

В. А. КОВАЛЬЧУК, доктор технічних наук, професор
Л. М. ОДУД, аспірант
Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ВАПНУВАННЯ НА ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИХ ФІЛЬТРАХ ІЗ ЗРОСТАЮЧИМ ШАРОМ ЗАВИСЛОГО ОСАДУ В СХЕМАХ ВОДОПІДГОТОВКИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Проаналізовано використання води на технічні потреби у промисловості. Вказано на недоліки найбільш поширеного методу підготовки води вапнуванням з коагуляцією. Запропоновано використання для пом'якшення води методу вапнування на пінополістирольних фільтрах із зростаючим шаром завислого осаду. Експериментально доведено ефективність даного методу.

Ключові слова: пом'якшення води, метод вапнування, пінополістирольні фільтри, зростаючий шар завислого осаду.

Проанализировано использование воды на технические нужды в промышленности. Указано на недостатки наиболее распространенного метода подготовки воды известкованием с коагуляцией. Предложено использование для умягчения воды метода известкования на пенополистирольных фильтрах из растущим слоем взвешенного осадка. Экспериментально доказана эффективность использования данного метода.

Ключевые слова: умягчение воды, метод известкования, пенополистирольные фильтры, растущий слой взвешенного осадка

Analyzed using of water for technical needs in industry. Specified disadvantages of the most common water treatment method – liming combined with coagulation. Offered to use for water softening liming method on expanded polystyrene filters with increasing layer of suspended sediment. Experimentally proved the effectiveness of this method.

Key words: water softening, lime method, expanded polystyrene filters, increasing layer of suspended sediment.

Технічні потреби промислових підприємств включають використання води для охолодження, отримання пари, приготування розчинів, включення у виробу і їх промивання (рис. 1). Тому нормальна робота промислових підприємств багато у чому залежить від безперебійного забезпечення їх водою.

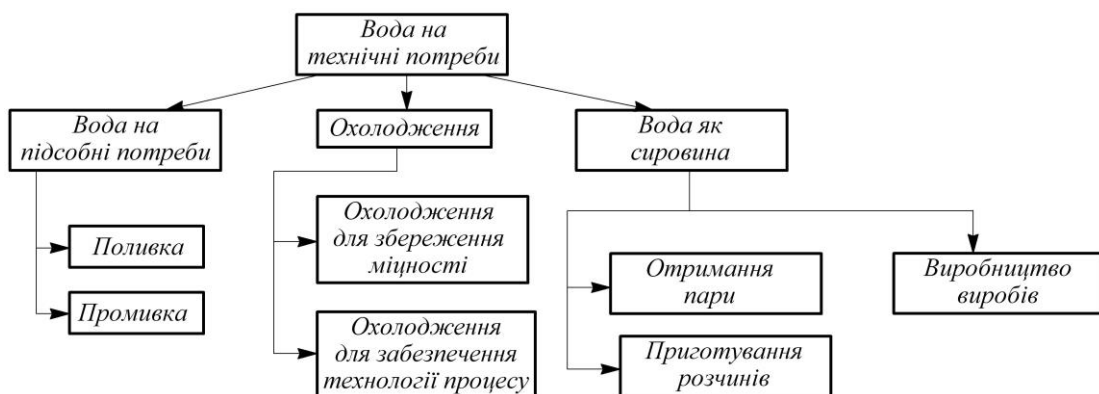


Рис. 1. Схема споживання води промисловістю для технічних потреб [1, 5]

Вимоги до кількості і якості води, яка подається на промислові підприємства, визначаються характером здійснюваних технологічних процесів. Деякі вимоги до якості води у промисловості наведено в табл. 1 [1, 7]. Дотримання цих вимог на спорудах водопідготовки забезпечує стійку роботу підприємств і належну якість продукції, яка випускається. Відхилення від встановлених вимог може призвести не тільки до погіршення якості продукції і зростання вартості виробництва, але, у ряді випадків, до псування продукції, обладнання і навіть до небезпечних аварій. В умовах скорочення виробництва за останні роки (індекс промислової продукції у 2010-2015 рр. понизився з 112,2% до 87,0% [2]) все більш актуальними постають проблеми раціоналізації систем водопостачання промислових підприємств, які багато у чому визначають конкурентоспроможність їх продукції.

