

*Приведені результати дослідження процесів відстоювання суспензії скопу з використанням флокулянтів вітчизняного та іноземного виробництва. Визначено вплив різноманітних факторів на ефективність відстоювання. Рекомендовано до використання найбільш ефективний тип флокулянтів*

*Ключові слова: скоп, відстоювання, флокулянт*

*Приведены результаты исследований процессов отстаивания суспензии скопа с использованием флокулянтов отечественного и зарубежного производства. Определено влияние различных факторов на эффективность отстаивания. Рекомендован к применению наиболее эффективный тип флокулянтов*

*Ключевые слова: скоп, отстаивание, флокулянт*

*Results of suspension sludge processes researches with usage of flocculants of domestic and foreign manufacture are resulted. Influence of various factors on settling efficiency is defined. The most effective flocculent type is recommended to application*

*Keywords: sludge, settling, flocculent*

## ВІДСТОЮВАННЯ СКОПУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФЛОКУЛЯНТІВ РІЗНОГО ТИПУ

**М. Д. Гомеля**

Доктор технічних наук, професор, завідувач  
кафедрою\*

Контактний телефон: (044) 236-60-83

E-mail: m.gomelya@kpi.ua

**Я. В. Радовенчик**

Молодший науковий співробітник\*

Контактний телефон: 093-697-62-71

E-mail: r.yar@ukr.net

**В. В. Тимошенко**

Студентка\*

Контактний телефон: 096-408-96-06

E-mail: eco-paper@kpi.ua

**О. С. Коваль**

Кандидат технічних наук, старший викладач

\*Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

пр. Перемоги 37, корпус 4, м. Київ, 03056

Контактний телефон: 050-352-18-66

E-mail: eco-paper@kpi.ua

### 1. Вступ

Сьогодні на території України в тій чи іншій мірі працює більше 25 підприємств, що займаються переробкою макулатури. Протягом року вони переробляють близько 600 тис. т. макулатури. Як і для більшості матеріалів, що піддаються рециклінгу, макулатурі характерне зниження якості в залежності від кількості циклів повторного використання. Одночасно утворюються відходи, непридатних для повторного використання. Маса, що містить дрібні волокна целюлози (приблизно 50 %) та мінеральну тверду фазу у вигляді часток каоліну (близько 45 %) носить назву скопу і представляє собою осади стічних вод целюлозно-паперових виробництв та виробництв переробки макулатури після первинного очищення [1]. Незважаючи на розробку значної кількості технологій використання скопу для отримання різноманітних будівельних конструкцій та матеріалів, на сьогодні основним способом поводження зі скопом є накопичення його на мулових майданчиках та зневоднення в природних умовах. Надмірна вологість скопу сприяє

процесам його розкладання, що супроводжується забрудненням підземних та поверхневих вод, атмосферного повітря. Під мулові майданчики для зберігання скопу відводяться значні площі придатної для використання території. Тому процеси зневоднення скопу завжди були в центрі уваги інженерів та актуальні серед науковців. Нажаль, навіть сьогодні не вдалося вирішити вказану проблему та запропонувати ефективну технологію зневоднення скопу для забезпечення можливості його тривалого зберігання без шкоди навколишньому середовищу.

### 2. Постановка проблеми та завдання дослідження

Незалежно від того, як в подальшому передбачається використовувати скоп, першим етапом його обробки є відстоювання. Цей процес дозволяє знизити загальний об'єм суспензії скопу та підвищити вміст твердої фази до концентрацій, що дозволяють його використання в процесах отримання будівельних матеріалів та конструкцій. Оскільки традиційні флокулянти не

забезпечували достатньої ефективності відстоювання суспензії скопу, було цікаво дослідити сучасні реагенти зарубіжного виробництва на основі поліакриламідів. В якості таких реагентів використовували флокулянти Zetag 7648 з катіонним зарядом та молекулярною масою до 20 млн. і Magnafloc 156 з аніонним зарядом та молекулярною масою до 20 млн., а також розчини поліакриламідів (ПАА) в якості неіоногенних флокулянтів.

