

УДК 628.16

С.С. Душкін

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна*

## МОДИФІКАЦІЯ КВАРЦОВОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ РОЗЧИНОМ ФЛОКУЛЯНТУ ПАА

*В статті розглянуто ефективність модифікації кварцового завантаження розчином флокулянту поліакриламідру при очищенні природних вод. Встановлено, що модифікація кварцового завантаження розчином флокулянту поліакриламідру дозволяє інтенсифікувати процес освітлення води, знизити витрати реагентів на 25-30% з отриманням води потрібної якості, зменшити собівартості очищення води.*

**Ключові слова:** очищення води, модифікації кварцового завантаження, якість питної води, флокулянти, фільтрування, інтенсифікація процесу очищення природних вод.

### Постановка проблеми

Для очистки води від колоїдних та інших забруднень найбільшого поширення набула фізико-хімічна технологія, в якій процес фільтрування є останньою і основною стадією освітлення води і виконується на фільтрах із кварцовим завантаженням [1, 2].

Особлива увага приділяється інтенсифікації процесу очищення природних вод, вдосконалення технологій в розробках нових методів очистки води, а також впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Серед методів і способів, які використовуються для інтенсифікації водообробки, найбільш перспективними є методи, пов'язані із застосуванням раціональних, технологічно обґрунтованих схем, модифікації існуючих і розробкою нових методів і конструкцій водоочисних апаратів [3, 4].

В даній роботі розглянуто модифіковане кварцове завантаження флокулянтом ПАА. Він дозволяє інтенсифікувати процес освітлення води, зменшити витрати реагентів на 25–30% з отриманням очищеної води потрібної якості, скоротити кількість виробничих площ, необхідних для реагентного господарства очисних споруд, при цьому собівартість очистки води знижується на 20–25% [5-7].

### Формулювання мети статті

Науково-технологічне обґрунтування модифікації кварцового завантаження швидких фільтрів розчином флокулянту поліакриламідру, що дозволяє підвищити якість очищення питної води, знизити її собівартість та підвищити продуктивність очисних споруд.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Очищення води від завислих гумінових та інших домішок здійснюється в процесі коагуляції та флокуляції. Для того щоб очистити воду від зважених в ній колоїдних частинок необхідно зруйнувати рівновагу, прибрати сили які не дають частинкам осісти.

Коагуляція – це процес злипання частинок колоїдної системи в результаті їх взаємодії під дією молекулярних сил зчеплення при перемішуванні [8]. В результаті чого утворюються агрегати – великі (вторинні) частинки, що складаються зі скупчення дрібних (первинних). Первинні частинки в таких агрегатах з'єднані силами міжмолекулярної взаємодії безпосередньо або через прошарок навколишнього (дисперсійного) середовища. Коагуляція супроводжується прогресуючим укрупненням частинок і зменшенням їх загального числа в обсязі води.

Основні положення сучасної теорії стійкості гідрофобних колоїдних систем розроблені Б.В. Дерягиним і Л.Д. Ландау [9]. Автори вважають, що сили електростатичного відштовхування виникають в тому випадку, коли колоїдні частинки поєднуються настільки, що дифузні шари протіоіонів хоча б частково накладуться один на одного. При відносно великій товщині дифузних шарів сили тяжіння невеликі, а сили відштовхування переважають над силами тяжіння, що обумовлює агрегатну стійкість колоїдної системи. Гідра оболонки ядер міцел, що виникають при гідратації іонів в дифузному шарі, мають пружність і перешкоджають зближенню колоїдних частинок до відстані ефективної дії Ван-дер-Ваальсової сили тяжіння.

Основним процесом коагуляційного очищення природних вод є гетерокоагуляція – взаємодія

колоїдних і дрібнодисперсних домішок води з агрегатами, що утворюються при введенні коагулянтів в воду, що освітлюється [10].

Для колоїдних частинок характерне утворення на поверхні частинок подвійного електричного шару. Одна частина подвійного шару фіксована на поверхні розділу фаз, а інша створює хмару іонів, тобто одна частина подвійного шару є нерухомою, а інша рухомою (дифузійний шар).

