

ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД МЕХАНІЧНИХ ДОМІШОК ПІСЛЯ ОБРОБКИ СОРБЕНТАМИ

Сакалова Г. В., канд. техн. наук, доцент

Вінницький державний педагогічний університет імені М. Коцюбинського,

Чорномаз Н. Ю., співшукач

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя,

Мальований М. С., докт. техн. наук, професор

НУ «Львівська політехніка»

Обробка води природними сорбентами може здійснюватися двома методами – пропусканням води через шар сорбенту, або змішуванням води із сорбентом із подальшим розділенням. Обидва методи володіють своїми перевагами так і недоліками. Пропускання води дозволяє уникнути стадії відділення відпрацьованого сорбенту. Недоліком цього методу є значний гідравлічний опір дрібно помеленого шару сорбенту. Знизити опір можна використовуючи сорбент грубих фракцій, але тоді суттєво знижується площа активної поглинаючої поверхні. В процесі помелу природних сорбентів, незалежно від величини отриманої фракції, утворюється певна кількість пиловидного продукту, який вимивається водою на початковій стадії обробки. В такому випадку необхідно передбачати стадію очищення води від дрібно дисперсного сорбенту.

Перевагою другого методу є можливість забезпечити максимальну площу контакту між фазами, що дозволить в повній мірі використати поглинальну ємність сорбенту. Недоліком цього методу є необхідність очищення обробленої води від відпрацьованого сорбенту. Виходячи із переваг та недоліків перерахованих методів та ґрунтуючись на результатах попередніх випробовувань приймаємо обробку води природним сорбентом шляхом змішування та наступного розділення.

Очищення води від твердих домішок на практиці реалізується методами фільтрування та осадженням під дією відцентрових сил або сили земного тяжіння. Фільтрування як стадія підготовки води була відкинута нами в процесі вибору методу обробки. Осадження в полі відцентрових сил вимагає витрати

енергії. Найбільш доцільним в даному випадку є розділення під дією сили тяжіння.

Очищення води від механічних домішок шляхом осадження в полі сил земного тяжіння реалізується у відстійниках різних типів. Визначальним параметром ефективності роботи відстійників є швидкість осадження частинок матеріалу, яка описується наступним рівнянням [1]:

(1)

де: μ_c – коефіцієнт динамічної в'язкості середовища, Па·с;

d – діаметр частинки сорбенту, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

ρ – густина матеріалу частинки, кг/м³;

ρ_c – густина середовища, кг/м³.

Природні сорбенти володіють розвинутою пористою структурою, що проявляється у значній розбіжності у густині різних частинок (розділ 2). В зв'язку з цим скористатися залежністю (1) для розрахунку інтенсивності осадження практично неможливо. В даному випадку оцінити кінетику процесу осадження найбільш точно можна лише за допомогою експериментальних досліджень.

Дослідження кінетики осадження проводили наступним чином. Певну кількість сорбенту змішували з водою до отримання однорідної суспензії. Кінетику осадження досліджували за допомогою методу спектрофотометрії.

Спектрофотометричний метод аналізу ґрунтується на пропорціональній залежності між світло поглинанням речовини, її концентрації та товщини поглинаючого шару. Для визначення концентрації досліджуваної речовини використовують закон Бугра-Ламберта-Бєєра [2]:

$$C = \frac{1}{x \cdot b} D \quad (2)$$

де: C – концентрація досліджуваної речовини, %;

b – товщина шару досліджуваної речовини, см;

x – показник поглинання розчину, концентрація якого дорівнює одиниці;

D – оптична густина.

Визначення оптичної густини проводиться на фотоелектричному спектрофотометрі.

Показник поглинання x визначають на основі показників оптичної густини D для розчинів з відомою концентрацією за формулою:

$$x = \frac{1}{c \cdot b} D \quad (3)$$

При цьому, якщо концентрація C виражена в грамах на 100 мл розчину, то ця величина називається питомим показником поглинання E – оптична густина розчину, що містить 1 г речовини в 100 мл розчину за умови однакової товщини шару.

