗНИХ РУД НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТАХ

Розглянута особливості екологічно безпечного впровадження флотаційних технологій дозбагачення залізних руд на гірничо-збагачувальних комбінатах.

Ключові слова: екологічна безпека, флотаційне дозбагачення, флотореагент, коефіцієнт сорбції, коефіцієнт неконсервативності.

Адекватною відповіддю на зростаючий дефіцит сировинних ресурсів (коксу та металобрухту) в українському гірничо-металургійному комплексі є впровадження нових технологій прямого відновлення заліза. Сучасний ринок потребує використання залізородного концентрату із вмістом заліза від 67 % [1, 2]. Технології магнітного збагачення у випадку збіднених руд не дозволяють забезпечити вміст заліза у кінцевій продукції на сучасному рівні, тому найбільш ефективним процесом (як технологічно, так і економічно) є зворотна катіонна флотація з використанням певного флотореагенту (технологія дозбагачування магнітного концентрату) [3].

У водогосподарських системах (ВС) більшості гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) України використовується оборотна система водопостачання зі хвостосховищем. У процесі флотаційного дозбагачення флотореагент не має накопичуватись у воді хвостосховища до небезпечних концентрацій, тому що за скидання дебалансних вод із хвостосховища у поверхневий водний об'єкт (ПВО) негативний вплив цих вод на водну екосистему ПВО недопустимий.

Для запобігання такої ситуації при впровадженні зворотної катіонної флотації чи зміні обсягів її використання необхідно прогнозувати поведінку флотореагенту у ВС ГЗК та впроваджувати певні водоохоронні заходи, які б сприяли дотриманню вмісту флотореагенту у воді, що потрапляє до ПВО, встановленим природоохоронним нормативам.

Теорія та технологія зворотної катіонної флотації є достатньо розробленою [3, 4, 5]. Як за кордоном, так і в Україні даний вид флотації широко використовується для дозбагачення магнетитових концентратів [4]. При цьому теоретичні і практичні питання забезпечення екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів при впровадженні флотаційних технологій для дозбагачення залізних руд ні в нашій країні, ні за кордоном не набули системного

вирішення. Однак, як показує досвід Норвегії [6], питання екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів при впровадженні флотаційної доводки збагачення залізних руд може бути дуже актуальним.

Флотаційний метод дозбагачення стає одним із найпоширеніших технологічних процесів при переробці збіднених і важкозбагачуваних руд. На цей час налічується кількасот флотореагентів і з кожним роком їх кількість зростає [3]. Обґрунтування технології дозбагачення на конкретному ГЗК здійснюється співставленням основних флотореагентів шляхом проведення відповідних експериментів із використанням породи, яка розробляється ГЗК, та води з його ВС. Попередній вибір флотореагента відбувається за техніко-економічним аналізом результатів проведених експериментів. Остаточне рішення щодо можливості використання флотореагенту отримується за результатами екологічних досліджень його властивостей в умовах екологічної системи певного ГЗК. У процесі екологічних досліджень:

- встановлюється можливість розкладення флотореагенту, період його піврозпаду в умовах конкретного ГЗК;
- фіксуються фонові значення з основних параметрів складових екологічної системи (повітря, вода, ґрунти) до впровадження флотаційного дозбагачення. Ці дані є базовими у здійсненні подальших екологічних досліджень впливу флотореагенту на довкілля.

Після вибору конкретного флотореагенту необхідно забезпечити, з урахуванням запланованих обсягів виробництва та параметрів ВС ГЗК, екологічну безпеку ПВО при впровадженні флотаційних технологій. Для цього запропоновано послідовно здійснити 9 етапів досліджень.

Розглянемо наведені етапи з обґрунтуванням необхідності здійснення кожного та визначимо коло питань щодо їх реалізації.