Метою наших досліджень було визначення найбільш ефективного типу флокулянтів та найбільш прийнятних умов його використання для освітлення суспензії скопу.

Методика досліджень полягала в обробці суспензії скопу різними реагентами та дослідженні процесів її освітлення. В якості модельних розчинів використовували суспензію скопу, відібрану з технологічної лінії Київського картонно-паперового комбінату. Початковий розчин містив 10231 мг/дм<sup>3</sup> волокон скопу та інших твердих домішок при водневому показнику суспензії 6,8. Відстоювання проводили в градуйованих циліндрах при об'ємі проби 100 мл. Отримані результати паралельних дослідів обробляли методами математичної статистики. Повторюваність результатів та їх достовірність відповідають сучасним вимогам.

### 3. Викладення основного матеріалу

На першому етапі досліджували можливість зниження об'єму суспензії скопу, що підлягає зневодненню, шляхом її відстоювання без додаткової обробки реагентами. Було встановлено (рис. 1), що при відстоюванні відібраного скопу без додаткової обробки (рН 6,8) протягом двох годин уявний об'єм твердої фази складає 60 % від загального об'єму суспензії. Збільшення терміну відстоювання не супроводжується зниженням уявного об'єму твердої фази. Ще на 2 % зменшити уявний об'єм твердої фази дозволяє підвищення водневого показника суспензії до рівня рН 9. Однак подальше його підвищення до рН 11,5 знову призводить до збільшення уявного об'єму твердої фази.

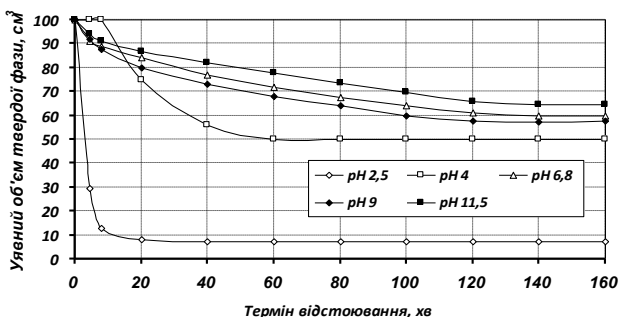


Рис. 1. Криві відстоювання суспензії скопу при різних значеннях рН (вміст твердої фази 10231 мг/дм<sup>3</sup>)

Зовсім по іншому відбувається освітлення суспензії скопу при низьких значеннях рН. В слабкокислому середовищі (рН 4) спочатку освітлення не спостерігається. Через 10 хв починає формуватися шар освітленої води, але в нижній частині мірного циліндру. Тверда

фаза починає спливати на поверхню і формувати шар волокон у приповерхневому шарі. Через годину відстоювання уявний об'єм твердої фази стабілізується на рівні 50 % від початкового об'єму і подальше відстоювання не супроводжується його зниженням. Ще більш інтенсивно цей процес відбувається при рН 2,5. Вже через 10 хв відстоювання уявний об'єм твердої фази знижується до 10 % від початкового об'єму суспензії, а через 40 хв – стабілізується на рівні 7 %. Подальше відстоювання не супроводжується відповідним зниженням уявного об'єму. На рис. 1 для рН 4 та рН 2,5 приведено уявний об'єм твердої фази, розміщеної у приповерхневому шарі. Згідно даних [2], точка нульового заряду поверхні волокон целюлози відповідає рН 2,0, а в діапазоні рН=2,0 – 11,0 вони мають позитивний заряд. Тому, на нашу думку, в кислому середовищі знижується величина сил відштовхування між окремими волокнами, що сприяє їх агрегуванню та спливанню на поверхню. Разом з тим, варто зауважити, що при відстоюванні суспензії скопу в зазначеному діапазоні рН не вдається повністю освітлити рідку фазу. Залишкова мутність освітленої води коливається для зазначеного діапазону рН в межах 640 - 1080 мг/дм<sup>3</sup>. Очевидний також той факт, що при великих об'ємах суспензії скопу коригування рН у широкому діапазоні являється досить затратним процесом, оскільки вимагатиме значної витрати реагентів.