Вимірювання оптичної густини необхідно проводити за довжини хвилі, яка відповідає максимальному поглинанню світла досліджуваним розчином. При цьому досягається найбільша чутливість і точність визначення. Дана величина приведена у довідниковій літературі, або визначається експериментально.

Експериментальні дослідження кінетики осадження у воді природних сорбентів досліджували на фотоелектричному спектрофотометрі КФК-2-УХЛ42 з використанням зеленого світлофільтру, довжина хвилі $\lambda = 540$ нм. Питомий показник поглинання визначали експериментальним методом і отримали відповідні значення:

- палигарскіт – 0,0178;
- глауконіт – 0,0167;
- цеоліт – 0,0185.

Результати експериментальних досліджень кінетики осадження сорбентів у воді в умовах різного початкового вмісту їх у воді представлені у виді графічних залежностей концентрації сорбенту у воді від часу процесу (рис.1-3).

Сорбент, який використовується для обробітку води є полідисперсним матеріалом (розділ 2), що обумовлює характер представлених графічних залежностей.

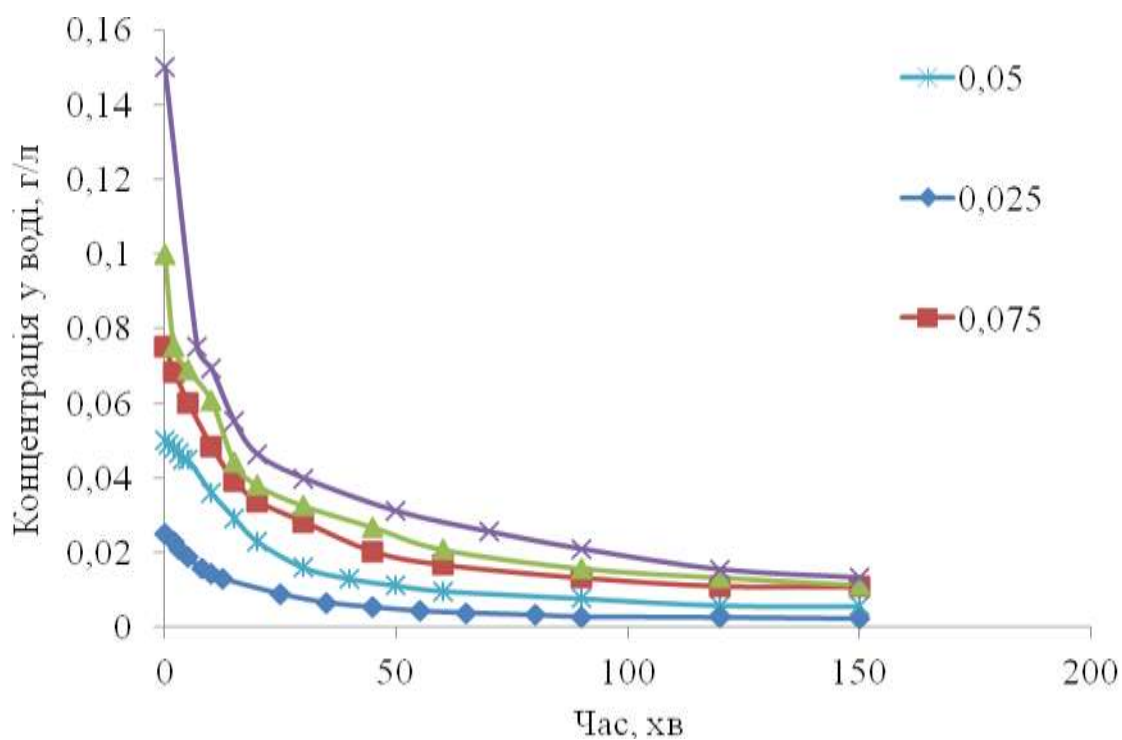


Рис.1. Кінетика осадження глауконіту за різної початкової концентрації у воді, г/л

