

Литература

1. Kuliyeva, T. L. Natural zeolite -clinoptilolite identification [Text] / T. L. Kuliyeva, N. N. Lebedeva, V. I. Orbuh, Ch. A. Sultanov // Fizika. — 2009. — № 3. — pp. 43-45.
2. Breck, D. W. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use [Text] / D. W. Breck. — New York: Wiley, 1974. — 784 p.
3. Vasylechko, V. O. Adsorption of Copper on Transcarpathian Clinoptilolite [Text] / V. O. Vasylechko, G.V. Gryshchouk, L.O. Lebedynets, Yu.B. Kuz'ma, L.O. Vasylechko, Zakordonskiy V.P. // Adsorp. Sci. Technol. — 1999. — Vol.17. — № 2. — pp.125-134.
4. Савченко, И. Л. Охрана среды от загрязнения отходами животноводства [Текст] / И. Л. Савченко, В. Н. Благодатный. — К.: Урожай, 1986. — 128 с.
5. Даценко, И. И. Современные проблемы гигиены окружающей среды [Текст] / И. И. Даценко, А. Б. Денисюк, С. Л. Долошицкий и др. — Львов, 1997. — 136 с.
6. Ткаченко, С. И. Биоконверсия органических отходов АПК и экологически сбалансированные технологии [Текст] / С. И. Ткаченко, Е. П. Ларюшкин, Д. В. Степанов // Экологический вестник. — № 5-6. — 2002. — с. 6-7.
7. Дистанов, У.Г. Природные сорбенты СССР [Текст] / У. Г. Дистанов, А. С. Михайлов, Т. П. Конюхова. — М.: Недра, 1990. — 208 с.
8. Чельшев, Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты - новый тип минерального сырья [Текст] / Н.Ф. Чельшев, Б.Г. Беренштейн, В.Ф. Володин. — М.: Недра, 1987. — 176 с.
9. Petrus, R. Wymiana masy w ukladzie cialo stale - ciecz [Text] / R. Petrus, G. Akselrud, J. Gumnicki, W. Piantkowski — Rzeszow, Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, 1998. — 365 s.
10. Шифрин, С. М. Очистка сточных вод мясной и молочной промышленности [Текст] / С. М. Шифрин, Г. В. Иванова, Б. Микулов, Ю. А. Фенофанов. — 1981 г. — 272 с.
11. ПНД Ф 14.1:2.1-95. МВИ массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера [Текст] — М.: Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 2004.
12. Петрушка, И. М. Внешнедиффузионная кинетика адсорбции красителя анионного красного 8С на глауконите [Текст] / И. М. Петрушка, Я. М. Гумницкий, М. С. Мальваный // Теор. основы химической технологии.—Т.47, №2.-2013.-С.191-195.

Значна кількість нових реагентів для інтенсифікації освітлення природних вод вимагає детального дослідження їх ефективності при очищенні стічних вод та водопідготовці. В представленому матеріалі наведено результати вивчення ефективності трьох видів флокулянтів, встановлено умови їх ефективного використання, досліджено інтенсивність освітлення в різних умовах.

Ключові слова: флокулянт, освітлення, бентоніт, відстоювання, залишкові концентрації

Значительное количество новых реагентов для интенсификации осветления природных вод требует детального исследования их эффективности при очистке сточных вод и водоподготовке. В представленном материале приведены результаты изучения эффективности трех видов флокулянтов, установлены условия их эффективного использования, исследована интенсивность осветления в разных условиях.

Ключевые слова: флокулянт, осветление, бентонит, отстаивание, остаточные концентрации

УДК 628.16

ОСВІТЛЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ ФЛОКУЛЯНТІВ

Я. В. Радовенчик
Асистент*

E-mail: m.gomelya@kpi.ua

А. О. Костриця
Кафедра екології

Національний університет «Києво-Могилянська
Академія»

вул. Г. Сковороди, 2, м. Київ, Україна, 04655

E-mail: kostritsia@gmail.com

В. М. Радовенчик
Доктор технічних наук, професор*

*Кафедра екології та технології рослинних полімерів
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

E-mail: dokeco@ukr.net

1. Вступ

Природні води завжди в тій чи іншій мірі містять в своєму складі різноманітні домішки органічного та неорганічного походження [1]. Найбільш поширеними

з таких домішок є високодисперсні тверді частки. У водойми вони потрапляють як в результаті різноманітних природних процесів (розмивання русел річок, змивання ґрунтів з прилеглих територій, обвали берегів і т.п.), так і із стічними водами, що скидаються в гідросферу

людиною [2]. Незалежно від походження, надмірний вміст твердих часток у водному середовищі призводить до погіршення умов існування живих організмів, супроводжується замулюванням дна, суттєво погіршує якість води у випадку її споживання людиною.

