

## ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 628.16.065.2(045)

<sup>1</sup>Г.М. Франчук, д.т.н., проф.  
<sup>2</sup>С.О. Бовсуновський, доц.  
<sup>2</sup>О.В. Рябчевський, асп.

### ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ХРОМОВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СПОНДІЛОВОЇ ЗЕЛЕНОЇ ГЛИНИ

Національний авіаційний університет

<sup>1</sup>E-mail: feb@nau.edu.ua

<sup>2</sup>E-mail: Arnem@ukr.net

*Наведено результати експериментальних досліджень використання спонділової зеленої глини як природно-екологічно безпечного коагулянту для очищення стічних вод від іонів хрому. Визначено оптимальну кількість коагулянту, за якої досягається максимальна глибина очищення.*

*Приведены результаты экспериментальных исследований использования спондиловой зеленой глины в качестве природного экологически безопасного коагулянта для очистки сточных вод от ионов хрома. Определено оптимальное количество коагулянта, при котором достигается максимальная глубина очистки.*

*Results of conducted experiments on spondyle green clay applying as a natural ecologically safe coagulant for waste water purification from Cr ions was presented. Optimal quantity of coagulant that provides the maximum level of purification was defined.*

#### Вступ

Стічні води багатьох виробництв, зокрема, й авіаційної галузі, забруднені сполуками важких металів:

- хрому;
- нікелю;
- цинку;
- свинцю;
- кадмію.

Ці метали містяться у воді переважно у вигляді іонів чи комплексних сполук. Нині розроблено багато технологій очищення будь-яких стічних вод промисловості та комунального господарства. У розроблення теоретичних основ і технологій водопідготовки та очищення стічних вод вагомий внесок зробили вітчизняні вчені Л.А. Кульський, І.Г. Гороновський, О.М. Когановський, М.О. Шевченко, М.К. Ротмістров, А.К. Запольський, Н.А. Мішкова–Клименко, І.М. Астрелін, М.Т. Брик, П.І. Гвоздяк [1].

Більшість сучасних способів і методів очищення води від забруднень важкими металами здебільшого вузькоспеціалізовані й не можуть поєднати високу ефективність та достатню економічність.

#### Постановка завдання

Для видалення сполук переважної більшості металів, які містяться у воді в дисперсному стані, застосовуються методи коагуляції. Використовуючи коагулянти, доцільно досягати не тільки максимальної ефективності очищення, а й відповідного рівня екологічної безпеки та економічності.

Цим вимогам може відповідати такий природний та екологічно безпечний коагулянт, як глина. Великі запаси цього матеріалу, дешевизна, досить високі адсорбційні, іонообмінні та фільтраційні властивості забезпечують практичну та економічну доцільність його використання у процесах очищення стічних вод від важких металів [2].

Основу глинистого матеріалу складають два основні структурні фрагменти (рис. 1):

- кремнекисневий тетраедр, в центрі якого знаходиться атом кремнію (можливе заміщення на атом алюмінію чи заліза), а на вершинах – атоми кисню, спільні для двох сусідніх тетра-едрів;
- алюмокисневий октаедр.

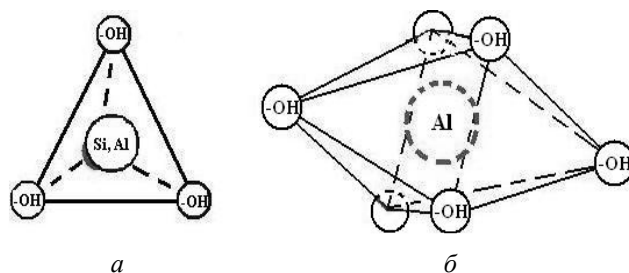


Рис.1. Основні структурні фрагменти глинистих матеріалів:

*a* – кремнекисневий тетраедр;

*б* – алюмокисневий октаедр

Пориста структура, наявність функціональних груп на поверхні глини, здатність створювати водневі зв'язки або зв'язки йонодипольного притягнення з важкими металами у водних

розчинах визначають ефективність адсорбуючих властивостей такого матеріалу та можливості його використання як адсорбент для очищення стічних вод.