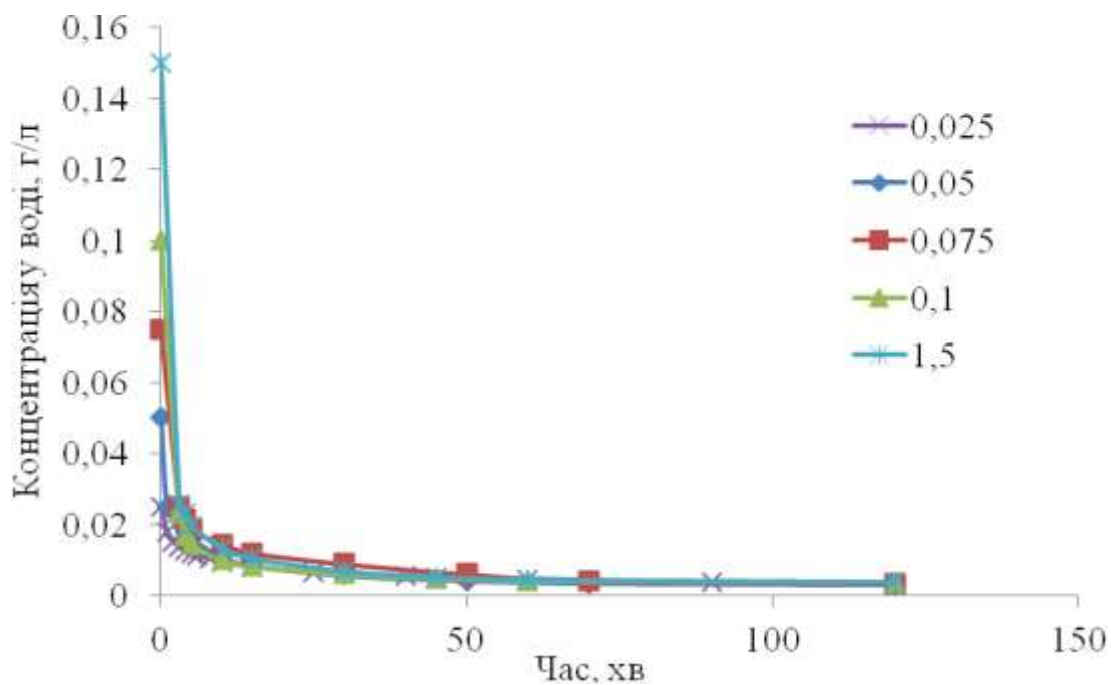


Рис.2. Кінетика осадження палигарскіту за різної початкової концентрації у воді, г/л