Сьогодні нормативні документи України визначають допустиму мутність питної води на рівні $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Тому практично всі поверхневі води, що забираються для господарсько-питних потреб, підлягають попередній обробці з метою видалення, перш за все, дисперсних твердих часток. Зважаючи на відносно незначні концентрації твердої фази у водах, що забираються для споживання [3] (наприклад, середньорічна мутність води р. Дніпро складає біля 46 мг/дм^3 , а для інших річок, особливо гірських, вона може бути значно меншою), обробка таких вод викликає значні труднощі, пов'язані із високою дисперсністю твердої фази.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Сьогодні розроблено та вивчено значну кількість різноманітних методів відділення твердої фази від води. Особливістю глинистих часток, що містяться в природних водах є надзвичайно висока дисперсність, що перешкоджає їх ефективному відстоюванню [4]. Досить часто проблема ускладнюється стабільністю колоїдних часток за рахунок сольватації чи сорбції із розчину різноманітних речовин [5]. Розроблено достатньо інших методів (фільтрування, флотація, сорбція, центрифугування і ін.), котрі дозволяють ефективно вирішувати зазначені питання, однак вони, в більшості випадків, є високозатратними, потребують складного обладнання, мають низьку продуктивність [6]. Тому на сьогодні відстоювання залишається найбільш прийнятним процесом для освітлення природних та стічних вод.

Оскільки процеси відстоювання досить детально вивчені, випуск необхідного обладнання налагоджено в промислових масштабах, то основним напрямком розвитку в цій галузі є використання допоміжних реагентів для інтенсифікації освітлення води [7]. Такими реагентами є коагулянти та флокулянти [8, 9]. Досить часто для підвищення ефективності відстоювання пропонується використовувати додатково частки магнетиту, металевого заліза, активованого вугілля і т.п. [10]. Зважаючи на відповідні складності відділення вказаних речовин від загального потоку рідини, широкого розповсюдження технології з їх використанням не набули.

3. Мета та завдання дослідження

Сьогодні в світі щорічно розробляється та доводиться до промислового випуску значна кількість нових коагулянтів та флокулянтів. В Україні найбільш інтенсивно зростає кількість видів та марок реагентів зарубіжного виробництва. Властивості більшості із них вивчені недостатньо, або й взагалі не досліджені. Тому метою даної роботи було дослідження ефективності нових флокулянтів в процесі освітлення суспензій бентоніту. Авторі ставили перед собою завдання визначити вид найбільш ефективних флокулянтів, їх прийнятні концентрації та умови застосування.

4. Експериментальні дослідження

Методика досліджень полягала в наступному. Для досліджень готували суспензію з визначеною концентрацією твердої фази (часток бентоніту). 100 см^3 отриманого розчину при необхідності піддавали коригуванню рН шляхом додавання необхідної кількості розчинів NaOH і HCl чи додавали визначений об'єм розчину флокулянта, заливали у мірний циліндр та знімали криві седиментації. Після освітлення суспензії відбирали пробу освітленого розчину та визначали залишковий вміст бентоніту.

Як показали наші дослідження, висока дисперсність часток бентоніту робить процеси відстоювання у водному середовищі малоефективними. Причому, сам процес відстоювання в значній мірі залежить від початкової концентрації твердої фази. Як видно з графіку (рис. 1), при початковій концентрації твердої фази менше 50 мг/дм^3 освітлення води практично не спостерігається і шар осаду в нижній частині циліндра не формується. При цьому ніяких змін не відбувається при відстоюванні навіть протягом 2 годин. При більших концентраціях твердої фази (104 мг/дм^3) відстоювання відбувається більш ефективно (рис. 1), однак уявний об'єм осаду при цьому досить значний (20 см^3). Причому, зменшити його не вдається навіть при терміні відстоювання більше 12 год. Але навіть при початкових концентраціях більше 50 мг/дм^3 в освітленій воді та на стінках посудини фіксуються частки бентоніту, котрі необхідно видалити з допомогою додаткового фільтрування.