Таблиця 1

Вміст домішок у воді для промислових підприємств

Домішки	Одиниці виміру	Для водного охолодження	Для виробництва продукції
Механічні	мг/дм ³	50...100	Повна відсутність
Хімічні:			
– солі тимчасової жорсткості	мг-екв/ дм ³	2...3	залежить від виду продукції
– солі постійної жорсткості	мг-екв/ дм ³	40	те ж саме
– залізо	мг/дм ³	1	0,1

В якості вихідної води для промисловості часто використовуються поверхневі води [3, 195]. Вони вляють собою складну багатокomпонентну змінювану систему, до складу якої входять: солі (переважно у вигляді іонів, молекул і комплексів), органічні речовини (в молекулярних сполуках і в колоїдному стані), гази (у вигляді молекул і гідратованих сполук), дисперговані домішки, гідробіонти (планктон, бентос, нейстон, пагон); бактерії і віруси [4, 10]. Наявність у поверхневих водах великої кількості різноманітних

домішок зумовлює необхідність їх попередньої обробки. Зазвичай для цього використовують освітлювачі з завислим осадом та механічні фільтри [3, 195].

Найбільш поширена технологічна схема водопідготовки із освітленням та частковим пом'якшенням води наведена на рис. 2.

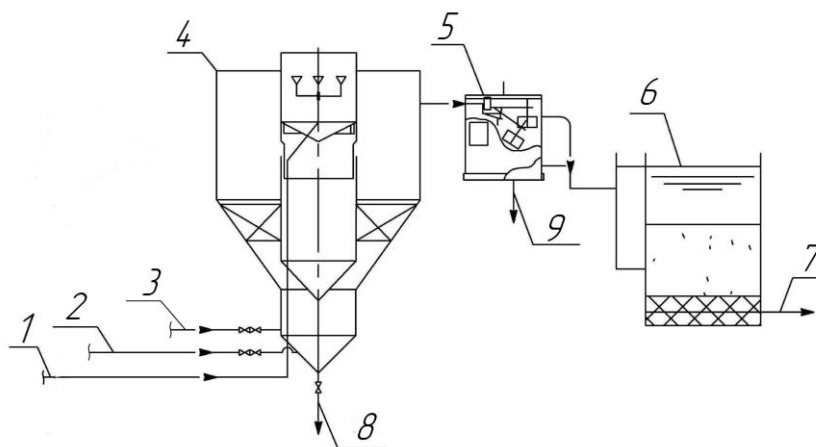
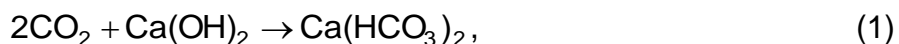


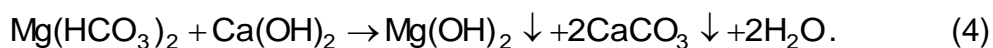
Рис. 2. Принципова схема водопідготовки методом вапнування поєднаним з коагуляцією: 1 – подача підігрітої вихідної води; 2 – подача розчину вапна; 3 – подача коагулянту; 4 – прояснювач; 5 – бак розриву струменя; 6 – механічний фільтр; 7 – трубопровід пом'якшеної води; 8 – скид шламу; 9 – трубовід повного спорожнення

Недоліками такої технологічної схеми є громіздкість споруд та великі розміри будівель, в яких вони розміщуються, велика кількість трубопроводів та арматури, застосування додаткового насосного обладнання, що призводить до значних витрат ресурсів, складність конструкції освітлювачів та їх експлуатації. Однак, головною причиною незадовільної роботи освітлювачів є те, що вони розраховані на значно більші витрати води, і здійснення процесу пом'якшення при нижчих від мінімальних витратах води, призводить до неможливості дотримання вимог технологічного режиму за якісними характеристиками, а інколи і до порушень у роботі самих освітлювачів. Тому для інтенсифікації, спрощення та здешевлення технологічної схеми водопідготовки нами запропоновано використовувати метод вапнування на пінополістирольних фільтрах із зростаючим шаром завислого осаду.