Використання флокулянтів для підвищення ефективності відстоювання, зважаючи на їх незначні концентрації, може бути цілком прийнятним з точки зору повторного використання вилученого з води скопу. Найбільш поширений на території України флокулянт - ПАА відноситься до неіоногенних флокулянтів і використовується для видалення з водного середовища твердих часток різноманітної природи. Застосування його в процесах освітлення суспензії скопу показало (рис. 2), що кардинально вплинути на процес освітлення навіть при досить значних дозах цей флокулянт не здатний. Зменшення уявного об'єму твердої фази на 16 % при дозі флокулянта 70 мг/дм<sup>3</sup> в порівнянні із відстоюванням без обробки реагентами є, на нашу думку, не адекватним. Тому його використання без додаткової обробки суспензії скопу можна вважати в даному випадку недостатньо ефективним. Виходячи із концентрацій флокулянту та скопу, співвідношення між їх масами в дослідженому діапазоні коливається в межах 0,5 – 7,0 мг/г сухої речовини твердої фази. Виробниками флокулянтів вказане співвідношення визначено в діапазоні 2 – 6 мг/г сухої речовини.

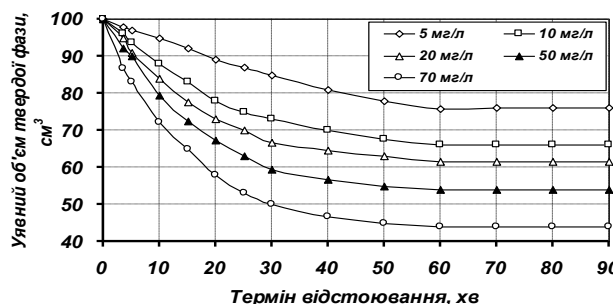


Рис. 2. Криві седиментації твердої фази скопу при різних дозах ПАА (рН = 6,8; вміст твердої фази – 10231 мг/дм<sup>3</sup>)

Коригування рН в значній мірі не дозволяє покращити отриманий результат. Як і без флокулянтів, у слабо лужному середовищі інтенсивність відстоювання в присутності флокулянтів залишається практично однаковою (рис. 3). При зниженні рН (рН 4,0) спостерігається зворотній ефект. Тверда фаза рівномірно розподіляється по всьому об'єму мірного циліндра і протягом 2 годин її осідання чи спливання не спостерігається, хоча в окремих точках об'єму фіксується утворення крупних агрегатів, котрі знаходяться в завислому стані і сприяють освітленню води навколо них. При рН 2,5 спостерігається швидке спливання твердої фази та суттєве зменшення її уявного об'єму. Однак залишковий об'єм твердої фази при цьому в три рази більший, ніж при відстоюванні без флокулянтів. Тому очевидно, що використання ПАА для даного складу скопу є малоефективним.

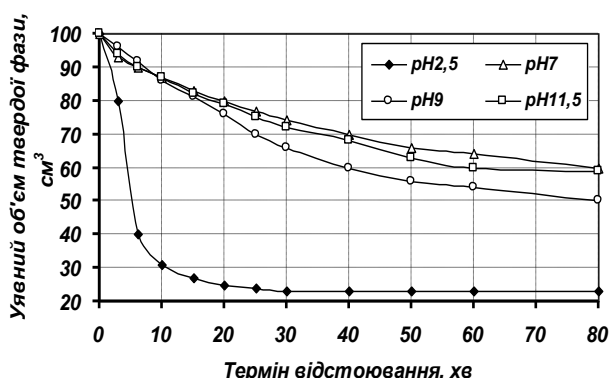


Рис. 3. Криві седиментації твердої фази скопу при різних рН (доза ПАА – 10 мг/дм<sup>3</sup>; вміст твердої фази – 10231 мг/дм<sup>3</sup>)

Використання флокулянтів аніонного типу Magnafloc 156 виявилось більш ефективним, ніж ПАА. Вже без коригування рН при дозах флокулянту більше 5 мг/дм<sup>3</sup> уявний об'єм твердої фази після відстоювання протягом 25 хв складає всього біля 10 % від початкового об'єму суспензії (рис. 4). Причому, подальше збільшення дози флокулянту не супроводжується відповідним збільшенням інтенсивності відстоювання.

