

РАДОВЕНЧИК Я. В., к.т.н., ст. викл.; КАЛІНІЧЕНКО Н. В.; РАДОВЕНЧИК В. М., д.т.н., проф.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ ЧАСТИНОК КАОЛІНУ З ВОДИ КОАГУЛЯНТАМИ

Наведено результати дослідження ефективності зменшення каламутності природних вод шляхом видалення каоліну. Досліджено декілька алюміній- і залізомістких коагулянтів. Установлено, що жодний із них не забезпечує нормативного вмісту завислих речовин у питній воді, що передбачає її подальше доочищення. Визначені ефективні умови використання коагулянтів і чинники впливу на них.

Ключові слова: каолін, коагулянт, відстоювання, освітлення, освітлення води, зменшення каламутності.

© Радовенчик Я. В., Калініченко Н. В., Радовенчик В. М., 2016.

Постановка проблеми. У 2010 році Україна за якістю питної води займала 95 місце із 122 країн [1]. З огляду на це, питання забезпечення її громадян якісною питною водою є надзвичайно актуальними.

Одним із найбільш поширених забрудників природних вод є завислі частинки, переважно залишки руйнування русел річок і життєдіяльності живих організмів. Висока дисперсність зумовлює значні труднощі їхнього видалення з води. Тому дослідження в цій сфері є своєчасними та актуальними.

Уміст твердої фази в питній воді не має перевищувати $0,58 \text{ мг/дм}^3$ [2]. Щоб досягти цього рівня, використовують відстоювання, фільтрування, флотування, сорбування та інші методи. Найбільш простим та економічним методом є відстоювання. Проте його ефективність є невисокою. Щоб її підвищити, застосовують коагулянти й флокулянти.

Аналіз попередніх досліджень. Раніше було встановлено [3], що наявність коагулянтів у концентрації до 50 мг/дм^3 не дозволяє досягти нормативного вмісту твердої фази при використанні як модельного розчину суспензії бентоніту. Попередні дослідження видалення частинок каоліну відстоюванням також засвідчили, що наявність коагулянтів у концентрації 70 мг/дм^3 не гарантує бажаного результату [4].

Метою статті є вивчення можливості підвищення ефективності видалення частинок каоліну з водного середовища коригуванням рН і початкового вмісту твердих частинок.

Викладення основного матеріалу. Як модельний розчин використовували попередньо відстоювану протягом двох годин суспензію каоліну. Після замочування 3 г реагенту у 5 дм^3 води й відстоювання протягом 2 год залишкова концентрація твердої фази становила 225 мг/дм^3 . Суспензію обсягом 100 см^3 обробляли дозою реагенту, коригували рН і знімали криві відстоювання протягом 2 год. Після цього фотоколориметричним методом визначали залишкову каламутність води та ефективність відстоювання. Як реагенти використовували хлорид і сульфат алюмінію, хлорид заліза (III) і гідроксохлорид алюмінію у вигляді коагулянту АКВА-АУРАТ 30.

Установлено, що найкраще освітлення суспензії з використанням як коагулянту хлориду алюмінію відбувається в лужному середовищі. Освітлення в такому середовищі спостерігається навіть без оброблення (рис. 1). Наявність же коагулянту забезпечує максимальну інтенсивність осадження (рис. 2) й мінімальні залишкові концентрації завислих частинок в освітленій воді (табл. 1).

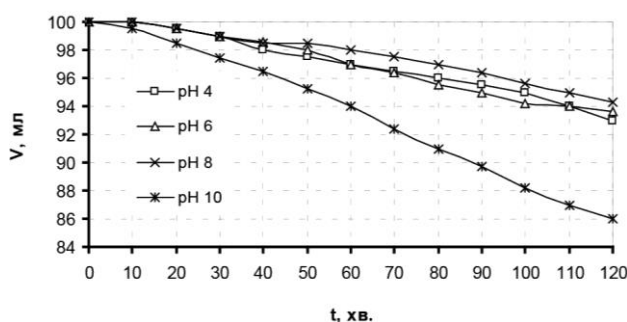


Рис. 1 – Вплив рН на ефективність відстоювання суспензії каоліну без коагулянту ($C_k = 225 \text{ мг/дм}^3$)

