

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ
ВПРОВАДЖЕННІ ФЛОТАЦІЙНОЇ ДОВОДКИ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД**

*О.О. Дмитрієва, д-р екон. наук
(Український науково-дослідний
інститут екологічних проблем);
О.Л. Тертичний, канд. техн. наук
(Український науково-дослідний
інститут екологічних проблем);
Г.В. Василенко
(Український науково-дослідний
інститут екологічних проблем)*

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

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

The features of the introduction of environmentally sound technologies flotation beneficiation of iron ores in the mining enterprises.

Постановка проблеми. В умовах жорсткої конкуренції на світовому ринку залізорудної сировини обсяги продажу концентратів з низьким вмістом заліза постійно знижуються. Це зумовлюється, з одного боку, економічною доцільністю використання багатих концентратів у доменному та сталеплавильному виробництвах [1] і, з іншого боку, необхідністю забезпечення високоякісною сировиною процесів прямого відновлення заліза, що забезпечить підвищену ефективність виробництва за рахунок мінімізації обсягу відпрацьованих відходів [2]. Останнє потребує використання залізорудного концентрату з вмістом заліза від 67% [2,3].

У випадках, коли сировинну базу магнітних аномалій родовищ відносять до класу бідних руд (з порівняно невеликим вмістом заліза, великим вмістом порожньої породи) існуючі технологічні схеми магнітного збагачення магнетитової руди забезпечують концентрат, в якому міститься до 64% заліза.

При цьому для успішної конкуренції на ринку залізорудної сировини

гірничо-збагачувальним комбінатам (ГЗК) необхідно довести цей показник до рівня 67-70% вмісту заліза [4].

Технології магнітного збагачення з використанням гідросепарації, тонкого грохочення, роздільного збагачення за крупністю продуктів подрібнення у випадку бідних руд не дозволяють забезпечити вмісту показника заліза у кінцевій продукції на світовому рівні. Показано, що найбільш ефективним процесом для цієї мети як технологічно, так і економічно є зворотна катіонна флотація з використанням певного флотореагенту. Вона реалізується послідовно за магнітним збагаченням та має назву – технологія дозбагачування магнітного концентрату (дозбагачення) [5].

У процесі флотації флотореагент може поступово накопичуватись до небезпечних концентрацій у водогосподарських системах (ВС) ГЗК, в яких використовується оборотна система на базі хвостосховища [6]. При скиданні надлишкових (дебалансних) вод ВС ГЗК у поверхневі водні об'єкти (ПВО) може здійснюватись негативний вплив на їх водну екосистему та, як наслідок, погіршення показників якості води понад нормативні вимоги.

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.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Теорія та технологія зворотної катіонної флотації є достатньо розробленою [5,6,7]. Як за кордоном, так і в Україні даний вид флотації широко використовується для дозбагачення магнетитових концентратів [6]. 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 отримали системного розв'язання. Однак, як показує досвід Норвегії [8], питання екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів при впровадженні флотаційної доводки збагачення залізних руд може бути дуже актуальним.

Мета статті - обґрунтування етапів дослідження, які необхідно здійснити для забезпечення екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів при впровадженні флотаційних технологій для дозбагачення залізних руд, та визначення кола питань, які необхідно вирішити при реалізації кожного з них.

Виклад основного матеріалу. Флотаційний метод дозбагачення стає одним з найпоширеніших технологічних процесів при переробці бідних і важкозбагачуваних руд. На цей час налічується кілька сот флотореагентів і з кожним роком їх кількість зростає [5]. При обґрунтуванні технології дозбагачення на конкретному ГЗК здійснюється співставлення основних флотореагентів шляхом проведення відповідних експериментів з використанням породи, яка розробляється ГЗК, та води з його ВС. Попередній

вибір флотореагенту відбувається за техніко-економічним аналізом результатів проведених експериментів. Остаточне рішення щодо можливості використання флотореагенту буде отримано згідно з результатами екологічних досліджень його властивостей в умовах екологічної системи ГЗК, на якому планується впровадження флотореагенту. В процесі екологічних досліджень:

по-перше, встановлюється можливість розкладення флотореагенту, період його напіврозпаду в умовах конкретного ГЗК;

по-друге, фіксуються фонові значення за основними параметрами складових екологічної системи (повітря, вода, ґрунти) до впровадження флотаційного дозбагачення. Ці дані використовуються в якості базових при здійсненні подальших екологічних досліджень впливу флотореагенту на довкілля.

