

$$n = 32,869\text{Ln}(x) - 10,617; \quad (3)$$

для раствора  $H_{cp}V_{cp}C_{cp4}$

$$n = 19,344\text{Ln}(x) - 4,47; \quad (4)$$

для раствора  $H_{cp}V_{cp}C_{cp5}$

$$n = 7,0587\text{Ln}(x) + 1,3012; \quad (5)$$

для раствора  $H_{cp}V_{cp}$

$$n = -0,5148x^2 + 7,7463x - 3,5095, \quad (6)$$

где  $n$  – количество частиц, шт.;

$x$  – дисперсность,  $10^2 \text{ см}^{-1}$ .

Максимальная погрешность расчета количества частиц по уравнениям 1 – 6) и расчетам, полученных по экспериментальным данным, не превышает 8%.

### **Выводы**

Результаты проведенных экспериментальных исследований по дисперсности показали, что изученные растворы имеют полидисперсный характер и довольно широкий диапазон загрязнений частицами эквивалентного диаметра. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе фильтрующих материалов и числа фильтрующих перегородок при очистке МР методом фильтрования.

**Список литературы:** 1. Букатенко Н.А. Усовершенствование процессов мойки автомобилей с обеспечением экологической безопасности и рационального использования водных ресурсов: дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: 21.06.01 / Букатенко Наталья Алексеевна. – Х., 2009. – 164 с.

*Поступила в редколлегию 15.02.2012*

**УДК 502.58:57.51-76:622.765**

*Г.В. ВАСИЛЕНКО*, асп, наук.спів., УкрНІЕП, Харків

## **ЕКОЛОГО–ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ФЛОТАЦІЇ НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ КОМБІНАТІ**

Наведена послідовність здійснення аналізу еколого–економічної ефективності водоохоронних заходів при впровадженні флотаційного дозбагачення на ГЗК. Обґрунтовано зміст та порядок розрахунку показників екологічного ефекту, витрат і ефективності у задачі, що розглядається.

**Ключові слова:** флотаційна доводка, екологічний ефект, витрати, еколого-економічна ефективність.

Приведенна последовательность осуществления анализа эколого-экономической эффективности водоохраных мероприятий при внедрении флотационного дообогащения на ГОК. Обоснованы содержание и порядок расчета показателей экологического эффекта, затрат и эффективности в рассматриваемой задаче.

**Ключевые слова:** флотационная доводка, экологический эффект, затраты, эколого-экономическая эффективность.

The sequence analysis of the environmental and economic benefits of water conservation measures in the implementation of the flotation beneficiation processing plant. Justified by the content and procedure of calculating the environmental impact, costs and effectiveness in this problem.

**Keywords:** flotation finishing, ecologically effects, cost, environmental and economic efficiency.

## **Постановка проблеми**

В умовах жорсткої конкуренції на світовому ринку залізорудної сировини зростають вимоги до якості товарних залізорудних концентратів. Тому на гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) при невисокої ефективності технології магнітного збагачення у випадку бідних і важкозбагачуваних руд впроваджують флотаційне дозбагачення.

В процесі флотації кількість флотореагенту може поступово зростати до небезпечних концентрацій у водогосподарській системі (ВГС) ГЗК, яка складається з оборотної системи на базі хвостосховища з можливістю скиду надлишкових виробничих стічних вод у водний об'єкт при наявності позитивного дебалансу. Скидання надлишкових (дебалансних) вод ВГС ГЗК у поверхневі водні об'єкти (ПВО) може здійснювати 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 хвостосховищі 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**

В [1] показано, що на передпроектній стадії впровадження флотаційних технологій дозбагачення залізних руд на ГЗК потрібно проводити дослідження, які дозволяють зробити дані технології безпечними відносно ПВО. Сутність досліджень полягає в тому, що виконується прогноз динаміки вмісту флотореагенту у воді хвостосховища, потім прогнозується вміст флотореагенту у контрольному створі ПВО, куди надлишкові води хвостосховища можуть потрапляти при наявності позитивного дебалансу технічної води ВГС ГЗК. У випадку, коли вплив флотореагенту на ПВО є екологічно небезпечним потрібно визначити та проаналізувати варіанти водоохоронних заходів щодо зниження впливу флотореагенту на ПВО до нормативних показників [1]. 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 випадку позитивного дебалансу технічної води до ПВО можуть бути скинуті тільки невикористані кар'єрні води;
- у випадку відсутності позитивного дебалансу технічної води - очищення на ЛОС стічних вод та їх повернення у хвостосховище;
- продувка хвостосховища кар'єрними водами та водою обвідного каналу у весняний період та інші.