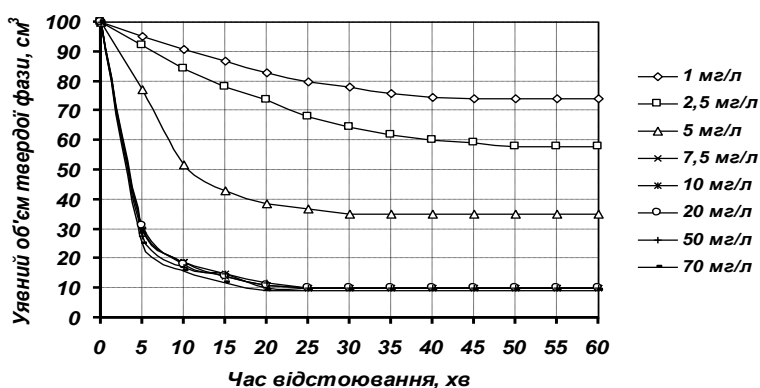


Рис. 4. Криві седиментації твердої фази скопу при різних дозах Magnafloc 156 (рН = 6,8; вміст твердої фази – 10231 мг/дм<sup>3</sup>)

Варто також відмітити, що у випадку використання флокулянту Magnafloc 156 вплив рН на ефективність відстоювання дещо нівелюється. Як і у випадку з ПАА, при рН 4,0 осадження чи спливання твердої фази протягом 2 годин взагалі не спостерігається. В сильно кислому середовищі (рН 2,5) також спостерігається спливання осаду, однак його залишковий уявний об'єм в чотири рази більший, ніж без флокулянту (рис. 5). Тому використання флокулянту аніонного типу Magnafloc 156 доцільно в нейтральному середовищі без коригування рН, що дозволить уникнути додаткових витрат реагентів та скоротити технологічний цикл обробки стічної води. Разом з тим, як і в попередніх випадках, в усьому діапазоні зміни рН та концентрації флокулянта не вдалося знизити залишковий вміст твердої фази у відстоюній воді нижче 440 мг/дм<sup>3</sup>, що вимагає додаткових досліджень по підборі інших типів флокулянтів.

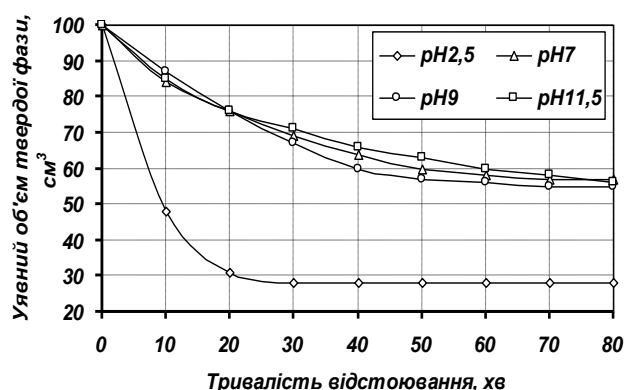


Рис. 5. Криві седиментації твердої фази скопу при різних рН (доза Magnafloc 156 – 5 мг/дм<sup>3</sup>; вміст твердої фази – 10231 мг/дм<sup>3</sup>)

Цікаві результати отримані при використанні катіонного флокулянту Zetag 7648. Навіть при досить значних дозах флокулянту ефективного освітлення суспензії скопу не спостерігається (рис. 6). А при дозі флокулянту в 70 мг/дм<sup>3</sup> спостерігається зворотній ефект – тверда фаза протягом 2-х годин відстоювання взагалі не осаджується. На відміну від двох попередніх типів флокулянтів, Zetag 7648 працює і в слабо кислому середовищі. При рН 4,0 спостерігається спливання твердої фази і локалізація її в приповерхневому шарі (рис. 7). В сильно кислому середовищі, як і для інших флокулянтів, спостерігається найменший уявний об'єм твердої фази, що концентрується у верхній частині мірного циліндра. Необхідно також наголосити, що і з використанням флокулянтів катіонного типу не вдається повністю освітлити стічну воду. При різних умовах залишкова концентрація твердої фази сягають 780 – 1130 мг/дм<sup>3</sup>.