Після вибору конкретного флотореагенту необхідно, з урахуванням запланованих обсягів виробництва та параметрів ВС ГЗК, забезпечити екологічну безпеку ПВО при впровадженні флотаційних технологій. Для цього запропоновано етапи досліджень, наведені на рис.1.

Розглянемо кожен з наведених етапів і при цьому обґрунтуємо необхідність їх здійснення та визначимо коло питань, які необхідно вирішити при реалізації кожного з них.

1. *Встановлення ГДК для обраного флотореагенту.* Флотореагенти відносять до поверхнево активних речовини (ПАВ), які мають ряд негативних з точки зору екологічної та гігієнічної безпеки властивостей [9,10,11]. Тому після того, як на ГЗК визначаються з конкретним видом флотореагенту для використання за технологією дозбагачення, по ньому потрібно встановити ГДК – критерій, за допомогою якого буде здійснюватись контроль за нормуванням якості води у ПВО при скиданні до нього вод, що містять флотореагент (якщо цей вид флотореагенту в Україні ще не використовувався і по ньому не було визначено ГДК). Розробка та затвердження цього нормативу ($C^{ГДК}$) здійснюється за порядком, що встановлений [12]. Скидання у ПВО речовин, для яких не встановлено ГДК, заборонено [13].

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. Визначимо ці параметри на прикладі схеми типового балансу технічної води ГЗК (рис.2)

Як показано, 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 ($Q_{\text{бал.}^+}$):

$$Q_{\text{бал.}^+} = Q_{\text{кар}} + Q_{\text{оп.хв}} + Q_{\text{оп. пром.}}$$



Рис. 1. Етапи досліджень для забезпечення екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів при впровадженні флотаційних технологій

Негативний балансовий обсяг технічної води ВС ГЗК ($Q_{\text{бал.}^-}$) визначається наступними складовими:

$$Q_{\text{бал.}^-} = Q_{\text{БП.хв}} + Q_{\text{БП.об}} + Q_{\text{ск}},$$

де $Q_{\text{БП.хв}}$ – безповоротні втрати води на хвостосховищі внаслідок випаровування, фільтрації та заповнення пор;

$Q_{\text{БП.об}}$ – безповоротні втрати оборотної води на проммайданчику ГЗК, у тому числі технологічні витрати на випаровування при виробництві окатків;