При концентрації твердої фази 13 та 26 мг/дм^3 після 2 годин відстоювання уявний об'єм осаду складає приблизно 99 % від початкового об'єму суспензії. Об'єм рідкої фази над осадом повністю не освітлюється (лише близько 1,0 мл) і містить 9 і 17 мг/дм^3 часток бентоніту відповідно і більше (в залежності від глибини відбору проби). Як показують експерименти, такі завісли частки найбільш ефективно відділяються лише фільтруванням.

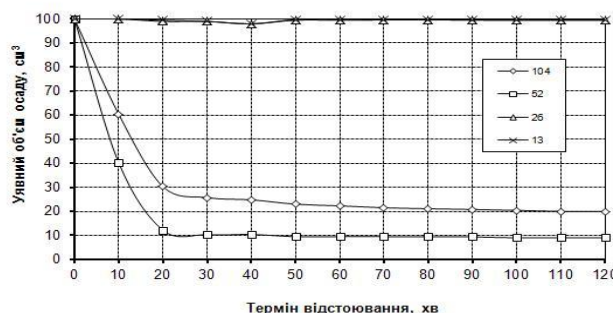


Рис. 1. Залежність уявного об'єму осаду (см^3) часток бентоніту від терміну відстоювання (хв) при їх різному вмісті в суспензії (мг/дм^3)

Зміна рН в межах 3,0-11,0 може суттєво впливати на умови освітлення (рис. 2). Так, при початковій концентрації часток бентоніту 26 мг/дм^3 при рН=3,0 протягом 2 годин відстоювання відбувається досить інтенсивне, порівняно з іншими зразками, освітлення розчину (спостерігається суттєве укрупнення часток

та їх інтенсивне осідання на дно) – об’єм освітленої води складає 90 - 91 % від початкового об’єму суспензії. Причому, укрупнення часток та освітлення суспензії спостерігається відразу з початком відстоювання.

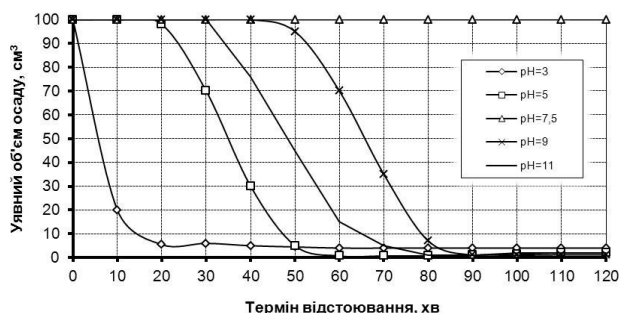


Рис. 2. Залежність уявного об’єму осаду (см³) часток бентоніту від терміну відстоювання (хв) при різних значеннях водневого показника суспензії (початкова концентрація часток бентоніту $C_{т.ф.} = 26 \text{ мг/дм}^3$)

При pH=5 перші 20 хв. відстоювання освітлення суспензії взагалі не спостерігається. Протягом наступних 30 хв. на дні циліндра формується шар осаду, котрий в подальшому практично не змінюється. При цьому залишкові концентрації твердої фази в освітленій воді сягають 10 мг/дм³.

В нейтральному середовищі освітлення суспензії практично не спостерігається і уявний об’єм осаду протягом всього періоду відстоювання складає 100 см³. Відповідно і залишкові концентрації твердої фази в суспензії після 2 годин відстоювання досить значні – 17,5 мг/дм³.

В лужному середовищі при pH=9 та pH=11 відстоювання відбувається повільніше, ніж в кислому. Так, при pH=9 освітлення суспензії протягом 30 хв. взагалі не спостерігається. Далі досить швидко на дні формується шар ущільненого осаду і освітлення практично припиняється. Аналогічна ситуація характерна і для pH=11. При цьому залишкова концентрація твердої фази в освітленому розчині сягає 17 та 12 мг/дм³ відповідно.

