



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.306206>

ВИКОРИСТАННЯ СИЛКАТУ НАТРІЮ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ: ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ

Катерина ГОРДІЄНКО, Ярослав РАДОВЕНЧИК
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
пр. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна
e-mail: dey85@ukr.net

Анотація

З огляду на зниження якості природних вод, наявна потреба в передових методах пом'якшення питних та промислових вод зростає. Основна увага в цій сфері приділяється методам видалення іонів магнію та кальцію. Причому, магній важче видаляти через його тенденцію формувати менш розчинні сполуки. Загальний успіх пом'якшення залежить від можливості повного видалення цих катіонів з води. Увага наших досліджень була зосереджена на силікаті натрію як потенційному реагенті для пом'якшення води. Як було встановлено, висока ефективність у видаленні катіонів жорсткості забезпечується лише при високих значеннях рН, що вимагає додаткового регулювання водневого показника після пом'якшення. В нейтральному середовищі силікат натрію показав недостатню ефективність для процесів пом'якшення питних вод. Не зафіксовано значного покращення (в порівнянні із традиційними реагентами – карбонати, гідроксиди, фосфати) і в процесах відділення утвореної твердої фази. Освітлення оброблених розчинів відбувається надто повільно, а фільтрування характеризується швидкою кальматацією пор фільтру та суттєвим зниженням швидкості фільтрування. Ефективність відстоювання та фільтрування істотно не змінюється при зміні вихідної жорсткості води або пропорцій силікату натрію. В окремих випадках при низьких значеннях жорсткості утворення візуально помітного осаду взагалі не фіксується. Загалом, використання силікату натрію не супроводжується особливими властивостями в порівнянні з традиційним реагентами тому не може забезпечити відповідних вимог для застосування у системах малої та середньої продуктивності.

Ключові слова: силікат натрію, кальцій, магній, пом'якшення, видалення, регулювання рН.

Кліматичні зміни та антропогенний вплив значно змінюють якість природних вод, вимагаючи її обробки перед використанням. Вода часто містить високі концентрації іонів кальцію та магнію, роблячи її непридатною для пиття та промислового використання. Особливо це помітно у східних та південних регіонах України через забруднення водою. Підземні води також потерпають від підвищеної мінералізації. Споживання такої води може спричинити серйозні проблеми для здоров'я людини та знизити ефективність промислового обладнання. Відтак, дослідження зниження мінералізації та жорсткості води є надзвичайно важливими.

Допустимий рівень іонів кальцію та магнію, що визначає жорсткість води, варіюється залежно від споживача. В Україні норма жорсткості для питної води встановлена на рівні 7 мг-екв/дм³ [1]. Харчова промисловість та енергетичні установки потребують значно меншої

жорсткості – до 0,2 та 0,05 мг-екв/дм³ відповідно [2]. Традиційні методи пом'якшення, такі як содово-вапняна обробка [3], ефективні при певних умовах, але мають обмеження в менших установках через високу вартість реагентів. Іонообмінні установки, хоча і ефективні, призводять до значного викиду в довкілля регенераційних розчинів, підвищуючи мінералізацію водою. Це загострює проблему захисту гідросфери від антропогенного впливу та вимагає кардинальних рішень.

Силікат натрію, відомий також як рідке скло, рекомендовано як реагент для зниження жорсткості природних вод [4]. Цей реагент вже давно використовується в технологіях обробки води як неорганічний флокулянт на основі активованої кремнієвої кислоти. В якості активуючих агентів застосовують кислоти, хлор, алюмінієві сполуки та інші реагенти. Як аніонний поліелектроліт, силікат натрію взаємодіє з позитивно зарядженими частками, утворюючи нерозчинні сполуки з іонами кальцію. У зв'язку з обмеженою наявністю детальних досліджень у науковій літературі, ми дослідили ефективність силікату натрію як осаджувача солей жорсткості та його придатність для систем пом'якшення води малої та середньої продуктивності.

Дослідження включало приготування модельних розчинів із змінним вмістом іонів кальцію (Ca^{2+}) та магнію (Mg^{2+}) та їх обробку варіативними дозами силікату натрію (Na_2SiO_3) за різних рівнів рН, температур та співвідношень компонентів. Сформований осад відокремлювали за допомогою фільтрування через фільтр «синя стрічка» відразу після змішування компонентів, а залишкову жорсткість визначали методом титрування з використанням еріхромового чорного Т та трилону Б. Також було здійснено дослідження інтенсивності освітлення та фільтрації оброблених розчинів для визначення оптимальних умов формування компактного осаду та потенціалу їх використання у системах з малою та середньою продуктивністю. Для вивчення інтенсивності фільтрування утвореної суспензії використовували лабораторну лійку діаметром 5,5 см із фільтром «біла стрічка» діаметром 110 мм, виконуючи фільтрацію при повному її заповненні. Отримані результати порівнювали з даними для дистильованої води.