При зниженні електричного заряду частинок, тобто при зменшенні  $\xi$ -потенціалу, сили відштовхування зменшуються і стає можливим злипання частинок - процес коагуляції колоїду. Щоб викликати коагуляцію колоїдних частинок, необхідно знизити величину їх  $\xi$ -потенціалу до критичного значення додаванням іонів, які мають позитивний заряд. Таким чином, при коагуляції відбувається дестабілізація колоїдних частинок внаслідок нейтралізації їх електричного заряду. Сили взаємного притягання між колоїдними частинками починають переважати над електричними силами відштовхування при  $\xi$ -потенціал системи менше 0,03 В. При потенціалі, рівному нулю, коагуляція проходить максимальною інтенсивністю [11].

Адсорбційні ємності гідроксидів алюмінію і заліза різні, залежать від типу колоїду, високомолекулярних домішок природних вод і зменшуються з часом. Так, за даними Л.А. Кульського, вже через 30 секунд після введення в освітлювану воду сірчаноокислого або хлорного заліза адсорбційна ємність гідроксидів зменшується майже втричі [12]. Надалі процес утворення пластівців гідроксиду, що протікає протягом 2–3 годин після введення коагулянту, лише незначною мірою зменшує адсорбційну ємність гідроксиду. Згідно адсорбційної теорії коагуляції, запропонованої Г.Ф. Фрейндліхом, причиною коагуляції електроліту є нейтралізація частини заряду колоїдних частинок, що відбувається внаслідок адсорбції іонів коагулюючого електроліту.

Згідно з дослідженнями П.А. Ребиндера, Ю. І. Вейцера і ін., флокуляція – це процес, що протікає без зміни електричних властивостей частинок з утворенням пластівців, в яких колоїдні частинки пов'язані за рахунок хімічних сил містками з макромолекул полімерів. Такі містки можуть утворювати, як макромолекули водорозчинних полімерів, так і нерозчинні у воді речовини, наприклад гідроокис алюмінію [13, 14].

У швидких фільтрах кварцовий пісок має негативний електричний заряд, який характеризується електрокінетичним потенціалом ( $\xi$  - потенціал) [15].

Відомо, якщо зерна фільтруючого завантаження покриті флокулянтном ПАА, то завантаження придбає позитивний заряд, що підтверджено науковими роботами Ю.І. Вейцера, З.А. Колобова, Г.М. Сафонова [16].

При проведенні досліджень була використана лабораторна установка, яка дозволяла виконати інтенсифікацію процесу очищення води на швидких фільтрах. Методологічні аспекти проведення досліджень наведені раніше [11].

Модифікація кварцового завантаження фільтрів рекомендується при очищенні природної води. Розроблений метод модифікації кварцового завантаження захищено патентом [7].

### Виклад основного матеріалу

Процес фільтрування має велике значення для обґрунтування раціонального підходу до вибору фільтруючих завантажень. Модифікацію кварцового завантаження виконували нанесенням на поверхню зерен піску 0,5% розчин ПАА з концентрацією 0,03 мг/дм<sup>3</sup>.

Вивчалися такі основні питання:

- вплив часу модифікації фільтруючого завантаження швидкого фільтру на тривалість фільтроциклу;
- вплив часу модифікації фільтруючого завантаження швидкого фільтру на мутність і кольоровість фільтрату;
- зміна каламутності проясненої води в залежності від кратності використання модифікованого завантаження.

Вплив часу модифікації кварцового завантаження контактних освітлювачів на тривалість фільтроциклу показано в таблиці 1. При цьому доза 0,5%-го розчину флокулянту була прийнята 0,03 мг/дм<sup>3</sup>. Швидкість фільтрації становила 0,5 м/год, час модифікації становило 1, 3, 5, 6 хвилин, тривалість фільтроциклу 20 хвилин.