Зважаючи на високі витрати реагентів при коригуванні pH, нами було вивчено можливість використання в якості ініціаторів освітлення суспензії бентоніту різні типи нових флокулянтів, концентрації котрих досить незначні і не можуть суттєво вплинути на загальну масу осаду, що формується [6]. В якості таких реагентів використовували флокулянти Magnafloc 156 з аніонним зарядом та молекулярною масою до 20 млн. в. о. і Zetag 7692 з катіонним зарядом та молекулярною масою до 20 млн. в. о., а також розчини поліакриламід (ПАА) в якості неіоногенного флокулянту.

Як показали проведені експерименти (рис. 3), суттєво на ефективність відстоювання додавання флокулянту Magnafloc 156 не впливає.

Як видно з рис. 3, якщо в перші 10-20 хв. (pH=5 і pH=7,5) або 40 хв. (для pH=9) відстоювання ще спостерігається якась різниця, то при подальшому відстоюванні ефективність флокулянта мало впливає на процес освітлення. При цьому залишкові концентрації бентоніту в освітленій воді залишаються досить висо-

кими (5 мг/дм³, 7,7 мг/дм³, 7 мг/дм³ відповідно) (табл. 1) і помітно не змінюються при коригуванні pH. Разом з тим, при pH=3 інтенсивність освітлення досить висока, а залишкові концентрації бентоніту в освітленій воді задовольняють вимоги всіх нормативних документів. Також для зразка з pH=7,5 помітні значні покращення проходження процесу відстоювання – об’єм уявного осаду із 100 % (без додавання флокулянту) зменшився до 2 %. Однак, в загальному випадку флокулянт аніонного типу не може забезпечити необхідну ефективність в процесах відстоювання бентоніту. Зміна дози флокулянта також суттєво на загальну ефективність не впливає.



Рис. 3. Залежність уявного об’єму осаду (см³) часток бентоніту від терміну відстоювання (хв) при додаванні до суспензії флокулянту Magnafloc 156 дозою 5 мг/г осаду при різних значеннях водневого показника (початкова концентрація часток бентоніту $C_{т.ф.} = 26 \text{ мг/дм}^3$)

Таблиця 1

Залишкові концентрації бентоніту в освітлених розчинах (мг/дм³)

| pH | Magnafloc 156, мг/дм ³ | Zetag 7692, мг/дм ³ | ПАА, мг/дм ³ |
|-----|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 3 | 0,1 | 0,1 | 1,1 |
| 5 | 5,0 | 2,0 | 3,1 |
| 7,5 | 7,7 | 4,5 | 4,0 |
| 9 | 7,0 | 3,1 | 4,0 |
| 11 | 7,0 | 3,0 | 6,5 |

На жаль, надії на флокулянт катіонного типу Zetag 7692 також не виправдалися. Як видно з рис. 4, додавання флокулянту практично не впливає на ефективність освітлення, а залишковий уявний об’єм твердої фази лише на 1-2 % менше, ніж при осадженні без використання флокулянту. Разом з тим, на відміну від попереднього типу флокулянта, Zetag 7692 забезпечує достатню інтенсивність відстоювання як в кислому, так і в лужному середовищі. Тому його цілком можна рекомендувати для використання в процесах очищення стічних вод із відповідним водневим показником. Однак для господарсько-питних вод, де коригування pH не бажане, цей флокулянт малоефективний.

Залишкові концентрації бентоніту у відстояних розчинах при pH=7,5 суттєво нижчі, ніж без флокулянта, а при інших значеннях pH зменшуються, в порівнянні з іншими флокулянтами, на 1-2 одиниці (табл. 1).

З усіх досліджених зразків найкращі результати як з точки зору інтенсивності освітлення, так і з точ-

ки зору залишкового вмісту твердих часток показав ПАА. Як видно з рис. 5, найбільш позитивним фактом є задовільна робота флокулянта в усьому діапазоні рН=3÷11. А це дозволяє використовувати його в технологічних процесах без коригування рН. При рН=7,5 об'єм уявного осаду із 100 % (без додавання флокулянту) зменшився до 2,5 %, а залишковий вміст твердої фази складає всього 4 мг/дм³, що найменше серед всіх досліджених зразків флокулянтів. В кислому та лужному середовищах використання ПАА практично не поступається флокулянту Zetag 7692. Якщо зважити на різницю у вартості вітчизняних та зарубіжних реагентів, то очевидно, що у випадку видалення з водного середовища твердих часток бентоніту, особливо якщо коригування рН не бажано, використання ПАА буде більш економічно доцільно.