Визначальну роль у процесах очищення води коагулянтами відіграє швидкість коагуляції. Швидкість коагуляції визначається функцією концентрації частинок  $v$ , коефіцієнтом дифузії  $D$  і відстанню  $\rho$ , на яку мають наблизитись центри частинок, для того щоб відбулось їх злипання:

$$-\frac{dv}{d\tau} = kv^2,$$

де  $\tau$  – тривалість процесу;

$k$  – константа, що характеризує вірогідність зближення.

З урахуванням рівняння Ейнштейна можна обчислити відстань  $\rho$ :

$$\frac{\rho}{r} = \frac{3\eta}{2v_0 k T \theta}, \quad (1)$$

де  $r$  – радіус часточок;

$\eta$  – динамічна в'язкість дисперсійного середовища;

$k$  – константа Больцмана;

$T$  – температура;

$\theta$  – час половинної коагуляції.

За експериментальними даними сили притягнення починають діяти на дуже малих відстанях ( $\rho/r = 2 \dots 2,3$ ). У цьому разі енергія молекулярного притягання міцел перевищує енергію теплового, а відповідно, і броунівського руху в  $(3/2) kT$ .

З виразу (1) випливає, що чим більші розміри частинок, тим на більшій відстані може відбуватися їх коагуляція, а кінетика швидкості коагуляції описується рівнянням

$$-\frac{dv}{d\tau} = \frac{2 RT \rho v^2}{3 \eta r},$$

тобто швидкість такої коагуляції перебуває в прямій залежності від температури, відстані  $\rho$  і особливо від концентрації частинок.

### Експериментальна частина

На основі теоретичного пошуку проведено експериментальні дослідження щодо ефективності використання спонділової зеленої глини як природного коагулянту для очищення хромовмісних стічних вод.

У вихідний модельний розчин іонів хрому з масовою концентрацією хрому (III) 0,1 мг/л об'ємом 1 дм<sup>3</sup> вносилися наважки спонділової зеленої глини масою: 5, 10, 20, 40, 80г. Проби води відбирали кожні 5 хв протягом 1 год.

Концентрації хрому вимірювали відповідно до методики виконання вимірювань масової концентрації хрому фотоколориметричним методом на фотоелектроколориметрі КФК-3 у діапазоні концентрацій 0,01–0,2 мг/л. При цьому сумарна відносна похибка  $\delta$  не перевищувала 23%.

У першому випадку наважка глини становила 5 г. Проби відбирали впродовж 60 хв з інтервалом 5 хв. Максимальне зниження концентрації хрому у розчині спостерігалось вже на п'ятій хвилині після введення глини та становило 88% відносно вихідної концентрації. На тридцятій хвилині спостерігалась стабілізація концентрації хрому у розчині на рівні 0,03 мг/л, яка з часом вже не змінювалась.

Кінцева концентрація хрому зменшилась у 3,3 рази відносно вихідної концентрації.

Сумарна відносна похибка вимірювань не перевищувала 11% (рис. 2, а).

У другому випадку наважка глини становила 10 г. Проби відбиралися впродовж 60 хв з інтервалом 5 хв. Максимальне зниження концентрації спостерігалось на двадцятій хвилині і становило 90% відносно вихідної концентрації. На тридцятій хвилині концентрація хрому стабілізувалась на позначці 0,04 мг/л і вже не змінювалась.

Кінцева концентрація хрому зменшилась у 2,5 рази відносно вихідної концентрації.

Сумарна відносна похибка вимірювань не перевищувала 8% (рис. 2, б).

У третьому випадку наважка глини становила 20 г. Проби відбиралися протягом 60 хв з інтервалом 5 хв. Максимальне зниження концентрації хрому становило 93% відносно вихідної концентрації вже на п'ятій хвилині після розведення. На двадцятій концентрація хрому стабілізувалась на відмітці 0,008 мг/л і вже не змінювалась.

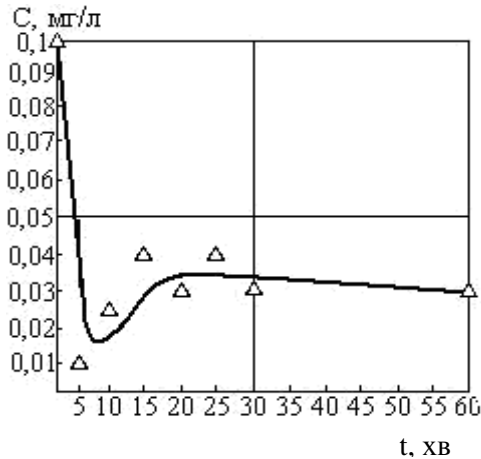
Кінцева концентрація хрому зменшилась у 12,5 разів відносно вихідної концентрації.