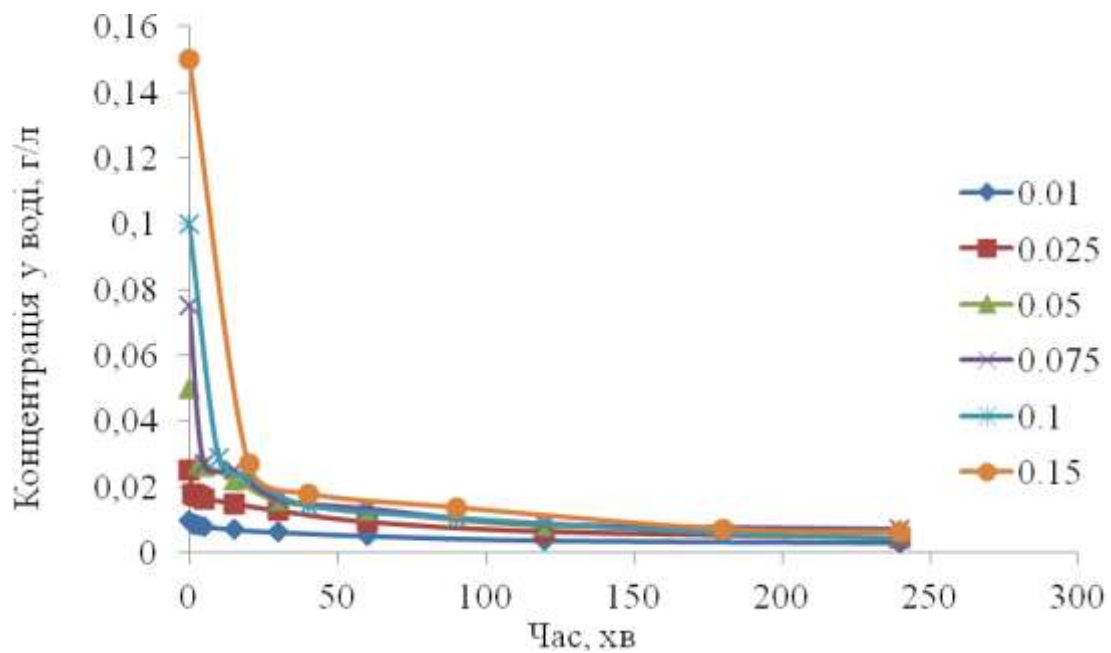


Рис.3. Кінетика осадження цеоліту за різної початкової концентрації у воді, г/л

В початковий момент часу проходить інтенсивне осадження частинок крупних фракцій. Цей період відповідає стрімкому зниженню концентрації сорбенту у воді. Далі інтенсивність очищення знижується і визначається швидкістю осадження частинок найдрібнішої фракції.

При реалізації практичних задач очищення води від завислих речовин важливим є визначення швидкості осадження частинок сорбенту. У випадку полідисперсної суміші за отриманими експериментальними даними можна визначити деяку фіктивну швидкість осадження за рівнянням [3]:

(4)

де: u_{cp} – середня швидкість осадження, м/с;

p – відносна кількість випавшого осаду (ефект осадження), визначається за рівнянням:

$$p = \frac{m}{m_o} \quad (5)$$

де: m – масовий вміст твердої фази у воді в певний період процесу, кг;

m_o – початковий масовий вміст твердої фази у воді, кг.

Середню швидкість осадження можна визначити за рівнянням:

(6)

де: h – висота осідання частинок, м;

T – час осідання, с.

Як виходить із експериментальних даних, лімітуючою стадією процесу очищення є осідання найдрібніших фракцій, тому оцінку швидкості проводили саме для цього періоду.

В якості значення початого масового вмісту сорбенту у воді приймали його значення для моменту переходу процесу постійної низької інтенсивності осадження. Так, для глауконіту цей період настав приблизно на 30-й хвилині, палигарскіт – 10 хв., цеоліту – 30 хв. Починаючи із вказаного часу процес осадження характеризується лінійною залежністю. Висота осідання частинок h визначається конструкцією обладнання, тому в розрахунках цю величину приймали рівною 1. Результати розрахунків приведені у табл.1.

Табл. 1. Результати розрахунків фіктивної швидкості осадження сорбентів у воді

Сорбент	p	u_{cp} , м/с	u_{ϕ} , м/с
Глауконіт	0,35	$4,86 \times 10^{-5}$	$1,39 \times 10^{-4}$
Палигарскіт	0,31	$4,69 \times 10^{-5}$	$1,52 \times 10^{-4}$
Цеоліт	0,43	$3,41 \times 10^{-5}$	$7,9 \times 10^{-5}$

Отримані значення u_{ϕ} хоча і мають розмірність швидкості, але не являється фізичною швидкістю осадження. Дану величину називають відсотковою (процентною) швидкістю осадження. Отримані величини можна використовувати для розрахунку та вибору очисного обладнання.