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

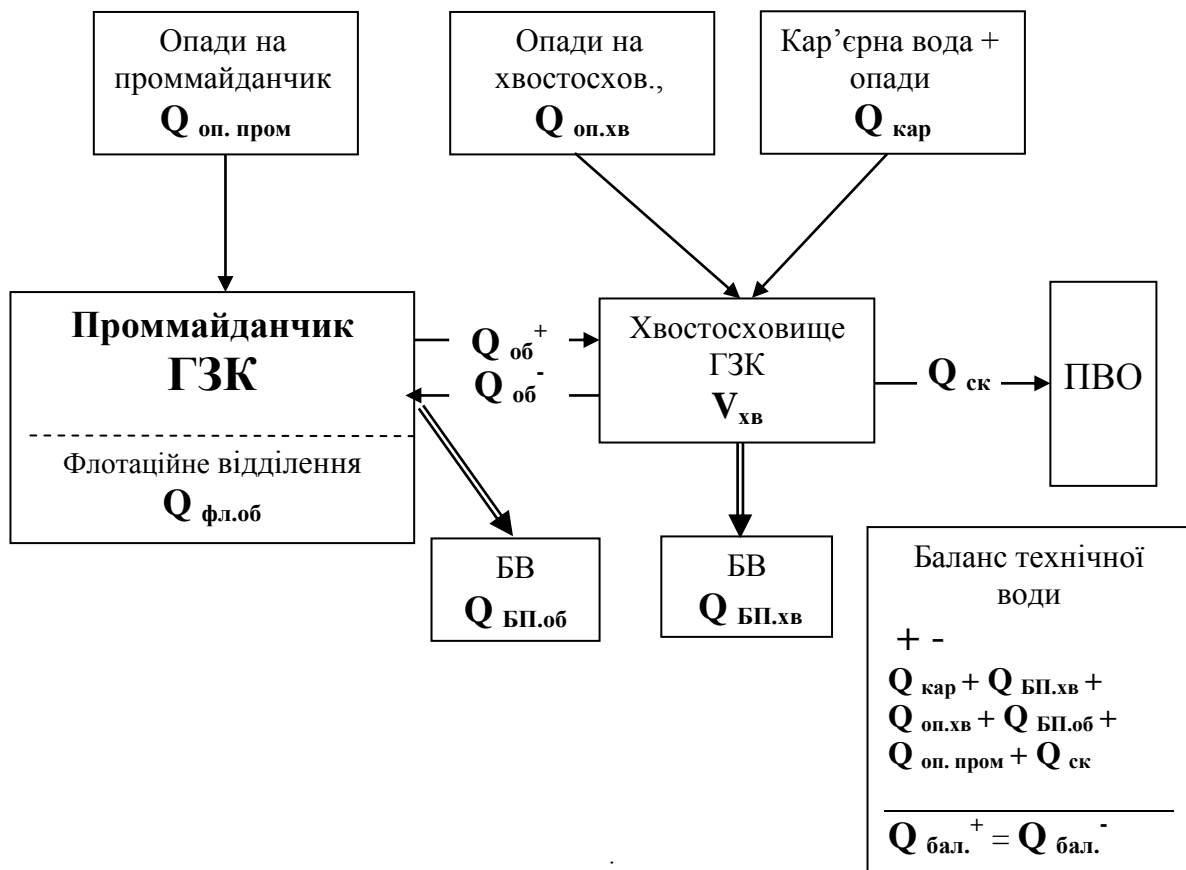


Рис. 2. Схема типового балансу технічної води ГЗК, БВ – безповоротні втрати

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 ($Q_{об}^+$) і 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.

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 потрібно заздалегідь здійснювати прогнозні розрахунки процесів накопичення флотореагенту у хвостосховищі з урахуванням основних процесів надходження,

виносу, сорбції та деструкції флотореагенту. Розрахункова схема обігу флотореагенту (рис. 3) потрібна для розробки прогнозної моделі його динаміки (див. етап 5).