Таблиця 1  
Вплив часу модифікації на тривалість фільтроциклу

№ фільтроциклу	Тривалість фільтроциклу, хв.			Поліпшення показників, %
	Звичайне фільтрування	Час модифікації завантаження, хв.	При модифікованому завантаженні	
Ф–1	270	1	310	14,8
Ф–2	280	3	370	32,1
Ф–3	270	5	380	40,7
Ф–4	270	6	340	25,9

Дослідні дані показують, що модифікація кварцового завантаження 0,5% розчином флокулянту ПАА дозволяє збільшити тривалість фільтроциклу в середньому на 20-35%. Так, при модифікації кварцового завантаження протягом 1 хв, тривалість фільтроциклу збільшилася на 14,8% (фільтроцикл Ф-1), при модифікації протягом 3 хв фільтроцикл збільшився на 32,1%, найбільше збільшення тривалості фільтроциклу спостерігалось при модифікації протягом 5, 6 хвилин (фільтроцикли Ф-3 і Ф-4), що складає 40,7% і 25,9%.

При модифікації кварцового завантаження 0,5% розчином флокулянту у всьому діапазоні досліджених інтервалів часу модифікації має місце збільшення тривалості фільтроциклу.

Так, при модифікації протягом  $t_r = 1$  хв фільтроциклу становить  $t_{\phi} = 310$  хв, що на 40 хв більше, ніж при звичайному фільтруванні  $t_{\phi} = 270$  хв. При модифікації кварцового завантаження протягом  $t_m = 5$  хв, спостерігається ще більше підвищення тривалості фільтроциклу і становить  $t_{\phi} = 380$  хв, що на 110 хвилин більше, на відміну від звичайного фільтрування  $t_{\phi} = 270$  хв.

Модифікація кварцового завантаження швидкого фільтру 0,5% розчином флокулянту ПАА дозволяє підвищити якість фільтрату, що підтверджується дослідними даними наведеними в таблиці 2. При цьому використання модифікованого кварцового завантаження дозволяє підвищити якість освітлення води на швидких фільтрах. Так, при звичайному фільтруванні каламутність фільтрату становить

$2,08 \text{ мг/дм}^3$ , а при модифікації завантаження протягом хвилини –  $1,27 \text{ мг/дм}^3$ , тобто спостерігається підвищення якості фільтрату на 63,3%. Кольоровість фільтрату при звичайному фільтруванні становить 25 град. ПКШ, а при модифікації завантаження протягом  $t_m = 1$  хв – 20 град. ПКШ, тобто має місце зниження кольоровості на 25,1%.

При модифікації  $t_m = 5$  хв поліпшення показників по мутності фільтрату склало 70,3%, а по кольоровості – 38,8%, а при  $t_m = 6$  хв підвищення якості очищення по каламутності становило 60,8%, по кольоровості – 25,1%.

Таблиця 2

Вплив часу модифікації фільтруючого завантаження швидкого фільтра на мутність і кольоровість фільтрату

№ фільтроциклу	Час модифікації кварцового завантаження, хв.	Показники освітленої води				Поліпшення показників освітленої води, %	
		Мутність фільтрату, мг/дм <sup>3</sup>		Кольоровість фільтрату, град ПКШ		Мутність фільтрату, мг/дм <sup>3</sup>	Кольоровість фільтрату, град ПКШ
		Звичайне фільтрування	При модифікованому завантаженні	Звичайне фільтрування	При модифікованому завантаженні		
Ф-1	1	2,08	1,27	25	20	63,3	25,1
Ф-2	3	1,32	1,4	25	19	58,6	31,5
Ф-3	5	2,01	1,18	25	18	70,3	38,8
Ф-4	6	2,22	1,38	25	20	60,8	25,1

## Висновки

1. Для поліпшення флокулюючих і коагулюючих властивостей реагентів розроблено та захищено патентами спосіб очищення води від дисперсних домішок за допомогою фільтрування вихідної води через модифіковане кварцове завантаження, що дозволяє інтенсифікувати процес освітлення води,

знижити витрати реагентів в середньому на 40-50% з отриманням води потрібної якості, при цьому собівартість освітленої води зменшується на 25-30%.

2. Необхідно продовжити дослідження модифікованого кварцового завантаження розчином флокулянту для очищення питної води в залежності від якісних показників вихідної води.