Реалізація наведених водоохоронних заходів є досить кошовною, тому для вибору найкращого з них в умовах конкретного ГЗК пропонується дослідити їх еколого-економічну ефективність.

**Мета статті** – обґрунтувати порядок здійснення аналізу еколого-економічної ефективності водоохоронних заходів при впровадженні флотаційного дозбагачення на ГЗК.

**Виклад основного матеріалу.** За основу при обґрунтуванні вибору найкращого водоохоронного заходу в умовах конкретного ГЗК запропоновано використати підхід щодо оцінки еколого-економічної ефективності природоохоронних заходів [2], з урахуванням особливостей застосування аналізу еколого-економічної ефективності водоохоронних заходів при впровадженні флотаційного дозбагачення. Послідовність реалізації запропонованого підходу наведена на рис. 1.

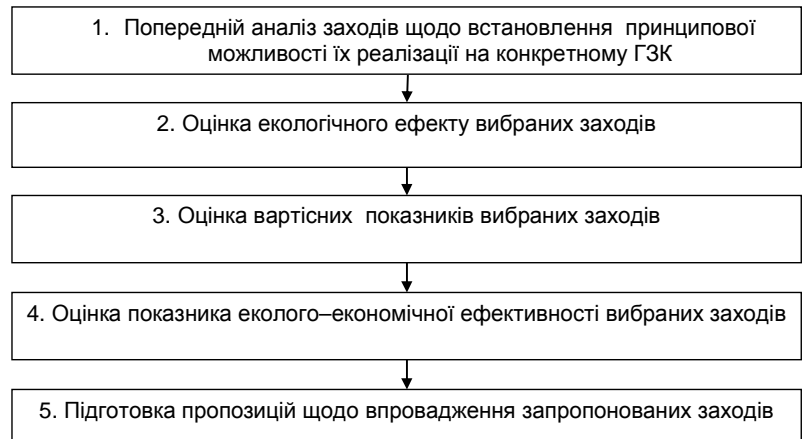


Рис. 1. Послідовність реалізації аналізу еколого-економічної ефективності водоохоронних заходів при впровадженні флотаційного дозбагачення

Розглянемо кожний з наведених етапів з обґрунтуванням необхідності та порядку їх реалізації.

1. *Попередній аналіз заходів щодо встановлення принципової можливості їх впровадження на конкретному ГЗК.* Кожний з наведених вище заходів для своєї успішної реалізації потребує наявності на конкретному ГЗК відповідних умов, які слід розглядати як можливе обмеження реалізації того чи іншого заходу. Наприклад, реалізація заходу «будівництво ЛОС для очищення дебалансних вод» потребує для свого здійснення наявності на ГЗК вільних площ для розташування ЛОС. Другий приклад - реалізація заходу «продувка хвостосховища кар'єрними водами та водою обвідного каналу у весняний період» потребує для свого здійснення наявності у кар'єрі та обвідному каналі у весняний період необхідних обсягів води. Витрати продувних вод істотно залежить від ступеня зменшення концентрації флотореагенту хвостосховищі та об'єму його ставка-відстійника.

Далі по кожному з заходів, які будуть відібрані після аналізу обмеження їх реалізації на конкретному ГЗК, необхідно здійснити наступні дослідження: аналіз балансу технічної води ГЗК з урахуванням впровадження додаткових заходів; розробку розрахункової схеми обігу флотореагенту у системі дозбагачення залізної руди ГЗК; експериментальне визначення основних параметрів розрахункової схеми обігу флотореагенту; розробку прогнозної моделі поведінки флотореагенту у часі; прогнозування зміни накопичення флотореагенту у хвостосховищі ГЗК (з впровадженням додаткових заходів); прогнозування концентрації флотореагенту у воді, що потрапляє до ПВО. Порядок здійснення цих досліджень наведено в [1].

В результаті по кожному заходу буде отримано прогнозне значення концентрації флотореагенту у контрольному створі ПВО -  $C_{ск i}$  ( $i$  – номер заходу, що розглядається). Ті з заходів, для яких виконується співвідношення  $C_{ск i} < C^{ГДК}$ , залишаються для подальших досліджень (де,  $C^{ГДК}$  - критеріальне значення вмісту флотореагенту, за допомогою якого здійснюється контроль за

нормуванням якості води у ПВО при скиданні до нього вод, що містять флотореагент).

Таким чином, попередній аналіз заходів щодо встановлення принципової можливості їх реалізації на конкретному ГЗК дозволяє відібрати для подальшого аналізу тільки ті заходи, реалізація яких можлива на конкретному ГЗК, а також ті з них, що забезпечують значення концентрації флотореагенту у контрольному створі ПВО нижче його критеріального значення.