В технологіях водо підготовки обов'язковим є стадія бактеріального її знезараження. Існує багато способів дезинфекції води, які не завжди є достатньо ефективними, оскільки змінюються в часі і самі мікроорганізми, піддаючись дії природних і штучних факторів [4, 5]. Результати багатьох досліджень свідчать про ефективність застосування ультразвуку (УЗ) для знезараження води [5÷7]. Виходячи з цього актуальним стало дослідження впливу ультразвукового обробітку води на перебіг процесу седиментації. З цією метою проводили УЗ обробку води після осадження крупних фракцій, коли очищення від завислих частинок набував лінійної залежності від часу.

Тривалість обробітку складала 5 хв. Результати експериментальних досліджень представлені на рис.4-6.

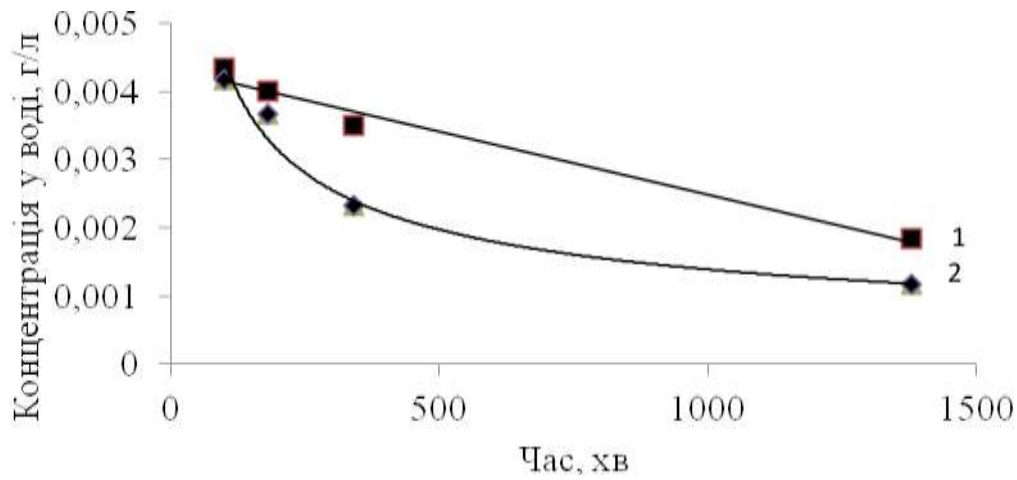


Рис.4. Порівняння кінетики осадження глауконіту після обробки ультразвуком: 1-контрольний, 2-обробка УЗ