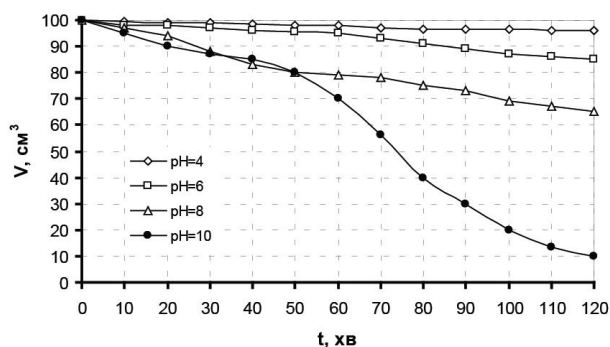


Рис. 2 – Вплив рН на ефективність відстоювання суспензії каоліну з хлоридом алюмінію ($C_k = 225 \text{ мг/дм}^3$, $C_{Al} = 20 \text{ мг/дм}^3$)

Таблиця 1 – Залишкові концентрації твердої фази в суспензії каоліну після відстоювання та оброблення різними реагентами ($C_k = 225 \text{ мг/дм}^3$, $C_{Al} = 20 \text{ мг/дм}^3$) за різної величини рН

Реагент	Залишкова концентрація твердої фази, мг/дм^3 , за величини рН			
	4	6	8	10
Без реагентів	112,5	122,5	155	120
Хлорид алюмінію	56	19	8	7

Сульфат алюмінію	19,5	14	7	1
Хлорид заліза (III)	7,1	10	8	7
АКВА-АУРАТ 30	32	12	6,1	7,5

Використання сульфату алюмінію забезпечує схожі результати (рис. 3; табл. 1). Мінімальний уявний об'єм осаду становить близько 10 % від початкового об'єму суспензії і фіксується в лужному середовищі. У нейтральному й кислому середовищі коагулянт майже не працює. За величини рН 10 сульфат алюмінію забезпечує залишкові концентрації твердої фази у відстояній воді на рівні 1 мг/дм³. Це – найкращий результат для всіх досліджених коагулянтів.

Застосування як коагулянту хлориду заліза (III) зменшує ефективність відстоювання і збільшує уявний об'єм осаду (рис. 4). Порівняно з алюмініймісткими коагулянтами ці показники є вдвічі гіршими. Проте цей коагулянт стабільно працює в діапазоні рН 4...10, що є позитивною характеристикою, особливо в технологіях очищення, за яких водневий показник може суттєво змінюватися.

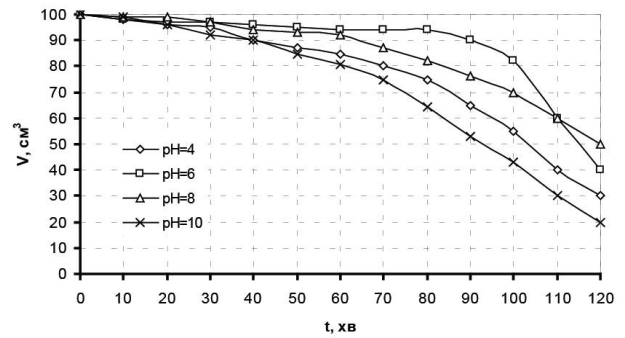
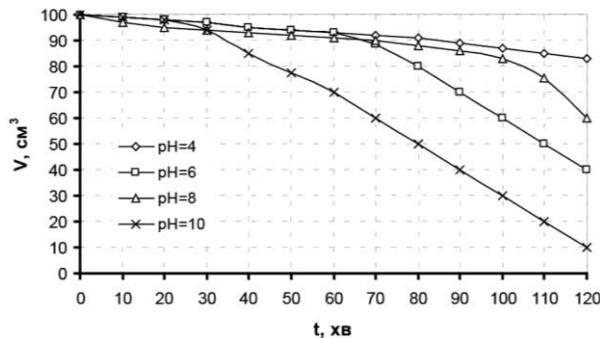


Рис. 3 – Вплив рН на ефективність відстоювання суспензії каоліну з сульфатом алюмінію
($C_K = 225$ мг/дм³, $C_{Al} = 20$ мг/дм³)

Рис. 4 – Вплив рН на ефективність відстоювання суспензії каоліну з хлоридом заліза (III)
($C_K = 225$ мг/дм³, $C_{Fe} = 20$ мг/дм³)

Інтенсивність осадження твердих частинок та уявний об'єм твердої фази в разі використання коагулянту АКВА-АУРАТ 30 є близькими для інших алюмініймістких коагулянтів (рис. 5). За залишковими концентраціями твердої фази цей коагулянт навіть поступається сульфату алюмінію й хлориду заліза (III) (табл. 1).