Етап 1. Встановлення ГДК для обраного флотореагенту. Флотореагенти відносять до поверхнево-ак-



тивних речовин (ПАВ), які мають ряд негативних, з точки зору екологічної та гігієнічної безпеки, властивостей [7, 8, 9]. Тому після визначення конкретного виду флотореагенту для використання за технологією дозбагачення на певному ГЗК щодо нього слід встановити ГДК – якщо цей вид флотореагенту в Україні ще не використовувався і щодо нього не було визначено ГДК – критерію, за яким здійснюватиметься контроль нормування якості води у ПВО при скиданні вод, що містять флотореагент. Розробка та затвердження цього нормативу ($C^{ГДК}$) – за встановленим порядком [10]. Скидання у ПВО речовин, для яких не встановлено ГДК, заборонено [11].

Етап 2. Аналіз балансу технічної води ГЗК з урахуванням впровадження технології флотаційної доводки. Метою проведення даного етапу є визначення основних параметрів ВС ГЗК, які в подальшому потрібні для здійснення прогнозу накопичення флотореагенту у хвостосховищі ГЗК, – схема типового балансу технічної води ГЗК (рис. 1).

Як показано (рис. 1), на ГЗК експлуатується оборотна система технічної води (ТВ) на базі хвостосховища. Основним джерелом її поповнення є кар'єрні води ($Q_{кар}$) та атмосферні опади ($Q_{оп,хв}$, $Q_{оп,пром}$). Обсяг $Q_{кар}$ залежить від гідрогеологічної ситуації в районі кар'єру та погодних умов.

Сума розглянутих 3-х джерел складає позитивний балансовий обсяг технічної води ВС ГЗК ($Q_{бал,+}$)

$$Q_{бал,+} = Q_{кар} + Q_{оп,хв} + Q_{оп,пром}$$

Негативний балансовий обсяг технічної води ВС ГЗК ($Q_{бал,-}$) визначається такими складовими:

$$Q_{бал,-} = Q_{БП,хв} + Q_{БП,об} + Q_{ск}$$

де $Q_{БП,хв}$ – безповоротні втрати води на хвостосховищі внаслідок випаровування, фільтрації та заповнення пор; $Q_{БП,об}$ – безповоротні втрати оборотної води на проммайданчику ГЗК, у т.ч. технологічні витрати на випаровування при виробництві окатків;

$Q_{ск}$ – обсяг надлишкової оборотної (дебалансної) води, який скидається у ПВО.

Крім того, для подальших розрахунків важливе значення мають внутрішні показники роботи ВС ГЗК:

- обсяг оборотної води, який надходить з хвостосховища на проммайданчик ($Q_{об,-}$), залежить від технічного регламенту роботи ГЗК;
- обсяг оборотної води, який надходить у хвостосховище з проммайданчика ($Q_{об,+}$), визначається за формулою

$$Q_{об,+} = Q_{об,-} - Q_{БП,об} + Q_{оп,пром}$$

Обсяг води, який споживається флотаційним відділенням ($Q_{фл,об}$), залежить від технічного регламенту роботи флотаційного відділення.

До внутрішніх параметрів ВС ГЗК слід також віднести величину заповнення ставка хвостосховища ($V_{хв}$). На деяких ГЗК хвостосховище містить декілька відсіків, що дозволяє варіювати об'єми його заповнення. Величина $V_{хв}$ може суттєво впливати на екологічні показники ТВ у ВС ГЗК, тому необхідно враховувати величину $V_{хв}$ для різних режимів експлуатації хвостосховища.