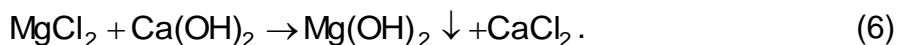
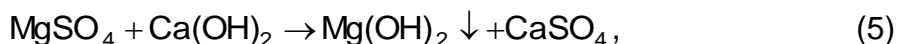
При застосуванні нового методу як реагент використовують вапно, яке вводять у вигляді розчину чи суспензії (молока) у воду, що обробляється. Введення вапна, у першу чергу, підвищує водневий показник вище 9 одиниць. При цьому одночасно утворюється карбонат-іон у складі важкорозчинного CaCO_3 , який випадає в осад та зменшує карбонатну жорсткість [5, 72]:



Одночасно магній осаджується у вигляді гідроксиду:



Вапно осаджує магній некарбонатних солей, але замінює магнієву жорсткість на кальцієву:



Метою виконаних експериментальних досліджень було підтвердження можливості застосування запропонованого методу пом'якшення води. Дослідження процесу пом'якшення проводились в лабораторії кафедри водопостачання, водовідведення і бурової справи НУВГП на експериментальній установці для пом'якшення води (рис. 3).

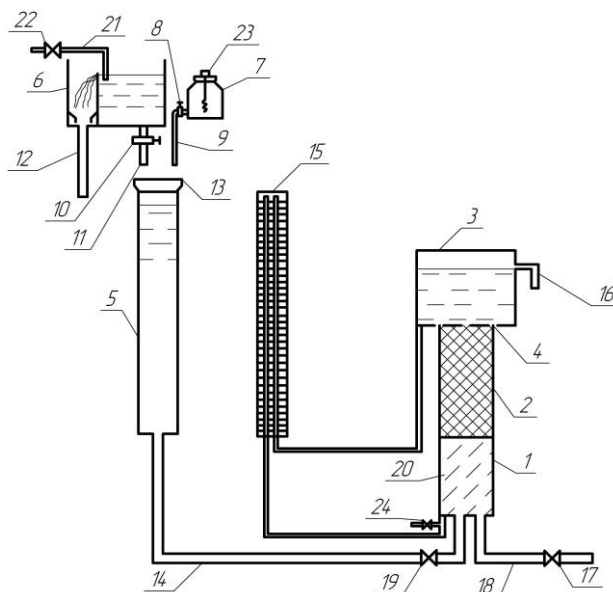


Рис. 3. Схема експериментальної установки для пом'якшення води: **1** – фільтрувальна колона; **2** – фільтрувальна засипка; **3** – промивний бак; **4** – утримуюча решітка; **5** – контактна камера; **6** – переливний бак; **7** – посудина для приготування розчину вапна; **8** – гвинтові зажими; **9** – трубка для подачі розчину вапна; **10** – шаровий кран; **11** – трубопровід подачі води у контактну камеру; **12** – злив в каналізацію; **13** – лійка, в якій відбувається змішування з вапном; **14** – трубопровід подачі аерованої води до фільтра; **15** – щит п'езометрів; **16** – трубопровід для відведення фільтрату; **17** – вентиль для відводу промивної води; **18** – трубопровід відведення промивної води; **19** – вентиль на трубопроводі подачі води до фільтра; **20** – шар завислого осаду; **21** – трубопровід подачі водопровідної води; **22** – вентиль на трубопроводі подачі водопровідної води; **23** – пристрій для постійного перемішування розчину вапна; **24** – вентиль для періодичної продувки

У процесі досліджень щогодини контролювались швидкість фільтрування, втрати напору в колоні, а також показники якості води у вихідній воді та фільтраті: рН; загальна та кальцієва жорсткість; лужність. Фільтрування проводилось з постійною швидкістю фільтрування та періодичним відведенням осаду. Обов'язковим було підтримання рН в контактній камері на рівні $\geq 9,0$.

На очищення подавалася вода із водопровідної мережі міста Рівне. Як фільтрувальний матеріал використовувався спінений полістирол типу ПСВ-С (підтип ПСВ-С^N-А) з такими параметрами: мінімальний діаметр гранул – 0,8 мм, максимальний – 1,5 мм, еквівалентний діаметр – 1,17 мм, коефіцієнт неоднорідності – 1,29.