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

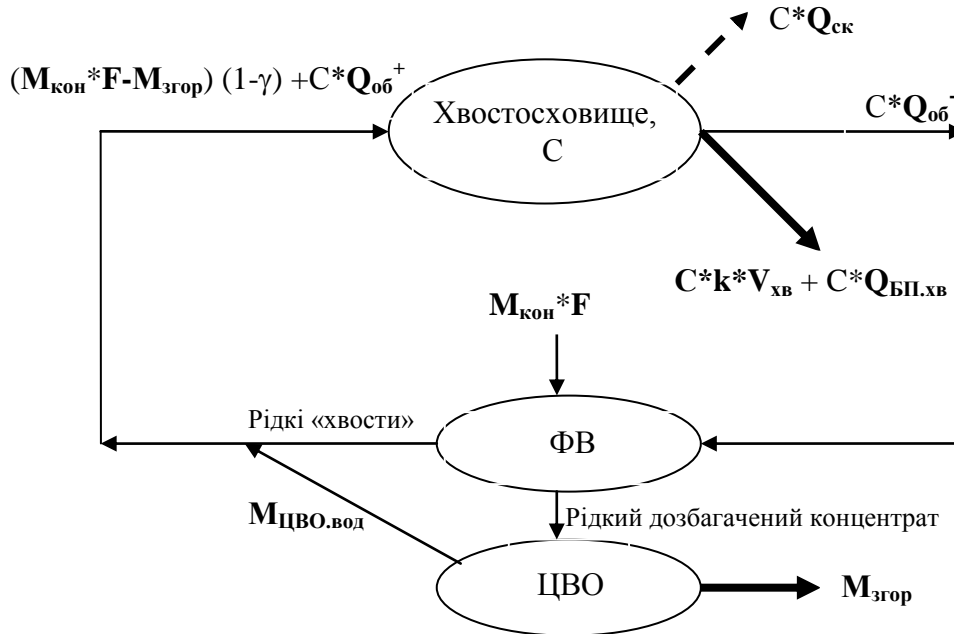


Рис. 3. Типова розрахункова схема обігу флотореагенту у системі збагачення залізної руди ГЗК:

- > безповоротні технологічні втрати флотореагенту та його втрати на біодеструкцію;
- -> скид з хвостосховища дебалансних вод, що містять флотореагент, до ПВО.

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

У ФВ з концентратом надходить флотореагент, витрата якого $M_{\text{кон}} * F$, де $M_{\text{кон}}$ – маса концентрату, який надходить на флотацію, F – кількість флотореагенту, який подається на одиницю концентрату.

Безпосередньо з ФВ у хвостосховище флотореагент надходить з рідкими «хвостами». Флотореагент у «хвостах» міститься у воді ($M_{\text{фл.хв.вод}}$) та на твердій фазі ($M_{\text{фл.хв.тв}}$).

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

Флотореагент, який залишається у воді (у межах 10%) та зберігається на

твердій фазі концентрату при виробництві окатків, випаровується у повітря або згоряє, тобто це безповоротні втрати флотореагенту ($M_{згор}$).

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

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

З 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 у собі флотореагент у обсязі $C * Q_{об}^+$.

Отже, загальний обсяг флотореагенту, який надходить у хвостосховище після проммайданчику ГЗК, буде дорівнювати:

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

Безпосередньо у хвостосховищі буде здійснюватися процес зменшення обсягів накопичення флотореагенту за рахунок:

- скиду з хвостосховища дебалансних вод ($Q_{ск}$), що містять флотореагент, до ПВО у обсязі $C * Q_{ск}$;
- безповоротної втрати води на хвостосховищі у обсязі $C * Q_{Бп.хв}$;
- втрати флотореагенту завдяки процесу його біодеструкції в хвостосховищі у обсязі $C * k * V_{хв}$, де k – коефіцієнт неконсервативності, який відображає інтенсивність процесу біодеструкції флотореагенту;
- забору води з хвостосховища у обсязі $C * Q_{об}^-$ 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.

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). Щодо величини коефіцієнта γ , як правило, може надати попередню інформацію 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 остаточно величини даних коефіцієнтів пропонується визначати 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, а частина його залишається у водній фракції. Після флотаційного збагачення отриманий концентрат направляється в цех 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 визначається за коефіцієнтом сорбції, який потрібно отримати на основі натурних експериментальних досліджень. Їх проводять у модельних умовах з реальною водою оборотної системи ГЗК з додаванням компонентів («хвостів», залізородного концентрату і флотореагенту) у обсягах, які відповідають реальним концентраціям технологічного процесу. Об'єктами дослідження будуть залізородний концентрат і «хвости», відібрані після сухого збагачення до флотації.

Слід зауважити, що при високій температурі води (вище 30°C) відбуваються процеси десорбції (характеризуються коефіцієнтом десорбції γ), тобто флотореагент із твердої фракції переходить у водну товщу, тому значення коефіцієнтів сорбції на «хвостах» буде зменшуватись, а, відповідно, на концентраті - 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, легкокеровані, а їх результати потенційно більш 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. Отримані експериментальні дані наносяться на графік $C=f(t)$, де t - час від початку спостереження, доба.