Сумарна відносна похибка вимірювань не перевищувала 11% (рис. 2, в).

У четвертому випадку наважка глини становила 40 г. Проби відбиралися впродовж 60 хв з інтервалом 5 хв. Максимальне зниження концентрації хрому у розчині становило 95% уже на п'ятій хвилині після розведення. На двадцять п'ятій хвилині концентрація хрому у розчині стабілізувалась на рівні 0,008 мг/л і надалі не змінювалась.

Кінцева концентрація хрому зменшилась у 12,5 разів відносно вихідної концентрації.

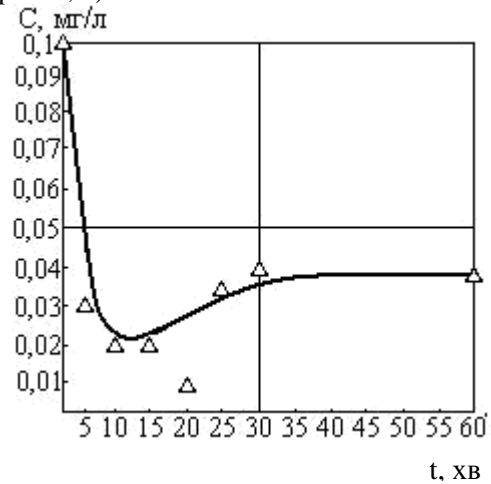
Сумарна відносна похибка вимірювань  $\delta$  не перевищувала 11% (рис. 2, з). В останньому випадку наважка глини становила 80 г. Проби відбиралися протягом 60 хв з інтервалом 5 хв. Максимальне зниження концентрації спостерігалось на десятій хвилині після розведення і становило 96% відносно вихідної концентрації.



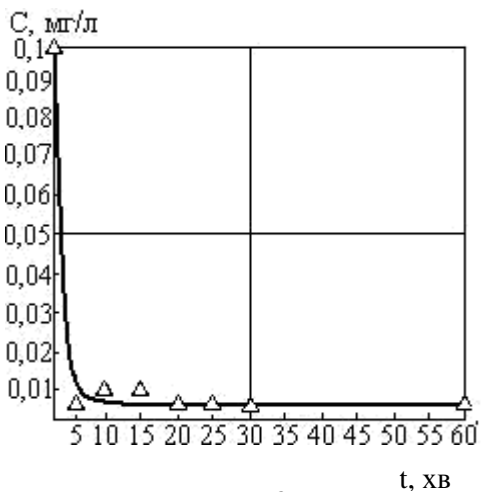
а

Концентрація хрому у розчині стабілізувалась на позначці 0,006 мг/л вже на п'ятнадцятій хвилині і надалі не змінювалась. Кінцева концентрація хрому зменшилась у 16,5 разів відносно вихідної концентрації.

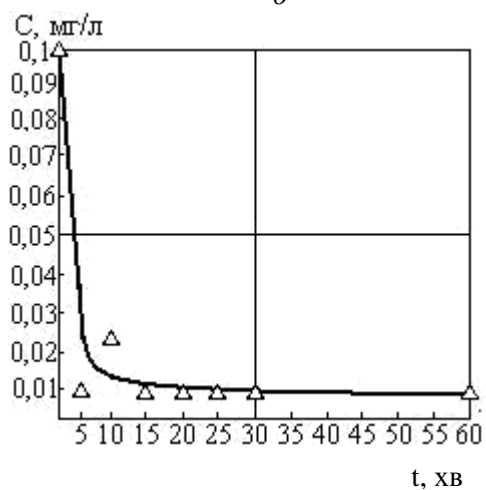
Сумарна відносна похибка  $\delta$  не перевищувала 8% (рис. 2, д).