2. *Оцінка екологічного ефекту вибраних заходів.* Кожний з відібраних водоохоронних заходів, що пропонується для впровадження, буде результатом організованої дії, яка спрямована на зменшення вмісту концентрації флотореагенту у ПВО. Тому показник екологічного ефекту конкретного водоохоронного заходу при впровадженні флотаційного дозбагачення на ГЗК пропонується визначити за допомогою порівняння якості води у контрольному створі ПВО до ( $C_{ск Б}$ ) і після ( $C_{ск і}$ ) впровадження запропонованого заходу [3]. У цьому випадку величина екологічного ефекту від впровадження і-го заходу ( $\Delta C_i$ ) може бути розрахована за формулою:

$$\Delta C_i = C_{ск Б} - C_{ск і} . \quad (1)$$

Отже, впровадження водоохоронного заходу припускає зменшення концентрації флотореагенту у контрольному створі ПВО, тобто одержання екологічного ефекту. Величину цього екологічного ефекту передбачається оцінити за допомогою показника, який визначається за формулою (1).

3. *Оцінка вартісних показників вибраних заходів.* Проміжною метою реалізації послідовності досліджень (рис.1) є визначення витрат на реалізацію водоохоронних заходів, що розглядаються.

Ефективність - це властивість дії давати ефект, але ефект не безвідносний, а зіставлений з витратами ресурсів на його досягнення [4]. Тому на даному етапі пропонується розкрити особливості розрахунку вартісних показників по водоохоронних заходах, які підлягають оцінюванню. Ці заходи можуть відрізнятися значними витратами на їх будівництво та експлуатацію, що мають суттєвий розподіл у часі. Тому при визначенні еколого-економічної ефективності водоохоронних заходів будимо їх характеризувати двома різновидами економічних показників [2]:

- показниками обсягу необхідних витрат на реалізацію водоохоронного заходу;

- часовими показниками щодо створення об'єкту водоохорони, при реалізації конкретного заходу та періоду його експлуатації.

До вартісних показників об'єкту водоохорони, який реалізує і-й захід віднесемо:

- будівельну вартість об'єкту водоохорони - капітальні вкладення ( $K_i$ ), обумовлені кошторисно-фінансовими чи укрупненими розрахунками;

- вартість річних експлуатаційних витрат на утримання об'єкту водоохорони ( $V_i$ ), що визначаються за відповідною калькуляцією.

До часових показників віднесемо:

- інтервал часу будівництва об'єкту водоохорони (інтервал розподілу капітальних вкладень –  $T_{ки}$ );

- інтервал часу експлуатації об'єкту водоохорони ( $T_{Bi}$ ).  
 На практиці всі чотири економічних показники ( $K_i$ ,  $B_i$ ,  $T_{ki}$  і  $T_{Bi}$ ) зручно представити відповідно до часової діаграми розподілу витрат по роках на будівництво й експлуатацію системи водовідведення [5] (рис. 2).

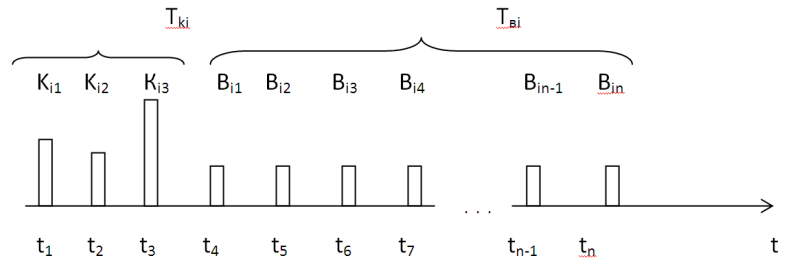


Рис. 2. Часова діаграма розподілу витрат на будівництво та експлуатацію об'єкту водоохорони

Безпосередньо для визначення еколого-економічної ефективності об'єкту водоохорони, який реалізує і-й захід діаграма витрат непридатна. Для цього можна використовувати показник чистої поточної вартості ( $ЧПВ_i$ ), що розраховується з використанням даних, одержуваних на основі часової діаграми витрат (рис. 2), [7]:

$$ЧПВ = \sum_{t=1}^{T_k} K_t (1 + E)^{T-t} + \sum_{t=T+1}^{T_c} B_t (1 + E)^{T-t}, \quad (2)$$

де:  $E$  – бар'єрна (процентна) ставка, яка визначає фінансову віддачу, очікувану від вкладень;

$T$  – момент часу, до якого приводять витрати. Він вибирається вільно, але при порівнянні варіантів він повинен мати однакове значення для усіх варіантів, що зіставляються.