## Література

1. Тугай, А. М. Водопостачання [Текст]: підручник / А. М. Тугай, В. О. Орлов. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
2. Теоретические основы очистки воды [Текст] / Н. И. Куликов, А. Я. Найманов, Н. П. Омельченко, В. Н. Чернышев. – Донецк: Изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2009. – 298 с.
3. Василенко, О.А. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення [Текст]: навч. посібник / О.А. Василенко, П.О. Грабовський, Г.М. Ларкіна, О.В. Поліщук, В.Й. Прогульній. – К.: ІВНВКП «Укрґеліотек», 2010. – 272 с.
4. Храменков, С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети [Текст] / С.В. Храменков. – М.: Стройиздат, 2005. – 398 с.
5. Благодарная, Г.И. Модификация загрузки фильтра активированным раствором флокулянта [Текст] / Г.И. Благодарная // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. – К.: Техніка. – Вып. 43. – 2002. – С. 173–177.
6. Дикаревский, В.С. Получение модифицированных фильтрующих материалов для безреагентной очистки воды фильтрованием [Текст] / В.С. Дикаревский, Е.Г. Петров. – Ровно: УИИВХ, 1983. – С. 15.
7. Пат. 45258 Україна, МПК C02 F1/48. Спосіб модифікації фільтруючого завантаження для освітлення природних і стічних вод / Душкін С.С., Благодарна Г.І., Тихонюк В.О.; опубл. 15.03.2002, Бюл. № 3.
8. Драгинский, В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод [Текст]: науч. изд. / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетьманцев. – М.: Наука, 2005. – 576 с.
9. Дерягин, Б.В. Теория устойчивости сильно заряженных лиофобных золь и слипание заряженных частиц в растворах электролитов [Текст] / Б.В. Дерягин // Журн. Экспериментальной и теоретической физики. т. 15, № 11. – 1945. – С. 663–681.
10. Грабовский, П.А. Очистка природных вод [Текст]: учебн. пособие / П.А. Грабовский, Г.М. Ларкіна, В.И. Прогульній. – Одесса: ОГАСА, 2003. – 267 с.
11. Душкин, С.С. Методологические аспекты проведения исследований при использовании активированных растворов коагулянта в процессе очистки воды [Текст] / С.С. Душкин // Комунальне господарство міст: Науч.-техн. сб. – Харків: ХНАМГ, – Вып. 105. – 2012. – С.320-334.
12. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды [Текст] / Л. А. Кульский. – К.: Наукова думка, 1983. – 528 с.
13. Ребиндер, П.А. Конспект общего курса коллоидной химии [Текст] / П.А. Ребиндер. – М.: Изд-во МГУ, 1960. – 112 с.
14. Запольский, А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды [Текст] / А.К. Запольский, А.А. Баран. – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
15. Эпоян, С.М. Снижение агрегативной устойчивости коллоидной примеси природных вод активированным раствором коагулянта сульфата алюминия [Текст] / С.М. Эпоян, С.С. Душкин // MOTROL. – Lublin-Rzeszow, 2013. – Vol. 15, No 5. – P. 11-16.
16. Вейцгер, Ю.И. Влияние знака электрического заряда загрузки и взвешенных веществ на процесс фильтрования [Текст]: Научн. труды АКХ им. К.Д. Памфилова / Ю.И. Вейцгер, З.А. Колобова, Г.М. Сафонова. – М.: ОНТИ АКХ, 1974. – С. 32-42.