Аналіз досліджень кінетики трансформації органічних речовин, до яких належить 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 коефіцієнта k .

Значення коефіцієнта k залежить від температури води:

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

де k_T , k_{20} – значення коефіцієнта неконсервативності при температурі T та 20°C відповідно.

5. Розробка прогнозної моделі поведінки флотореагенту в часі. Це

центральний момент послідовності етапів, що розглядаються (рис.1). Дана модель необхідна як інструмент для проведення прогнозу зміни накопичення флотореагенту у хвостосховищі ГЗК (етап 6, рис. 1), а також для проведення аналізу варіантів водоохоронних заходів щодо зниження впливу флотореагенту на ПВО до нормативних показників (етап 7). При розробленні цієї моделі необхідно врахувати наступне:

- основою її побудови повинна стати типова схема (рис.3), в якій враховані особливості обігу флотореагенту у системі збагачення залізної руди ГЗК, що досліджується;

- модель повинна відобразити зміну вмісту розчиненого у воді хвостосховища флотореагенту (величина C , див. рис. 3) під час експлуатації системи оборотного водопостачання;

- модель повинна 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 ін.).

6. *Прогноз зміни накопичення флотореагенту у хвостосховищі ГЗК (без впровадження додаткових заходів).* Він виконується на основі проектних даних щодо експлуатації флотаційного відділення та розробленої прогнозної моделі поведінки флотореагенту в 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. 4.

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

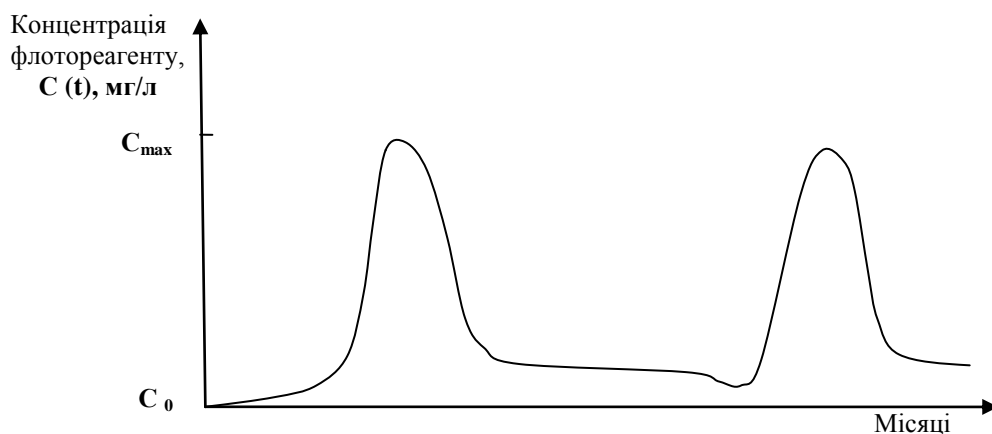


Рис. 4. Типовий графік динаміки флотореагенту у воді хвостосховища

7. Прогноз якості води у водних об'єктах при скиданні до них дебалансних вод ГЗК. За наявності позитивного дебалансу технічної води ВС ГЗК надлишкові води ($Q_{ск}$), вміст флотореагенту в яких наведено на рис.4, відводяться з хвостосховища у ПВО.

Для подальшого дослідження потрібно вибрати найгірше, з точки зору забруднення, значення C_{max} , в інші періоди часу його значення буде значно нижче (рис. 4).

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

Кратність розбавлення (n) у контрольному створі водотоків може визначатися за методикою Фролова – Родзиллера [14], а у водоймах - за методикою [15], які ґрунтуються 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 у вигляді :

$$C_{кк} = C_{max} / n .$$

За цією формулою визначається якість води у контрольному створі ПВО.

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

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

8. Розробка варіантів водоохоронних заходів щодо зниження впливу флотореагенту на ПВО. До варіантів водоохоронних заходів можливо віднести наступні:

- будівництво локальних очисних споруд (ЛОС) для очищення дебалансних вод;
- перехід на замкнену 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 ін.