Відповідно до [6] необхідна віддача (величина бар'єрної ставки -  $E$ ), що очікується від капітальних вкладень, включає два компоненти – вільну від ризику ставку і страхову премію.

Вільна від ризику ставка є базовою чи опорною. Вона являє собою мінімально прийнятний прибуток від вкладень у відсутності всіх практичних ризиків (наприклад, прибуток, одержуваний за короткостроковими урядовими позиками). Це найменш ризикований фінансовий механізм. Його величина встановлюється на кілька пунктів вище запланованого рівня інфляції, що перешкоджає ерозії вкладеного капіталу і враховує міркування ліквідності.

Величину страхової премії при створенні (вдосконаленні) об'єктів водоохорони можна прийняти рівною нулю. Це обумовлено тим, що капітальні вкладення в об'єкти водоохорони відносяться до категорії обов'язкових екологічних витрат, рівень ризику за якими, у порівнянні з загальним ризиком по інших напрямках капітальних вкладень (на зниження собівартості товару, проекти розширення підприємств, створення нових товарів і вивід їх на ринки чи вкладення в дослідження і розробки) приймається як відсутній узагалі. Наприклад, при підході до визначення значення бар'єрної ставки на 2012 рік її величина складе  $E = 10,8\%$  ( $8,8\%$  - прогнозований в Законі України «Про бюджет на 2012 р.» рівень інфляції на 2012 рік.,  $2\%$  - підйом бар'єрної ставки на два пункти для захисту капіталу від ерозії [7]).

При оцінюванні величин  $B_i$  і  $T_{Bi}$  варто мати на увазі наступне.

Періоди експлуатації систем –  $T_{вi}$  можуть бути дуже значними (світова практика має приклади використання в наш час систем водовідведення, які були створені у середні віки). При проектуванні сучасних систем водовідведення строки експлуатації конкретно не визначаються. В умовах динамічної ситуації економіки перехідного періоду в Україні не представляється можливим сказати щось визначене про зміни у величині річних експлуатаційних витрат на тривалий період.

Тому можливо запропонувати:

1) для обох варіантів (базового і нового) прийняти значення  $T_c$  однаковим і рівним 10 рокам;

2) для кожного з варіантів будуть визначені свої величини  $V_6$  і  $V_n$ , які будуть мати місце на момент проведення розрахунків. Потім отримані величини річних експлуатаційних витрат по кожному варіанту варто установити однаковими на усі 10 років розглянутого періоду експлуатації і рівними  $V_6$  і  $V_n$  відповідно.

З урахуванням прийнятих припущень вираз для ЧПВ замість виду (2), буде мати новий вигляд:

$$\times \dot{I}\hat{A} = \sum_{t=1}^{\dot{0}_6} K_t (1+E)^{T-t} + \hat{A} \sum_{t=T_k+1}^{T_k+10} (1+\hat{A})^{T-t}. \quad (3)$$

Показник ЧПВ<sub>i</sub> визначає поточну (тобто приведену до моменту T) вартість витрат на будівництво та експлуатацію об'єкту водоохорони, який реалізує і-й захід. Чим менша величина ЧПВ<sub>i</sub> за проектом системи водовідведення, тим краще.

4. *Оцінка показника еколого–економічної ефективності вибраних заходів* Як показано вище, ефективність - це не просто здатність давати ефект, а саме дієвість такої здатності, тобто результативність, яка є співвіднесеною з витратами ресурсів усіх видів. Тому оцінювання еколого–економічної ефективності по і-тому водоохоронному заходу при впровадженні флотаційного дозбагачення повинно передбачати спільний аналіз екологічного ефекту по цьому заходу ( $\Delta C_i$ ) й витрати ресурсів на його досягнення, які характеризуються показником чистої поточної вартості (ЧПВ<sub>i</sub>) для цього варіанту. Тобто одиничний варіант заходу характеризується двома показниками. Одним зі способів вирішення завдання порівняння варіантів при наявності декількох показників (так званий показник-вектор), які характеризують одиничний варіант є введення по цьому варіанту складного показника у вигляді дроби [8]. Чисельником дроби є показник, що характеризує одну із сторін і-го заходу (наприклад, витрати на його проведення - ЧПВ<sub>i</sub>), знаменником дроби - є інший показник (наприклад, результат проведення заходу -  $\Delta C_i$ ). Дробовий одиничний показник ( $\Pi_i$ ), який характеризує і-й водоохоронний захід, буде мати вигляд:

$$\Pi_i = \frac{ЧПВ_i}{\Delta C_i}. \quad (4)$$

Таким чином,  $\Pi_i$  у формулі (4) є показником еколого–економічної ефективності і-го водоохоронного заходу, який показує витрати ресурсів, які є необхідними для одержання одиниці екологічного ефекту. Чим менше значення цього показника, тим краще.