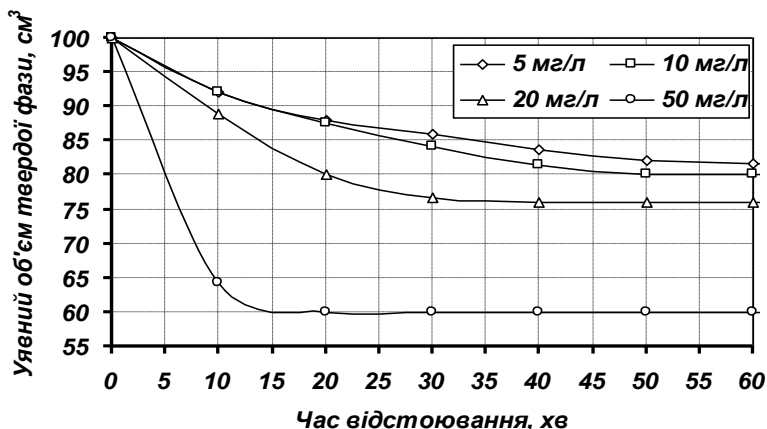


Рис. 6. Криві седиментації твердої фази скопу при різних дозах Zetag 7648 (рН = 6.8; вміст твердої фази – 10231 мг/дм<sup>3</sup>)

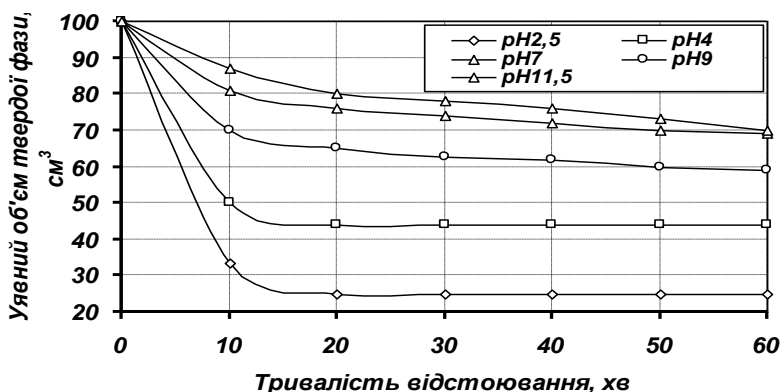


Рис. 7. Криві седиментації твердої фази скопу при різних значеннях рН (доза Zetag 7648 – 10 мг/дм<sup>3</sup>; вміст твердої фази – 10231 мг/дм<sup>3</sup>)

#### 4. Висновки

Таким чином, жоден із досліджених флокулянтів не забезпечує необхідної ефективності освітлення стічної води. Відстоювання навіть з використанням додаткових реагентів не дозволяє суттєво знизити об'єм суспензії, що підлягає зневодненню. Найкращі результати отримані при використанні флокулянту Magnafloc 156 в співвідношенні до твердої фази в діапазоні 0,7 – 7,0 мг/г сухої речовини. Разом з тим, навіть в цих умовах залишкові концентрації твердої фази в освітленій суспензії близькі до 500 мг/дм<sup>3</sup>, що потребує проведення додаткового етапу очищення із відповідним ускладненням технології.

#### Література

1. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [текст]: Учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин - Ростов на Дону: Феникс, 2007. – 369 с. – Библиогр.: с. 363–368. – ISBN 978-5-222-10629-7
2. Свительский В.П. Применение бентонитовых глин для очистки сточных вод [текст] / В.П. Свительский, Б.Ф. Омещинский, Ю.И. Тарасевич и др. // Химия и технология воды. – 1981. – Т. 3, №4. – С. 374 – 377.