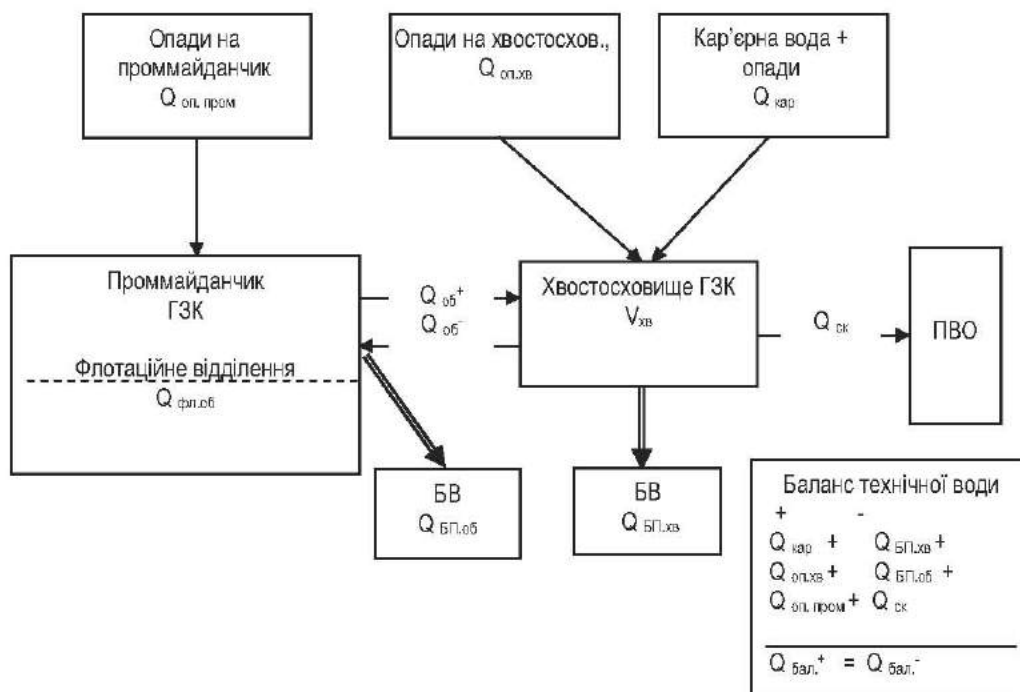


Рисунок 1 – Схема типового балансу технічної води ГЗК (БВ – безповоротні втрати)

Етап 3. Розробка принципової схеми обігу флотореагенту у системі дозбагачення залізної руди ГЗК. Протягом роботи флотаційного відділення (ФВ) може відбуватися накопичення флотореагенту в оборотній воді ВС, тому необхідно заздалегідь здійснювати (з урахуванням основних процесів надходження, виносу, сорбції та деградації флотореагенту) прогнози розрахунки процесів накопичення флотореагенту у хвостосховищі. Розрахункова схема обігу флотореагенту (рис. 2) потрібна для розробки прогнозової моделі його динаміки (етап 5).

З урахуванням того, що технічна вода у ВС ГЗК знаходиться у оборотному циклі (рис. 2), типова розрахункова схема обігу флотореагенту у системі збагачення залізної руди також буде мати циклічний вигляд (рис. 3).

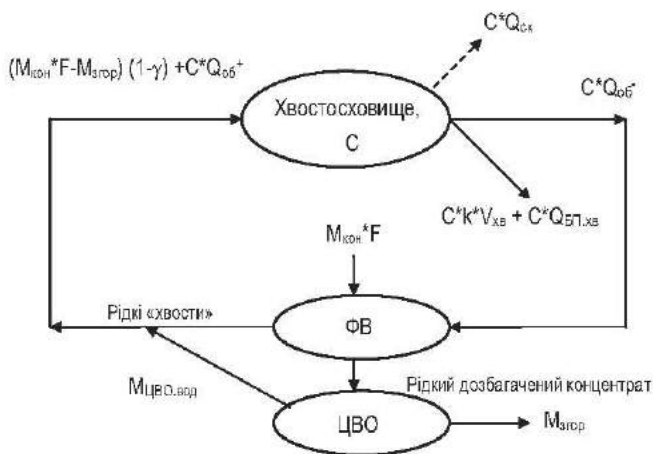


Рисунок 2 – Типова розрахункова схема обігу флотореагенту у системі збагачення залізної руди ГЗК

Ключовими елементами, через які обертається ТВ із вмістом флотореагенту, є флотаційне відділення, цех виробництва окатків (ЦВО) та хвостосховище (С – концентрація флотореагенту в системі – параметр, який підлягає визначенню).

Флотореагент поступає у ФВ з концентратом – $M_{кон} * F$ ($M_{кон}$ – маса концентрату, який поступає на флотацію, F – кількість флотореагенту, який подається на одиницю концентрату). Безпосередньо з ФВ у хвостосховище – з рідкими «хвостами»: флотореагент у «хвостах» міститься у воді ($M_{фл.хв.вод}$) та на твердій фазі ($M_{фл.хв.тв}$).