Робота експериментальної установки здійснювалася наступним чином. Водопровідна вода по трубопроводу подавалася в переливний бак, який забезпечував постійний напір і, відповідно, постійну подачу води на установку. Змішування водопровідної води з розчином вапна відбувалося у лійці контактної камери. З контактної камери вода з реагентом надходила у нижню частину фільтрувальної колони, де спочатку проходила шар завислого осаду, а потім фільтрувальну засипку. Очищена вода збиралася у промивному баку.

Утворюваний у підфільтровому просторі завислий осад являє собою полідисперсну систему, в якій швидкість осадження часток залежить від власне об'ємної концентрації осаду [6, 44]. Формування шару завислого осаду та отримання необхідного ефекту відбувається протягом деякого часу. Згідно [6, 44], для створення необхідних умов роботи осаду слід спочатку забезпечувати менші швидкості потоку і збільшувати дозу реагенту.

За хімічним складом осад складається зі сполук карбонату кальцію та гідроксиду магнію. Формування осаду являє собою складний процес, при якому відбувається кристалізація карбонату кальцію, сорбція гідроксиду магнію на кристалах карбонату кальцію, адгезія кристалів, вкритих оболонкою гідроксиду магнію, структуроутворення [7, 36].

Карбонат кальцію виділяється із води в результаті процесу кристалізації та має властивості характерні для конденсаційно-кристалізаційних структур. Гідроксид магнію утворюється у вигляді безладно зчеплених між собою в сітчасту структуру найменших за розміром частинок. Дана структура відноситься до коагуляційного типу. Гідроксид магнію має аморфну будову і сорбується на поверхні кристалів карбонату кальцію, перешкоджаючи їх безпосередньому з'єднанню і росту [7, 58].

У процесі фільтрування засипка кольматується. Фільтроцикл закінчується досягненням часу захисної дії фільтра або часу досягнення граничних втрат напору, після чого фільтр переводиться в режим промивки. Для цього перекривається подача вихідної води та відкривається вентиль на трубі відведення промивної води. Очищена вода з промивного баку проходить через утримуючу решітку та засипку фільтру, вимиває забруднення із засипки та утворений надлишок завислого осаду і відводиться у каналізацію. При промиванні у підфільтровому просторі слід обов'язково залишати шар завислого осаду висотою приблизно 0,2 м, що прискорюватиме вихід установки на робочий режим фільтрування.

У процесі досліджень швидкість фільтрування змінювали в межах 2,5...4,5 м/год. При цьому спостерігалось зменшення загальної жорсткості від 5,9 до 1,0 ммоль/дм³, лужності від 6,1 до 1,6 ммоль/дм³, що відповідає вимогам до якості пом'якшеної води.

На рис. 4 і 5 наведено залежності загальної жорсткості води від рН процесу при швидкостях фільтрування 2,5 та 3,5 м/год, а також зміна при цьому висоти шару завислого осаду. Можна зробити висновок, що при стабільному підтриманні рівня рН більше 9,0 буде забезпечуватися пониження загальної жорсткості води до 2,0 ммоль/дм³.