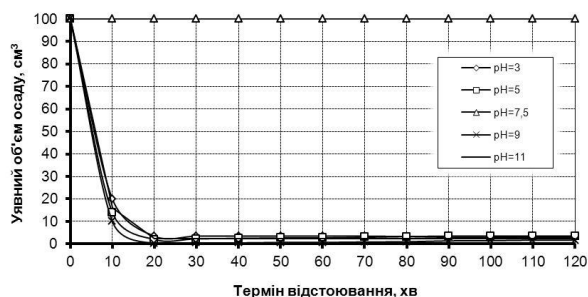


Рис. 4. Залежність уявного об'єму осаду (см³) часток бентоніту від терміну відстоювання (хв) при додаванні до суспензії флокулянту Zetag 7692 дозою 5 мг/г осаду при різних значеннях водного показника (початкова концентрація часток бентоніту $C_{т.ф.}=26$ мг/дм³)



Рис. 5. Залежність уявного об'єму осаду (см³) часток бентоніту від терміну відстоювання (хв) при додаванні до суспензії флокулянту ПАА дозою 5 мг/г осаду при різних значеннях водного показника (початкова концентрація часток бентоніту $C_{т.ф.}=26$ мг/дм³)

5. Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено, що із трьох типів флокулянтів жоден не дозволяє отримати в результаті відстоювання вміст часток бентоніту

на рівні 1,5 мг/дм³ і менше, що змушує обов'язково вводити в процес очищення стадію фільтрування. Необхідні залишкові концентрації можна отримати з допомогою досліджених флокулянтів лише в сильно кислому середовищі, що не завжди прийнятно. В нейтральному середовищі задовільно працює лише ПАА, який забезпечує низькі залишкові концентрації при достатньо високій інтенсивності відстоювання. Досліджені типи зарубіжних флокулянтів при рН=7,5 або взагалі не освітлюються (Zetag 7692), або освітлюються досить повільно із значними залишковими концентраціями твердої фази (Magnafloc 156). В лужному середовищі краще працюють Zetag 7692 та ПАА і досить погано - Magnafloc 156. Незважаючи на отримані результати, досліджені флокулянти можуть успішно використовуватися в технологіях очищення стічних вод, в яких вимоги до залишкових концентрацій твердої фази менш жорсткіші.

Література:

1. Филипчук, В.Л. Промислова екологія [Текст] : Навчальний посібник / В.Л. Филипчук, М. О. Клименко, К. К. Ткачук та ін. – Рівне: НУВГП, 2013. – 494 с.
2. Михайлов В.Н. Общая гидрология [Текст] / В.Н. Михайлов, А. Д. Добровольский. – М: Высш. шк., 1991. – 368 с.
3. Дрозд, Н. Й. Стік завислих наносів річок України [Текст] / Н. Й. Дрозд, З. О. Горецька // Гідрологічні дослідження та розрахунки. – К.: Вид-во АН УРСР, 1989. – С. 106 – 120.
4. Терновцев, В. Е. Исследование гетерокоагуляции каолинита и феррореагентов [Текст] / В. Е. Терновцев, А. Н. Кушка // В сб.: Строительные материалы, изделия и санитарная техника, 1990. – Вып. 14. – С. 101 – 104.
5. Лапин, В. В. Взаимодействие продуктов гидролиза сульфата алюминия с полиакриламидом [Текст] / В. В. Лапин, О. И. Ионова, Л. А. Суворова // Химия и технология воды, 1990. – 12, №8. – С. 718 – 726.
6. Кульский, Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды [Текст] / Л. А. Кульский. – К.: Наукова думка, 1980. – 564 с.
7. Гомеля, М. Д. Сучасні методи кондиціонування та очистки води в промисловості / М. Д. Гомеля, В. М. Радовенчик, Т.О. Шаблій. – К.: Графіка, 2007. – 168 с.
8. Запольский, А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение [Текст] / А. К. Запольский, А. А. Баран. – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
9. Вейцер, Ю. И. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод [Текст] / Ю. И. Вейцер, Д. М. Минц. – М.: Стройиздат, 1984. – 200 с.
10. Гончарук, В. В. Отримання та використання вискодисперсних сорбентів з магнітними властивостями [Текст] / В. В. Гончарук, В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К.: НТУУ "КПІ", 2003. – 263 с.