Збагачений концентрат з флотаційного відділення поступає у ЦВО – флотореагент знаходиться у воді з концентратом ($M_{фл.кон.вод}$) та на твердій фазі ($M_{фл.кон.тв}$). Після зневоднення концентрату більша частина води (до 90 %) спрямовується до оборотної системи і повертається у хвостосховище – ця вода також містить флотореагент ($M_{цво.вод}$).

Флотореагент, який залишається у воді (у межах 10 %) та зберігається на твердій фазі концентрату при виробництві окатків, випаровується у повітря або згоряє – це безповоротні втрати флотореагенту ($M_{згор}$).

Таким чином, у хвостосховище з водою та на твердій фазі потрапляє така кількість нового флотореагенту з ФВ

$$M_{кон} * F - M_{згор} = M_{фл.хв.вод} + M_{фл.хв.тв} + M_{цво.вод}$$

із цієї кількості флотореагенту у воді знаходиться

$$(M_{кон} * F - M_{згор}) * (1 - \gamma),$$

де γ – коефіцієнт сорбції, який відображає процес поглинання флотореагенту на твердій фазі.

Крім того, ТВ, яка надходить у хвостосховище з проммайданчику ГЗК ($Q_{об}^+$), вже містить флотореагент у обсязі $C * Q_{об}^+$.

Отже, загальний обсяг флотореагенту, який поступає у хвостосховище (після проммайданчика ГЗК):

$$(M_{кон} * F - M_{згор}) * (1 - \gamma) + C * Q_{об}^+.$$

Безпосередньо у хвостосховищі буде здійснюватись процес зменшення обсягів накопичення флотореагенту через:

- скид із хвостосховища дебалансних вод ($Q_{ск}$), що містять флотореагент, до ПВО – $C * Q_{ск}$;
- безповоротні втрати води на хвостосховищі – $C * Q_{сп.хв}$;
- втрати флотореагенту через процес його біодеградації у хвостосховищі – $C * k * V_{хв}$, де k – коефіцієнт неконсервативності, який відображає інтенсивність процесу біодеградації флотореагенту;
- забір води з хвостосховища обсягом $C * Q_{об}$ – для оборотної системи ГЗК.

У наведеній принциповій схемі частина параметрів визначається за даними технічних регламентів роботи основних виробництв ГЗК ($M_{кон}$, F , $M_{згор}$, $Q_{об}^+$, $Q_{об}^-$, $V_{хв}$) – визначення коефіцієнтів γ і k пропонується здійснювати експериментально за умов конкретного ГЗК.

Етап 4. Експериментальне визначення основних параметрів флотореагенту принципової розрахункової схеми. Як показано вище, до основних параметрів флотореагенту розглянутої схеми (рис. 3) віднесено коефіцієнти сорбції (γ) та неконсервативності (k) – попередню інформацію з величини коефіцієнту γ , як правило, може надати виробник флотореагенту, однак величина обох коефіцієнтів при використанні флотореагенту в умовах конкретного ГЗК буде суттєво залежати від технічних регламентів його роботи, фізико-кліматичних та хімічних показників якості води. Тому остаточне визначення величини даних коефіцієнтів пропонується здійснювати експериментально за умови конкретного ГЗК.

Визначення коефіцієнту γ . Після флотаційного дозбагачення утворюються «хвости», що містять значну частину



флотореагенту та концентрат з підвищеним вмістом заліза і залишками флотореагенту. Тверді часточки «хвостів» і концентрату сорбують на своїй поверхні флотореагент, частина якого залишається у водній фракції. Після флотаційного збагачення отриманий концентрат направляється до цеху виробництва окатків, а «хвости», що утворюються, спрямовуються до системи водовідведення.

Кількість флотореагенту, що надходить у відділення флотації, його розподіл на рідкі «хвости» і рідкий концентрат – все це визначається за коефіцієнтом сорбції, що потрібно отримати на основі натурних експериментальних досліджень, які проводять в модельних умовах з реальною водою оборотної системи ГЗК – з додаванням компонентів («хвостів», залізородного концентрату і флотореагенту) у обсягах, що відповідають реальним концентраціям технологічного процесу. Об'єкти дослідження – залізородний концентрат і «хвости», які відібрані після сухого збагачення до флотації.