Установлено також, що на ефективність відстоювання суттєво впливає початковий уміст твердої фази. Найбільш інтенсивно осадження відбувається за початкових концентрацій понад 150 мг/дм³. За вмісту твердих частинок на рівні 50 мг/дм³ позитивної дії коагулянту не фіксується, попри те що саме за цих концентрацій співвідношення між масами коагулянту й твердої фази є максимальним. Оскільки доза коагулянту та рН залишалися сталими протягом всього циклу дослідів, можна стверджувати, що збільшення вмісту твердої фази спричиняє взаємодію між окремими частинками, їхнє агрегування та швидке осадження, тоді як коагулянт відіграє лише допоміжну функцію під час агрегування. Підтвердженням цього є найнижчі залишкові концентрації твердої фази після освітлення (табл. 2).

Таблиця 2 – Залишкові концентрації твердої фази в суспензії каоліну після відстоювання та оброблення різними реагентами ($C_{Al,Fe} = 20$ мг/дм³) за її різного початкового вмісту

Реагент	Залишкова концентрація твердої фази, мг/дм ³ , за її початкового вмісту, мг/дм ³			
	56	112	168	225
Хлорид алюмінію	45	18,7	14	6
Сульфат алюмінію	45	20	24	12
Хлорид заліза (III)	32,5	25	7	6,3
АКВА-АУРАТ 30	31	40	24	6,3

Для сульфату алюмінію відповідний ефект виражений надзвичайно чітко (рис. 7), переважно для концентрацій понад 200 мг/дм³. За менших значень коагулянт працює неефективно. Залишкові концентрації твердої фази для цього коагулянту також є максимальними за всіх початкових концентрацій.

Для хлориду заліза (III) (рис. 8) за концентрації твердої фази нижче 150 мг/дм³ спостерігається забарвлення води, оскільки пластівці коагулянту протягом тривалого часу не формуються взагалі. Вода набуває жовтавого забарвлення, мутніє і не освітлюється. За вищих концентрацій реагент швидко коагулює, формуються великі агрегати, що досить швидко осаджуються. Осад набуває яскраво-помаранчевого кольору та ущільнюється до 10 % від початкового об'єму суспензії. Залишкові концентрації твердої фази у відстояній воді також суттєво зменшуються (табл. 2).

Для коагулянту АКВА-АУРАТ 30 залежність ефективності освітлення від початкової концентрації твердої фази є ще більш незвичною (рис. 9). Коагуляція та освітлення спостерігалися лише за концентрацій понад 200 мг/дм³. Мінімальні залишкові концентрації твердої фази також зафіксовані для початкової

концентрації понад 200 мг/дм^3 . Таку поведінку коагулянту можна пояснити низькими температурами ($15 \dots 20 \text{ }^\circ\text{C}$).

Оскільки для природних вод така температура є нормальною, це питання потребує більш детальних досліджень.

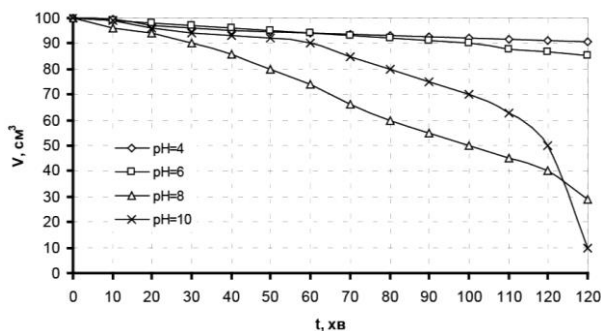


Рис. 5 – Вплив pH на ефективність відстоювання суспензії каоліну з АКВА АУРАТОМ 30 ($C_K = 225 \text{ мг/дм}^3$, $C_{Al} = 20 \text{ мг/дм}^3$)

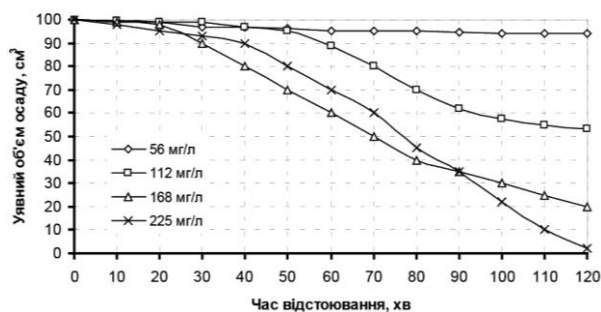


Рис. 6 – Вплив початкової концентрації твердої фази на ефективність відстоювання суспензії каоліну з хлоридом алюмінію ($C_{Al} = 20 \text{ мг/дм}^3$)