На початковому етапі досліджень основну увагу було приділено іонам магнію, оскільки вони формують нерозчинні сполуки, що ускладнює їх видалення з води. Ми варіювали співвідношення між силікат-іонами та іонами магнію, аналізуючи як це впливає на ефективність пом'якшення води, освітленість суспензій та швидкість їх зневоднення через фільтрацію. Значні труднощі виникали через відсутність детальної інформації про формування твердої фази при високій магнієвій жорсткості, особливо при обробці силікатом натрію. Це стало однією з причин для подальшого дослідження процесів видалення іонів магнію.

За результатами експериментів з'ясувалося, що ефективність процесів пом'якшення водних розчинів силікатом натрію залежить від багатьох факторів, зокрема від рН середовища та від співвідношення між силікат-іонами та іонами магнію. Виявлено, що в нейтральному діапазоні рН формування твердої фази є досить проблематичним для візуального спостереження, хоча після фільтрування незначне зниження жорсткості все ж фіксується. Збільшення рН сприяє зниженню залишкової жорсткості. Найбільша ефективність пом'якшення досягається при рН вище 10, що викликає певні труднощі для застосування цього методу в системах з обмеженою продуктивністю через потребу в наступному корегуванні рН.

Щодо результатів вивчення процесів відстоювання та фільтрації сформованої твердої фази, то варто зазначити, що вони також не були оптимістичними. Дослідження показали, що суспензії після пом'якшення освітлюються дуже повільно, і велика частина твердих часток залишається у розчині навіть після годинного відстоювання. Співвідношення між компонентами не впливає на якість освітлення, що свідчить про низьку ефективність силікату натрію в цьому контексті.

Окрім того, вивчення фільтрування розчинів через фільтр «біла стрічка» показало, що корегування дози осаджувача та водневого показника не впливає на швидкість фільтрації, яка залишається порівняно низькою та досить далекою від аналогічних показників для дистильованої води. Це додатково підтверджує, що силікат натрію не є більш ефективним реагентом в порівнянні з традиційними реагентами для масштабованого застосування в системах пом'якшення води з високою магнієвою жорсткістю, особливо в системах малої та середньої продуктивності.

Висновки

Проведенні дослідження виявили, що силікат натрію може бути використаний для пом'якшення води, хоча цей процес вимагає підтримання високого рівня рН для досягнення залишкової жорсткості води на рівні 0,6 – 2,5 мг-екв/дм³. Ефективність силікату натрію спостерігається при стехіометричних чи вищих співвідношеннях компонентів. Тим не менше, фільтраційні характеристики утвореної твердої фази в порівнянні з аналогічними сполуками карбонатів, фосфатів, і гідроксидів не виділяються значним покращенням, що обмежує застосування силікату натрію в системах низької і середньої продуктивності, де основним методом розділення фаз є фільтрування. У контексті процесів відстоювання, силікат натрію забезпечує недостатньо високу якість очищення води, виділяючись великим об'ємом твердої фази.

У зв'язку з незадовільними параметрами процесу освітлення обробленої води, в подальшому плануємо провести додаткові дослідження ефективності цього реагенту при одночасній наявності іонів магнію та кальцію у розчині. Також плануємо дослідити вплив різних флокулянтів на утворення твердої фази.

Література

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" - Наказ Міністерства охорони здоров'я України 12.05.2010 р. № 400.
2. Орлов В. О. Водопостачання промислових підприємств: Навчальний посібник / В. О. Орлов, Л. Л. Литвиненко, А. М. Орлова. – К. : Знання, 2014. — 278 с.
3. Запольский, А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води - К.:Вища школа, 2005 – 612 с.
4. Шаблій Т. О., Радовенчик В. М., Гомеля М. Д. Застосування нових реагентів в промисловому водоспоживанні. – К.: Інфодрук, 2014. – 302 с.

USING SODIUM SILICATE IN WATER SOFTENING TECHNOLOGIES: ASSESSMENT
OF EFFICIENCY

Kateryna HORDIENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-7722-7567>

Iaroslav RADOVENCHYK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0101-0273>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303495>

Keywords: *sodium silicate, calcium, magnesium, softening, removal, pH adjustment.*

Abstract

Due to the declining quality of natural water sources, the demand for advanced methods of softening drinking and industrial water is growing. The primary focus in this field is on removing magnesium and calcium ions. Magnesium is particularly challenging to eliminate due to its tendency to form less soluble compounds. The overall success of water softening relies on the ability to completely remove these cations from the water. Our research focused on sodium silicate as a potential reagent for water softening. It was found that high efficiency in removing hardness cations is achieved only at high pH levels, necessitating additional pH adjustments after softening. In a neutral environment, sodium silicate demonstrated insufficient effectiveness for drinking water softening. No significant improvement was observed in comparison to traditional reagents like carbonates, hydroxides, and phosphates in the separation processes of the formed solid phase. The clarification of treated solutions is too slow, and filtration is characterized by rapid clogging of filter pores and a significant reduction in filtration rate. The efficiency of sedimentation and filtration does not significantly change with varying initial water hardness or sodium silicate proportions. In some cases, where water hardness is low, a visually noticeable sediment may not form at all. Overall, the use of sodium silicate does not exhibit unique properties compared to traditional reagents, so it cannot meet the requirements for use in small and medium-capacity systems.