Слід зауважити, що за високої температури води (вище 30 °С) відбуваються процеси десорбції (характеризуються коефіцієнтом десорбції γ) – флотореагент з твердої фракції переходить у водну товщу, тому значення коефіцієнтів сорбції на «хвостах» буде зменшуватись, а на концентраті, відповідно, збільшуватись.

Визначення коефіцієнту k. З метою отримання параметрів, що характеризують неконсервативність флотореагенту у воді хвостосховища, проводяться модельні лабораторні дослідження. Перевага цих експериментів у порівнянні з натурними спостереженнями полягає у тому, що вони дозволяють виключити низку випадкових факторів, дають можливість отримати значний обсяг інформації при менших витратах праці, коштів і часу та легко керовані, а їх результати потенційно більше застосовуються до різних умов навколишнього середовища.

На воді хвостосховища ГЗК готується розчин флотореагенту, концентрація якого відповідає реальним концентраціям у хвостосховищі. Протягом певного проміжку часу (до 30 діб) контролюється динаміка вмісту флотореагенту. Експериментально отримані дані наносяться на графік $C=f(t)$, де t – час від початку спостереження, доба.

Аналіз досліджень кінетики трансформації органічних речовин, до яких відноситься і флотореагент, показав, що цей процес можна описати експоненціальним законом [14]

$$C_t = C_0 * e^{-kt}, \quad (1)$$

де C_t – концентрація флотореагенту в будь-який проміжок часу, мг/л;

C_0 – початкова концентрація флотореагенту, мг/л;

k – коефіцієнт неконсервативності, доба⁻¹.

За результатами визначення динаміки концентрації флотореагенту у модельних експериментах з використанням експоненціального рівняння (1) і методу найменших квадратів отримуємо теоретичне значення коефіцієнту k .

Значення коефіцієнту k залежить від температури води

$$k_T = k_{20} * f(T),$$

де k_T, k_{20} – значення коефіцієнта неконсервативності за температури T та 20 °С відповідно.

Етап 5. Розробка прогнозної моделі поведінки флотореагенту у часі – центральний момент послідовності етапів, що розглядаються. Дана модель необхідна як інструмент для проведення прогнозу зміни накопичення флотореагенту у хвостосховищі ГЗК (етап 6), а також для проведення аналізу варіантів водоохоронних заходів зі зниження впливу флотореагенту на ПВО до нормативних показників (етап 7). При розробленні цієї моделі необхідно врахувати, що:

- основою побудови повинна стати типова схема (рис. 2), в якій враховані особливості обігу флотореагенту у системі збагачення залізної руди ГЗК, що досліджується;
- модель повинна відображати зміну вмісту розчиненого у воді хвостосховища флотореагенту (величина C , рис. 2) при експлуатації системи оборотного водопостачання;
- модель має бути універсальною щодо впровадження можливих природоохоронних заходів (перехід на замкнену оборотну систему без скидання дебалансних вод до ПВО, продувка хвостосховища свіжою водою, скидання дебалансних вод до ПВО через локальні очисні споруди та інші).

Етап 6. Прогноз зміни накопичення флотореагенту у хвостосховищі ГЗК (без впровадження додаткових заходів) – здійснюється на основі проектних даних щодо експлуатації флотаційного відділення та розробленої прогнозної моделі поведінки флотореагенту у часі.

Прогноз динаміки вмісту флотореагенту у воді хвостосховища виконується на період 2–3 роки. При цьому враховуються процеси десорбції (винос флотореагенту з твердої фази у воду) у літні місяці при збільшенні температури води у хвостосховищі. Внаслідок десорбції підвищується вміст флотореагенту у воді хвостосховища. Типовий графік динаміки флотореагенту у воді хвостосховища наведено на рис. 3.

Як видно з рис. 3, концентрація флотореагенту ($C(t)$) упродовж періоду спостереження суттєво змінюється: максимальне значення (C_{max}) припадає на літні місяці.