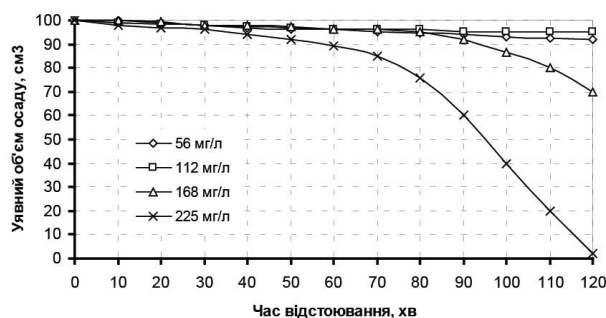


Рис. 7 – Вплив початкової концентрації твердої фази на ефективність відстоювання суспензії каоліну з сульфатом алюмінію ($C_{Al} = 20 \text{ мг/дм}^3$)

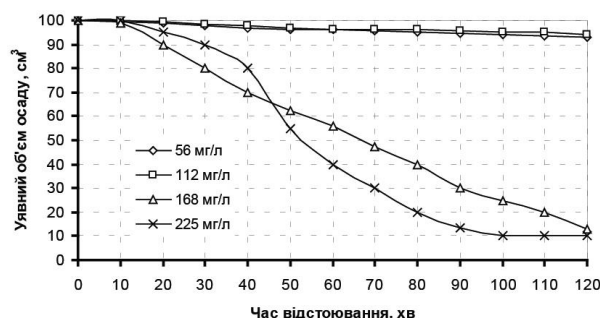


Рис. 8 – Вплив початкової концентрації твердої фази на ефективність відстоювання суспензії каоліну з хлоридом заліза (III) ($C_{Fe} = 20 \text{ мг/дм}^3$)

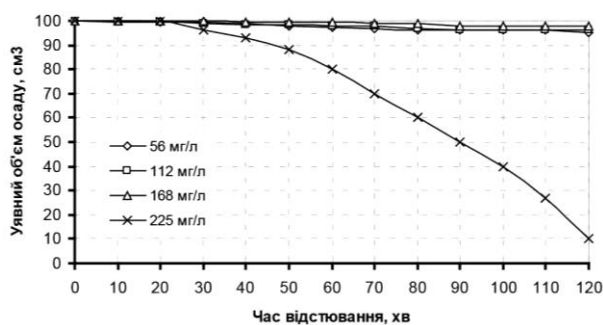


Рис. 9 – Вплив початкової концентрації твердої фази на ефективність відстоювання суспензії каоліну з АКВА-АУРАТ 30 ($C_{Al} = 20 \text{ мг/дм}^3$)

Висновки. Установлено, що алюміній- і залізомісткі коагулянти не забезпечують нормативних вимог за вмістом твердої фази в питній воді, обробленій відстоюванням. Ефективність коагулянтів різних типів суттєво залежить від pH і початкового вмісту твердої фази. Майже всі досліджені коагулянти працюють ефективніше в лужному середовищі та за початкового вмісту твердої фази $150 \dots 200 \text{ мг/дм}^3$. За менших початкових концентрацій і дозі коагулянту 20 мг/дм^3 (за йоном металу) інтенсивність освітлення є низькою, уявний об'єм осаду після 2 год відстоювання становить $60 \dots 90 \%$ від початкового об'єму суспензії, а залишкові концентрації твердої фази в обробленій воді є далекими від нормативних. Тому варто розробляти нові типи коагулянтів, комбінувати коагулянти з флокулянтами чи передбачати доочищення освітленої води.

Список використаної літератури

1. Пашков А. П. Проблеми забруднення поверхневих, підземних і стічних вод та заходи щодо їх ліквідації і запобігання в Україні / А. П. Пашков // Безпека життєдіяльності. – 2011. – № 4. – С. 10–16.
2. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.2.4-171-10. – Наказ Міністерства охорони здоров'я України 12 трав. 2010 р. № 400.
3. Оцінка ефективності алюмініймістких коагулянтів в процесах освітлення природних вод / В. М. Радовенчик, С. В. Глиняна, Я. В. Радовенчик, Н. В. Калініченко // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 2 (10). – С. 17–20.
4. Радовенчик В. М. Дослідження ефективності освітлення природних вод відстоюванням / В. М. Радовенчик, Н. В. Калініченко, Я. В. Радовенчик / Зимові наукові читання : зб. наук. пр. – К. : Центр наукових публікацій, 2016. – С. 108–113.