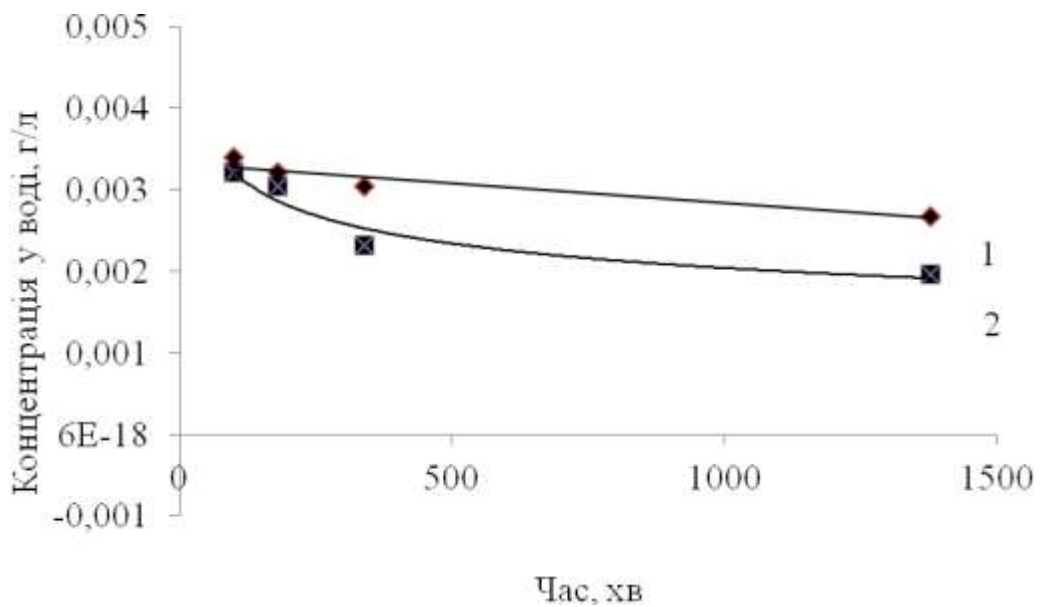


Рис.5. Порівняння кінетики осадження палигарскіту після обробки ультразвуком: 1-контрольний, 2-обробка УЗ

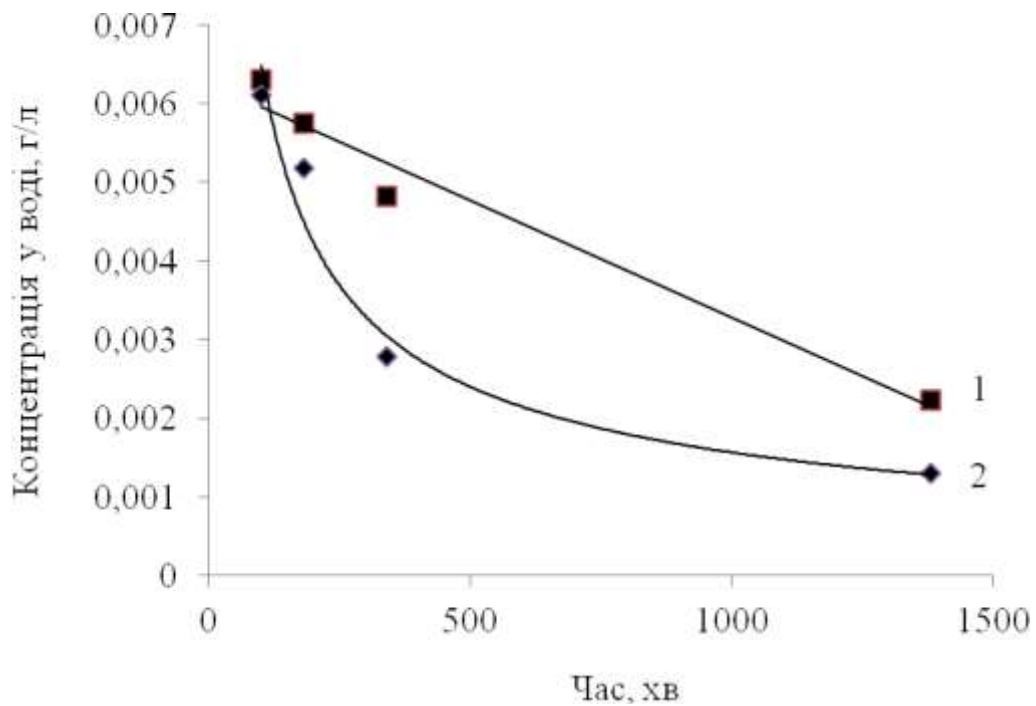


Рис.6. Порівняння кінетики осадження целіту після обробки ультра звуком:

1-контрольний, 2-обробка УЗ

Порівнюючи кінетику осадження частинок сорбентів у контрольному досліді та після УЗ обробки можна зробити висновок про прискорення швидкості осідання на невеликому проміжку часу безпосередньо після обробки. Далі процес йде паралельно. Отже УЗ знезараження води доцільно суміщати із стадією седиментації, що дозволить інтенсифікувати процес осадження. Тривалість УЗ обробки визначається бактеріологічними показниками води. Застосовувати ультразвук для самостійної інтенсифікації процесів осадження частинок сорбентів у воді є недоцільним через зростання енергетичних затрат.