## Reference

1. Tugay, A., Orlov, V. (2009). Water supply: textbook. Kyiv: Knowledge, 735.
2. Kulikov, N., Naimanov, A., Omelchenko, N., Chernyshev, V. (2009). Theoretical basis of water purification. Donetsk: Publishing house «Nouvelage» (Donetsk branch), 298.
3. Vasylenko, O., Grabovsky, P., Larkina, G., Polishchuk, O., Progulny, V. (2010). Reconstruction and intensification of water supply and sewage facilities: textbook. K.: IVNVKP «Ukrgeiotek», 272.
4. Khramenkov, S. (2005). The strategy of modernization of the water supply network. Moscow: Stroyizdat, 398.
5. Blagodarnaya, G. (2002) Modification of loading of filter by activated solution of flocculant. Kommunalnoe khoziajstvo horodov. Nauk.-techn. sb., 43, 173–177.
6. Dikarevsky, V., Petrov, E. (1983). Preparation of modified filtering materials for reagentless water purification by filtration. Rovno, 15.
7. Dushkin, S., Blagodarna, G., Tikhonyuk, V.; Ukrainian Patent 45258, March 3, 2002.
8. Draginskiy, V., Alekseeva, L., Getmantsev, S. (2005). Coagulation in the technology of natural water purification. Moscow: Nauka, 576.
9. Deryagin, B. (1945) The theory of stability of highly charged lyophobic sols and the coalescence of charged particles in solutions of electrolytes. Journal of experimental and theoretical physics. 15 (11), 663-681.
10. Grabovsky, P., Larkina, G., Progulny, V. (2003). Purification of natural waters. Odessa: OGASA, 267.
11. Dushkin, S. (2012). Methodological aspects of conducting studies using activated coagulant solutions in the process of water purification. Komunalne gospodarstvo mist: Nauk.-tehn. zb. Kharkov: HNAMEG, 105, 320-334.
12. Kulskiy, L. (1983). Theoretical basis and technology of conditioning of water. Naukova dumka, 528.
13. Rebinder, P. (1960) A summary of the general course of colloid chemistry. Moscow: Izd-vo MGU, 112 p.
14. Zapolsky, A., Baran, A. (1987) Coagulants and flocculants in water purification processes. L: Chemistry, 208.
15. Epoyan, S., Dushkin, S. (2013) Reduction of aggregative stability of colloidal impurity of natural waters by activated solution of aluminum sulfate coagulant MOTROL. Lublin-Rzeszow, 15 (5), 11-16.
16. Weitzer, Yu., Kolobova, Z., Safonov, G. (1974). Influence of the sign of the electric charge of the charge and suspended substances on the filtering process. M.: ONTI AKH, 32-42.

**Рецензент:** д.т.н., професор Ф.В. Стольберг, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

**Автор:** ДУШКІН Станіслав Сергійович  
канд. техн. наук, старший викладач.  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail - D.akaSS@mail.ru

## MODIFICATION OF QUARTZ LOADING BY SOLID FLOCCULANTS SOLUTION

S. Dushkin

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*In the article are considered modification of quartz loading of rapid filters with a solution of polyacrylamide, that allows to intensify the processes of water treatment in drinking water supply systems, to decrease expenses reagents on 25-30%, obtain purified water of the required quality, reduce the number of production areas required for the reagent economy of treatment facilities, this cost of water purification is reduced by 20-25%.*

*Water treatment from suspended humic and other impurities is carried out in the process of coagulation and flocculation. For water treatment from suspended in it colloid particles it is necessary to destroy the balance, to remove forces that do not allow the particles to settle. As a result, aggregates are formed - large (secondary) particles, consisting of a cluster of small (primary). Primary particles in such aggregates are connected by forces of intermolecular interaction directly or through a layer of the surrounding (dispersive) medium. Coagulation is accompanied by progressive aggregation of particles and a decrease in their total number in water volume.*

*It was established that modification of quartz loading allows to reduce the cost of reagents on average by 40-50% with the receipt of water of the required quality, while the cost of clarified water decreases by 25-30%.*

*The method of modification of quartz loading in fast filters with solutions of flocculant polyacrylamide is protected by the patents of Ukraine No. 45258 Method of modification of the filtering charge for clarification of natural and waste water from 03.03.2002 and No. 118596 Method of purification of natural and sewage from 10.08.2017.*

*It is necessary to continue the study of modified quartz loading with a solution of flocculant for treatment drinking water, depending on the quality of the initial water.*

**Keywords:** *water treatment, modification of quartz loading, drinking water quality, flocculant, filtration, intensification of natural water treatment process.*