Етап 7. Прогноз якості води у водних об'єктах при скиданні у них дебалансних вод ГЗК. За наявності по-

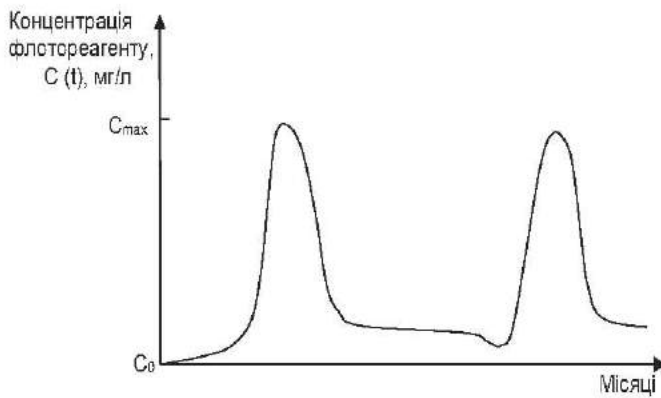


Рисунок 3 – Типовий графік динаміки флотореагенту у воді хвостосховища

зитивного дебалансу технічної води ВС ГЗК надлишкової води ($Q_{ск}$), вміст флотореагенту в яких наведено на рис. 3, відводяться з хвостосховища у ПВО.

Для подальшого дослідження потрібно вибрати найгірше, з точки зору забруднення, значення C_{max} в останні періоди часу це значення буде суттєво нижчим (рис. 3).

Якість води у водному об'єкті при скиданні у нього дебалансних вод ГЗК з концентрацією флотореагенту C_{max} перевіряється у контрольному створі, розташованому на відстані не менше 500 м від скиду.

Кратність розбавлення (n) у контрольному створі водотоків може визначатися за методикою Фролова – Родзиллера [12], а у водоймах – за методикою [13], яка ґрунтується на аналітичному рішенні спрощеного рівняння турбулентної дифузії. Значення n дорівнює

$$n = (C_{max} - C_{ф}) / (C_{кк} - C_{ф}), \quad (2)$$

де $C_{ф}$ і $C_{кк}$ – концентрація флотореагенту у фоновому та контрольному створі відповідно.

Як правило, у контрольному створі ПВО флотореагент відсутній, отже $C_{ф} = 0$. За цієї умови рівняння (2) можливо записати

$$C_{кк} = C_{max} / n.$$

За цією формулою визначається якість води у контрольному створі ПВО.

Отримане значення $C_{кк}$ порівнюється з його критеріальним значенням $C^{ПК}$. За результатами порівняння можливі такі рішення:

- при $C_{кк} < C^{ПК}$ – вплив флотореагенту на ПВО є екологічно безпечним, тому додаткових заходів вживати щодо зниження його концентрації у ПВО непотрібно;
- при $C_{кк} \geq C^{ПК}$ – вплив флотореагенту на ПВО є екологічно небезпечним і тому потрібно продовжити дослідження з доведення впливу забруднюючої речовини до нормативних показників.

дження з доведення впливу забруднюючої речовини до нормативних показників.

Етап 8. Розробка варіантів водоохоронних заходів зі зниження впливу флотореагенту на ПВО. До варіантів водоохоронних заходів можливо віднести:

- будівництво локальних очисних споруд (ЛОС) для очищення дебалансних вод;
- перехід на замкнуту оборотну систему без скиду виробничих стічних вод у водні об'єкти – у цьому випадку у ПВО скидаються невикористані кар'єрні води;
- повернення у хвостосховище очищених на ЛОС стічних вод;
- продувка хвостосховища кар'єрними водами та водою обвідного каналу у весняний період та інші.

По кожному з наведених варіантів потрібно провести попередній аналіз щодо принципової можливості його реалізації на конкретному ГЗК. Далі по кожному з варіантів, які будуть відібрані після попереднього аналізу, необхідно здійснити дослідження за етапами 2–7. У результаті по кожному з них буде отримане значення концентрації флотореагенту у контрольному створі ПВО – $C_{скі}$ (i – номер варіанту, що розглядається). Ті з варіантів, за якими виконується співвідношення $C_{скі} < C^{ПК}$, залишаються для подальших досліджень.