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 (рис.1). У результаті по кожному з них буде отримано

значення концентрації флотореагенту у контрольному створі ПВО - $C_{ck i}$ (i – номер варіанту, що розглядається). Ті з варіантів, по яких виконується співвідношення $C_{ck i} < C^{ГДК}$, залишаються для подальших досліджень.

9. *Еколого–економічний аналіз запропонованих варіантів водоохоронних заходів та вибір кращого з них.* Реалізація водоохоронних заходів має досить високу вартість. 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 [16] необхідно визначити по кожному з i -х варіантів екологічний ефект:

$$E_i = C_{ck} - C_{ck i},$$

та показник чистої поточної вартості ЧПВ $_i$. Привести варіанти до порівняльного вигляду за ефектом і отримати приведені значення чистої поточної вартості за варіантами ЧПВ $_i^{пр}$. Найкращим з варіантів буде той, який має мінімальне значення величини ЧПВ $_i^{пр}$. 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 флотаційні технології для дозбагачення залізних руд екологічно безпечними відносно поверхневих водних об'єктів вже на передпроектній стадії їх впровадження.

* * *

1. Окатыши [Електрон.ресурс] / Большой Энциклопедический словарь. 2000.– Режим доступа к журналу: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc3p/218846>
2. Мировое производство DRI в январе 2011 года выросло на 2,8%. [Електрон.ресурс] / Информационное агентство «МИНПРОМ». – Режим доступа к журналу: <http://minprom.ua/news/62202.html>
3. Воронцов И. Ломовая альтернатива / И. Воронцов / [Електрон.ресурс] / Информационное агентство «МИНПРОМ». – Режим доступа к журналу: <http://minprom.ua/articles/42169.html>
4. Законодатели моды [Електрон.ресурс] / Информационный портал «allbis». – [Укррудпром. 2005, 28 марта].– Режим доступа к журналу: <http://www.ua.all-biz.info/publications/?pubid=330>
5. Справочник по обогащению руд. Основные процессы : сост.: О. С. Богданов, 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1983. - 381 с.
6. Теория и технология флотации руд [О. С. Богданов, И. И. Максиюв, А. К. Поднек, Н. А. Янис]. – М. : Недра, 1990. – 363 с.
7. Себба Ф. Ионная флотация : [пер. с англ. В. П. Небера, А. М. Гольиан]: монография / Ф. Себба. – М. : Metallurgia, 1965. – 167 с.
8. Новые рабочие места требуют загрязнения Баренцева моря? [Електрон.ресурс] / Информационный портал «Есорортал». – Режим доступа к журналу:

<http://ecoportal.su/news.php?id=43802>

9. Можаяев Е. А. Загрязнение водоемов поверхностно-активными веществами / Е. А. Можаяев. – М. : Медицина, 1976. – 96 с.
10. Ставская С. С. Биологическое разрушение анионных ПАВ / С. С. Ставская. – К.: Наукова думка, 1981. – 114 с.
11. Ставская С. С. Микробиологическая очистка воды от поверхностно-активных веществ / С. С. Ставская. – К. : Наукова думка, 1988. – 182 с.
12. Кашинцева М. Л. Методические рекомендации по установлению предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов / М. Л. Кашинцева, Б.С. Степаненко, С.Н. Анисовой // Утвер. Минрыбхозом СССР 21.04.1986 г. – Москва , 1987. – 37 с.
13. Водний кодекс України: Офіційне видання. – К.: Концерн Видавничий Дім «Ін Юре», 2004. – 136 с.
14. Родзиллер И. Д. Прогноз качества воды водоемов – приемников сточных вод / И. Д. Родзиллер. – М. : Стройиздат, 1984. – 263 с.
15. 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 р. – Харків, УкрНЦОВ, 1994. – 77 с.
17. 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.

Отримано: 9.09.2011 р.