

УДК 504.062.2

Горбачова К. Ю., студент  
Тверда О. Я., д.т.н., доцент  
Кафедра Геоінженерії  
КПІ імені Ігоря Сікорського

## РОЗРОБЛЕННЯ КРУГОВОГО ЦИКЛУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

*У статті розглядається можливий варіант розроблення кругового циклу функціонування гірничих підприємств. Наведені результати розрахунку кількості придатного для подальшого використання сухого осаду, утвореного при використанні методу очищення стічних вод, основним реагентом в якому є відходи промислового виробництва.*

**Ключові слова:** круговий цикл, очищення, стічна вода, відходи виробництва, осад, гірниче підприємство, вапнування.

*The article considers a possible variant of development the circular cycle of operation of mining plants. Presented results of calculation of the amount of dry sediment suitable for further use, formed when using the method of wastewater treatment, the main reagent in which is industrial waste.*

**Key words:** circular cycle, cleaning, water-waste, production waste, sediment, mining plant, liming.

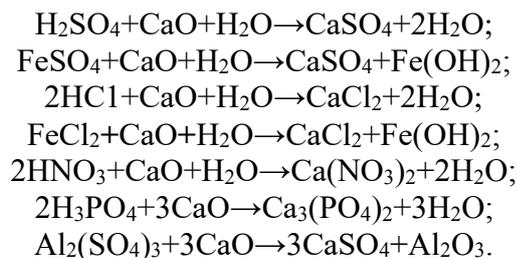
**Вступ.** В сучасному світі гостро стоїть проблема відходів, круговий цикл дає змогу раціонально використовувати ресурси та частково вирішувати проблему накопичених відходів.

Питання ефективного і дешевого методу очищення промислових стоків від важких металів та інших забруднюючих речовин з подальшою їх утилізацією є дуже актуальним. Води гірничо-збагачувальних комбінатів містять у своєму складі забруднюючі речовини, які перед скиданням у водойми потребують очищення, а вловлені речовини, за можливості – вторинної переробки та повторного використання. Найбільш поширеними забруднювачами таких вод є сполуки хлору та сірчана кислота, розчинні солі, в основному сульфати важких металів: заліза, міді, цинку, марганцю та нікелю [1]. Такі води без попередньої очистки та нейтралізації не можуть бути використані у промислових цілях, вловлені та осаджені забруднюючі речовини із промислових стоків у подальшому придатні для використання у будівництві, промислових та інших цілях.

**Мета та завдання.** Метою є розроблення і запровадження кругового циклу функціонування гірничих підприємств.

**Матеріал і результати досліджень.** З метою формування кругового циклу функціонування гірничих підприємств запропоновано вторинну переробку та повторне використання осаджених речовин після очищення стоків. В розглянутому випадку для очищення стічних вод використовується метод вапнування, в якості реагенту використовуються відходи добування вапняку та виробництва вапнякових добрив. В результаті обробки стоків таким методом утворюється гіпс, який є придатним для використання в промисловості.

Вибір реагенту для нейтралізації кислих стічних вод та осадження металів залежить від розчинності солей, які утворюються в результаті перебігу хімічної реакції. Для нейтралізації мінеральних кислот застосовують лужний реагент, наприклад вапно у вигляді вапняного молока [2]. Низка наступних хімічних реакцій ілюструє вплив оксиду кальцію на складові стоків:



Кількість вапна, необхідна для оброблення стічних вод гірничо-збагачувальних комбінатів, визначається за умови повної нейтралізації кислот, які містяться в стічних водах, і приймається на 10 % більше розрахункової.

Результати підрахунків витрати CaO на 1 г речовин, які входять до складу стоків, показують, що на 1 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> необхідно 0,57 г CaO, на 1 г FeSO<sub>4</sub> – 0,37 г CaO, на 1 г HCl – 0,77 г CaO, на 1 г FeCl<sub>2</sub> – 0,44 г CaO, на 1 г HNO<sub>3</sub> – 0,45 г CaO, на 1 г Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 0,31 г CaO, на 1 г H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – 0,86 г CaO, на 1 г Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> – 0,49 г CaO. На практиці витрачається на 10-20 % більше CaO, порівняно з розрахунковими значеннями, що зумовлюється прагненням одержання кращої структури осаду, який виділяється.

Кількість сухого осаду M, кг/м<sup>3</sup>, який утвориться в процесі нейтралізації 1 м<sup>3</sup> стічних вод, які містять кислоти та солі важких металів, визначається за (1) [3]. В цій формулі третій член не враховується, якщо його значення від'ємне.

$$M = \frac{100-A}{A} \cdot (A_1 - A_2) + A_1 + (E_1 + E_2 - 2), \quad (1)$$

де A – вміст активного CaO у вапні, яке використовується, %;

A<sub>1</sub> – кількість активного CaO, необхідного для осадження важких металів, кг/м<sup>3</sup>;

A<sub>2</sub> – кількість активного CaO, необхідного для нейтралізації кислоти, кг/м<sup>3</sup>;

A<sub>3</sub> – кількість гідроксидів металів, що утворюються в процесі нейтралізації, кг/м<sup>3</sup>;

E<sub>1</sub> – кількість сульфату кальцію, який утворюється в процесі осадження металів, кг/м<sup>3</sup>;

E<sub>2</sub> – кількість сульфату кальцію, який утворюється в процесі нейтралізації кислоти, кг/м<sup>3</sup>.

Розрахована таким чином кількість сухого осаду складає 0,0282 кг/м<sup>3</sup>.

Об'єм осаду, який утворюється при нейтралізації 1 м<sup>3</sup> стічної води W, %, визначається за (2) [4]:

$$W = \frac{10M}{100-P}, \quad (2)$$

де P – вологість осаду, %.

Загальна кількість сухого осаду який утворюється при нейтралізації 1 м<sup>3</sup> стічної води за добу визначається за (3):

$$W_d = \frac{M \cdot Q_d}{10000}, \quad (3)$$

В результаті розрахунку, вологість сухого осаду складає 7,05 %, а загальна кількість сухого осаду за добу 0, 014 т.

Гіпс, який утворюється внаслідок процесу нейтралізації кислих стоків можливо використовувати в промислово-будівельному комплексі в якості вторинної сировини.

**Висновки.** Запропоновано круговий цикл функціонування гірничих підприємств, який передбачає використання відходів видобутку вапняку для очищення стічних вод гірничозбагачувальних комбінатів, а утворений в процесі очистки вод осад (гіпс)

використовувати як будівельну сировину.

**Список використаних джерел**

1. Мирзаев Г. Г., Иванов Б. А., Щербаков В. М., Проскураков Н. М. Экология горного производства. М.: Недра, 1991. 230 с.
2. Бакка М. Т. Екологія гірничого виробництва : навч. посіб. Житомир: ЖДТУ, 2004. 307 с.
3. Коржнев Н. М., Міщенко В. С., Шестопапов В. М., Яковлев С. О. Концептуальні основи поліпшення стану довкілля гірничовидобувних районів України. К.: РВПС НАНУ, 2000. 76 с.
4. Мальований М. С., Петрушка І. М. Очищення стічних вод природними дисперсними сорбентами : монографія. Л.: Львів. політехніка, 2012. 180 с.