Етап 9. Еколого-економічний аналіз запропонованих варіантів водоохоронних заходів та вибір кращого з них. Реалізація водоохоронних заходів є досить коштовною, тому пропонується за виділеними на етапі 8 варіантами здійснити аналіз їх еколого-економічної ефективності та згідно з отриманими даними відібрати найкращий. Для цього за методикою еколого-економічного обґрунтування удосконалення систем водокористування [14] необхідно визначити по кожному з i -тих варіантів екологічний ефект

$$E_i = C_{ск} - C_{скі},$$

а також показник чистої поточної вартості ЧПВ. Потім привести варіанти до порівняльного вигляду за ефектом і отримати приведені значення чистої поточної вартості за варіантами ЧПВ_і^{пр}. Найкращий з варіантів буде той, який має мінімальне значення величини ЧПВ_і^{пр}. Він і підлягає впровадженню на ГЗК, тому що буде забезпечувати нормативні вимоги до концентрації флотореагенту у контрольному створі ПВО і є доцільним з економічної точки зору.

Таким чином, реалізація розглянутої послідовності проведення досліджень на ГЗК дозволить зробити екологічно безпечними, відносно поверхневих водних об'єктів, флотаційні технології для дозбагачення залізних руд вже на передпроектній стадії її впровадження.



БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мировое производство DRI в январе 2011 года выросло на 2,8 %. [Электронный ресурс] / Информационное агентство «МИНПРОМ». – Режим доступа : <http://minprom.ua/news/62202.html>.
2. **Воронцов, И.** Ломовая альтернатива. [Электронный ресурс] / Информационное агентство «МИНПРОМ». – Режим доступа : <http://minprom.ua/articles/42169.html>.
3. Справочник по обогащению руд. Основные процессы / сост. О.С. Богданов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1983. – 381 с.
4. Теория и технология флотации руд / О.С. Богданов, И.И. Максинов, А.К. Поднек, Н.А. Янис. – М. : Недра, 1990. – 363 с.
5. **Себба, Ф.** Ионная флотация : монография / Ф. Себба ; пер. с англ. В.П. Небера, А.М. Гольиан. – М. : Metallurgia, 1965. – 167 с.
6. Новые рабочие места требуют загрязнения Баренцева моря? [Электронный ресурс] / Информационный портал «Есоportal». – Режим доступа : <http://есоportal.su/news.php?id=43802>.
7. **Можаев, Е.А.** Загрязнение водоемов поверхностно-активными веществами / Е.А. Можаев. – М. : Медицина, 1976. – 96 с.
8. **Ставская, С.С.** Биологическое разрушение анионных ПАВ / С.С. Ставская. – К. : Наукова думка, 1981. – 114 с.
9. **Ставская, С.С.** Микробиологическая очистка воды от поверхностно-активных веществ / С.С. Ставская. – К. : Наукова думка, 1988. – 182 с.
10. **Кашинцева, М.Л.** Методические рекомендации по установлению предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов : утв. Минрыбхозом СССР 21.04.1986 / М.Л. Кашинцева, Б.С. Степаненко, С.Н. Анисовой. – М., 1987. – 37 с.
11. Водний кодекс України : офіційне видання. – К. : Ін Юре, 2004. – 136 с.
12. **Родзиллер, И.Д.** Прогноз качества воды водоемов – приемников сточных вод / И.Д. Родзиллер. – М. : Стройиздат, 1984. – 263 с.
13. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами : затв. Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України № 116 від 15.12.1994. – Х., УкрНЦОВ, 1994. – 77 с.
14. **Дмитрієва, О.О.** Екологічно безпечне водовідведення у населених пунктах України : монографія / О.О. Дмитрієва. – К. : Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України, 2008. – 459 с.

Поступила в редакцію 10.04.2012

Рассмотрены особенности экологически безопасного внедрения флотационных технологий дообогащения железных руд на горно-обогатительных комбинатах.

Peculiarities of environmentally friendly introduction of flotation technologies of additional concentration of iron ore at mining and processing works are considered.