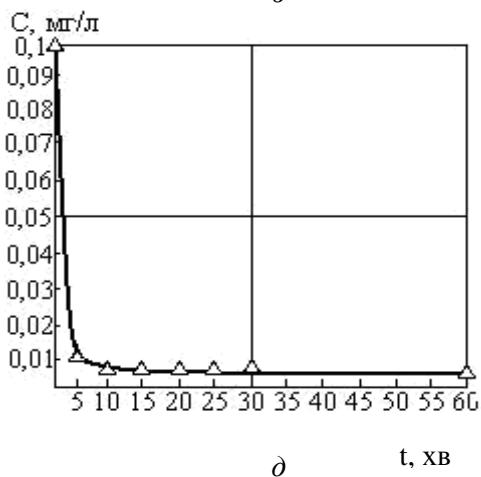
б



в



з



д

Рис.2. Зміна концентрації Cr(III) з часом t при концентрації глини:

- а – 5 г/л;
- б – 10 г/л;
- в – 20 г/л;
- з – 40 г/л;
- д – 80 г/л

Максимальне зниження концентрацій хрому відносно вихідної проби у більшості випадків спостерігалось вже на п'ятій хвилині після розведення.

Концентрація максимально знижувалась майже у 16,5 разів (на 95%) відносно вихідної. На тридцятій хвилині після розведення спостерігалась стабілізація рівнів вмісту хрому у воді, які надалі не змінювалися.

Результати експерименту опрацьовували відповідно до методики виконання вимірювань масової концентрації хрому фотоколориметричним методом.

Масову концентрацію хрому в вихідній пробі  $\rho_i$  знаходять за формулою:

$$\rho_i = \rho_{\text{гр}} \frac{V}{50},$$

де  $i$  – номер одиночного вимірювання ( $i = 1, 2, 4$ );

$\rho_{\text{гр}}$  – масова концентрація хрому, знайдена за допомогою попередньо встановлених параметрів градувальної характеристики, мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм вихідної проби, взятий для аналізу;

50 – об'єм колби мірної, в якій готували розчин проби.

Результат обчислень заокруглюють і записують до другої значущої цифри.

Результат вимірювань масової концентрації хрому розраховували як середньоарифметичне результатів двох паралельних одиночних вимірювань  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ , відносна розбіжність між якими за довірчої ймовірності 0,95 не перевищувала значення нормативу оперативного контролю збіжності,  $d_{3\sigma}$ :

$$\frac{2|\rho_1 - \rho_2|}{\rho_1 + \rho_2} \leq 0,01d_{3\sigma}. \quad (2)$$

Для поверхневих, підземних та зворотних вод значення нормативу оперативного контролю збіжності за довірчої ймовірності  $P = 0,95$  у діапазоні масових концентрацій хрому від 0,01 до 2,0 мг/дм<sup>3</sup> включно може становити 23 %.

Результат обчислень за формулою (2) заокруглювали та записували до другої значущої цифри.

У проведених розрахунках ліва частина рівняння (2) у всіх випадках становила менше 0,23, що свідчить про відсутність розбіжності між даними.

### Висновки

Проведені експериментальні дослідження та отримані результати підтвердили ефективність використання спонділової зеленої глини як коагулянту для очищення хромовмісних вод.

У більшості випадків спостерігається десятикратне зниження концентрації хрому в розчинах уже на п'ятій хвилині після додавання глини. Порівняння результатів дослідження дає змогу визначити оптимальну кількість коагулянту в концентрації 20 г/л, оскільки в разі подальшого її підвищення суттєвого збільшення глибини та зменшення часу очищення не спостерігається.

Результати проведених експериментів свідчать про необхідність проведення подальших досліджень з метою розроблення способу для промислового використання глини як коагулянту для очищення вод з різною вихідною концентрацією хрому в них, а також на з'ясування можливості використання цього природного матеріалу в технологіях очищення стічних вод від сполук інших важких металів.

### Література

1. *Запольський А. К.* Фізико – хімічні основи технології очищення стічних вод / А.К. Запольський, Н.А. Мішкова – Клименко, І.М. Астрелін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
2. *Гребнев А.Н.* Природные сорбенты для очистки сточных вод от тяжелых металлов, моющих средств, красителей и нефтепродуктов / А.Н. Гребнев, В.Х. Пыжов, Л.К. Синфановская // Инф. листок. – Симферополь: КРЦНТИ, 1996. – № 9. – 4 с.