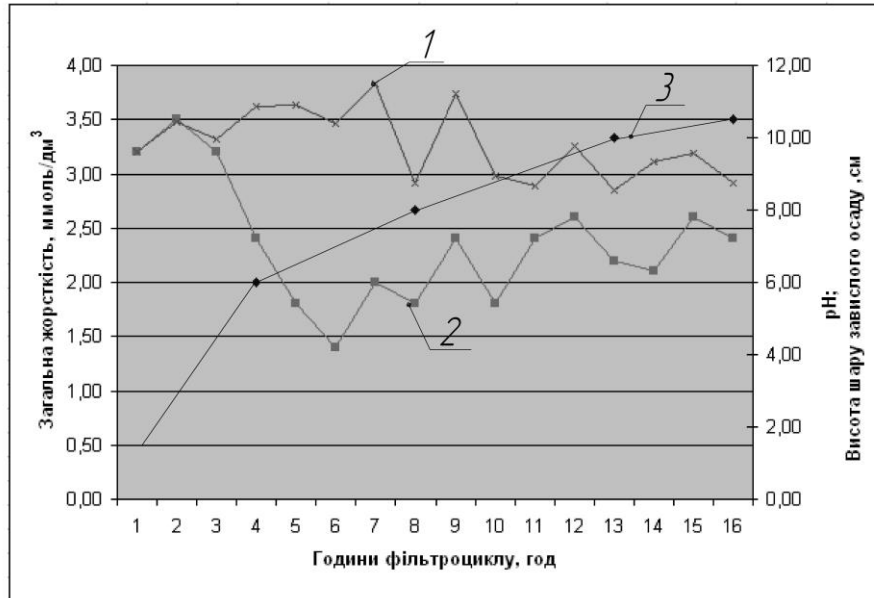


Рис. 4. Залежність загальної жорсткості від рН процесу під час фільтроциклу зі швидкістю фільтрування 2,5 м/год: **1** – рН процесу; **2** – загальна жорсткість; **3** – висота шару завислого осаду

Таким чином, використання методу вапнування на пінополістирольних фільтрах із зростаючим шаром завислого осаду в умовах скорочення виробництва і зменшення необхідних витрат води дозволяє:

- забезпечити отримання пом'якшеної води необхідної якості при застосуванні лише одного реагенту – вапна;
- спростити технологічну схему пом'якшення води, виключити з неї освітлювачі із завислим шаром осаду;
- спростити експлуатацію і зменшити експлуатаційні витрати споруд для пом'якшення води.

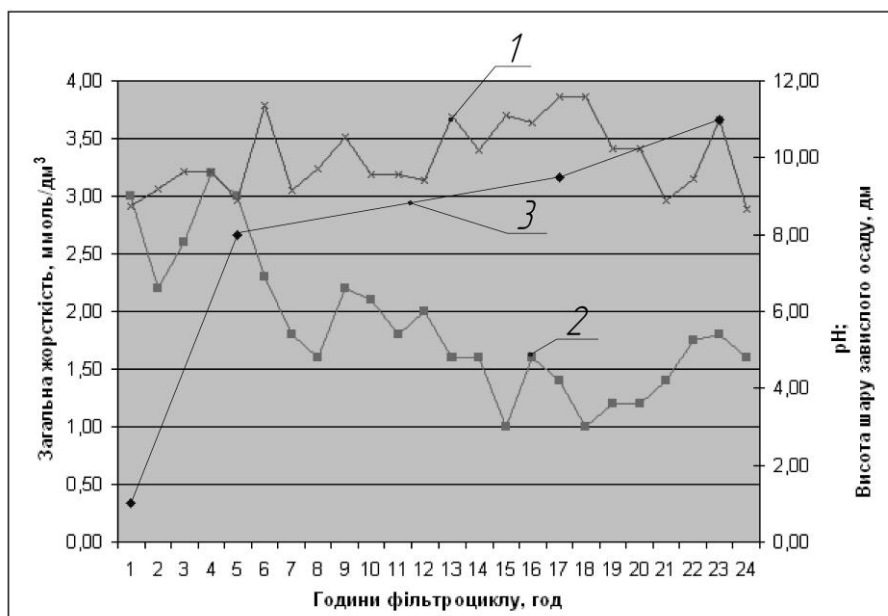


Рис. 5. Залежність загальної жорсткості від pH процесу під час фільтроциклу зі швидкістю фільтрування 3,5 м/год: **1** – pH процесу; **2** – загальна жорсткість; **3** – висота шару завислого осаду

Список літератури

1. Андоньев С.М. Особенности промышленного водоснабжения. К.: Будівельник, 1967. 251 с.
2. Индексы промышленной продукции в Украине у 2010-2016 гг. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Аксенов В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий: справочное издание. В 6 кн. Кн. 3. М.: Теплотехник, 2007. 368 с.
4. Фрог Б.Н. Водоподготовка: учеб. для вузов. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. 512 с.
5. Орлова А.М. Водопідготовка: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне: НУВГП, 2009. 182 с.
6. Орлов В.О. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки. Рівне: РДТУ, 1999. 143 с.
7. Кургаев Е.Ф. Осветлители воды. М.: Госстройиздат, 1977. 163 с.

Надійшло до редакції 10.11.2016