5. Підготовка пропозицій щодо впровадження запропонованих заходів. Відомо, що еколого–економічне обґрунтування саме по собі не призначене для автоматичного прийняття рішень. Воно повинно давати особі, що приймає рішення, результати оцінки різних способів і рекомендації з вибору кращого з них [9]. До результатів оцінки щодо аналізу еколого–економічної ефективності водоохоронних заходів при впровадженні флотаційного дозбагачення варто віднести:

1) загальні характеристики водоохоронних заходів і водного об'єкту, на який замикається водогосподарська система ГЗК;

2) докладні результати оцінювання показників екологічного ефекту по водоохоронних заходах, що розглядаються, із вказівкою підтверджуючих даних про виміри значення концентрації флотореагенту у контрольному створі ПВО до впровадження заходу;

3) отримані по кожному водоохоронному заходу економічні показники – часові діаграми розподілу витрат і показники чистої поточної вартості;

4) можливий перелік факторів по кожному із водоохоронних заходів, що не вдалося врахувати при визначенні показників екологічного ефекту і витрат. Але ці фактори, на думку розроблювачів, можуть вплинути на ухвалення рішення.

Рекомендації з вибору кращого із водоохоронних заходів формуються шляхом їх ранжування. Проект із найменшим значенням  $\Pi_i$  займає перше місце, друге місце займає проект із наступним по величині значенням  $\Pi$  і т.д.

$$\begin{matrix} (1) & (2) & (3) \\ \Pi_m & > & \Pi_n > \Pi_k > \dots \end{matrix} \quad (5)$$

Якщо два проекти мають однакові значення  $\Pi_i$ , то перевага надається тому з них (призначається більш високе місце), у якого величина екологічного ефекту ( $\Delta C_i$ ) – більша.

Таким чином, в результаті реалізації послідовності вирішення задачі аналізу еколого–економічної ефективності водоохоронних заходів при впровадженні флотаційного дозбагачення:

1) відібрані для аналізу тільки ті водоохоронні заходи, реалізація яких можлива на конкретному ГЗК, а також ті з них, що забезпечують значення концентрації флотореагенту у контрольному створі ПВО нижче його критеріального значення.

2) з відібраних заходів складено їх ранжований перелік, у якому вони розташовані в порядку переваги відповідно до розрахованого еколого–економічного показника.

Остаточне рішення по вибору водоохоронного заходу, спираючись на надані оцінки і рекомендації, що отримані за умови реалізації усіх етапів послідовності (рис.1), є виключним правом особи, що приймає рішення.

Отже, 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 і зробити це найбільш доцільним шляхом з економічної точки зору.

**Список літератури:** 1.Дмитрієва О.О.Екологічна безпека поверхневих водних об'єктів при впровадженні флотаційної доводки збагачення залізних руд / О. О. Дмитрієва, О. Л. Тертичний, Г. В. Василенко / Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору, тематич. вип.: Екологічна безпека та природокористування. – К., 2012. Вип. 9 – 93-104 с. 2. 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. 3.Мельник Л.Г.Экологическая экономика: Учебник.– Сумы: Издательство «Универсальная книга», 2001. – 350 с. 4.Хачатуров Т. С. Эффективность природоохранных мероприятий / Т. С. Хачатуров, К. В. Папенова. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 224 с. 5.Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь/ Л. И. Лопатников. – М. : Наука, 1987. – 510 с. 6.Холт Роберт Н. Планирование инвестиций/ Н. Холт Роберт, Б. Барнес Сет: Пер. с англ. – М.: Дело ЛТД, 1994. – 120 с. 7.Закон України про Державний бюджет України на 2012 рік : за станом на 22.12.2011 р., документ 4282-17 / Верховна Рада України [Електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4282-17> 8.OECD (2007), Handbook for Appraisal of Environmental Projects Financed from Public Funds, OECD, Paris (Організація Економічного Сотрудництва и Развития, 2007 г. «Руководство по оценке экологических проектов, финансируемых за счет государственных средств») – 206 с. 9.Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ / С.Ф. Викулов, Г.П. Жуков, В.Н. Ткачев / Учебник/ М-во обороны Российской Федерации - М.: Военное издательство, 2001. – 349 с.

*Поступила в редколлегию 15.02.2012*