

УДК.628.16.

## **ЗМІНА КОНЦЕНТРАЦІЇ СОЛЕЙ У ПРОЦЕСІ РЕГЕНЕРАЦІЇ ІОНООБМІННИХ ФІЛЬТРІВ**

**В.О.Терновцев**, д-р техн. наук, проф.;  
О.В.Зоря, канд.техн.наук, доц.  
(Київський національний університет  
будівництва та архітектури)

*Розглядається питання зміни концентрації солей твердості на іони натрію і хлоридів при регенерації натрій-катионітових фільтрів. Наведено зв'язок між коефіцієнтом регенерації та твердістю розчину, а також вплив іонів кальцію та натрію на процес регенерації.*

*Рассмотрены вопросы изменения концентрации солей жесткости, ионов натрия и хлоридов при регенерации натрий-катионитовых фильтров. Показана связь между коэффициентом регенерации и жесткостью растворов, а также влияние ионов кальция и натрия на процесс регенерации.*

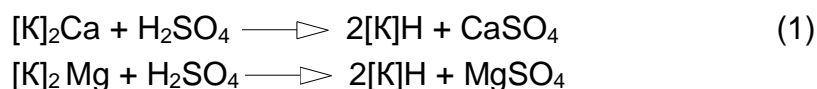
*The problems of changing the concentration of hardness ions in sodium chloride for regeneration of the sodium-cationite filters. Shows the relationship between stiffness and coefficient of regeneration solutions, as well as the effect of calcium and sodium in the regeneration process.*

Підприємства теплоенергетики (теплоелектростанції та котельні) належать до великих споживачів прісної води. Кількість води, яка забирається з джерела водопостачання на потреби теплоенергетики, досягає сотень тисяч м<sup>3</sup> води на добу. Твердість води приймається в залежності від виду обладнання і змінюється в межах 0,35-0,003 моль/м<sup>3</sup> [1].

Для приготування води такої твердості використовується її пом'якшення іонним обміном, тому що одержати таку глибину пом'якшення можна тільки за допомогою використання катионітових фільтрів, які час від часу регенеруються. Розчин, отриманий в результаті регенерації, містить 1-5 г/дм<sup>3</sup> солі [2]. Скидання його в каналізацію в зв'язку з великою концентрацією солі недоцільно, тому що це веде до погіршення навколишнього стану, а використання регенераційних розчинів становить велику проблему.

Підприємства теплоенергетики пом'якшують воду на Н-катионітових або

Na-катионітових фільтрах. При використанні H-катионітових фільтрів регенерація здійснюється сірчаною кислотою:



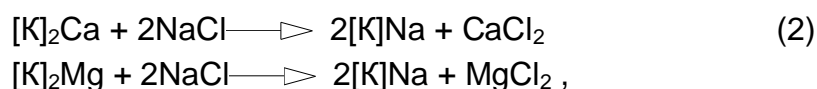
Отримані розчини  $CaSO_4$  та  $MgSO_4$  можуть бути використані після концентрування солі, яке здійснюється випаровуванням з повторним використанням конденсату та твердих солей в будівництві або концентруванням солі електродіалізом чи зворотнім осмосом [3].

Існують різні методи виділення сірчаної кислоти та повторного її використання, але складність цих методів не дозволяє отримати кислоту на майданчику підприємства [4].

Регенерація H-катионітових фільтрів можлива солями амонію [3], наприклад  $(NH_4)_2SO_4$  - сульфатом амонію. Розчини солі, отримані в результаті регенерації катионіту, можуть повертатись у виробничий цикл, але після температурної обробки. При кип'ятінні води отримується аміак, який в подальшому використовується. Застосування термічної регенерації ускладнює процес і тому метод не знаходить широкого використання.

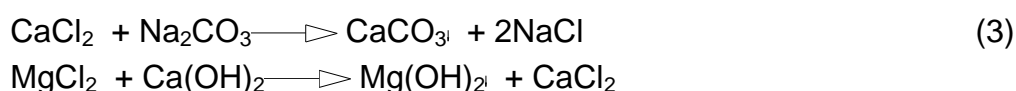
Можливості використання амміаквміщуючих розчинів та азотної кислоти для регенерації H-катионітових фільтрів наведені в [5]. Використання азотвміщуючих розчинів засновано на отриманні сполук, які можуть виконувати функції мінеральних добрив. Останнім часом, у зв'язку з підвищенням вмісту нітратів і нітритів у питній воді, які є надзвичайно токсичними для людини, передусім для дітей, необхідно вирішувати також питання з очищення водних середовищ від нітрат- та нітрит-іонів, і тому використання регенераційних розчинів, отриманих після H-катионітових фільтрів, проблематично.

Використання розчинів, які отримані після Na-катионітових фільтрів, засновано на тому, що в результаті регенерації отримуються розчини, склад яких описується рівняннями:



що характеризують некарбонатну кальцієву та магнієву твердість води.

Виділення Ca та Mg з цих сполук може бути здійснено за допомогою вапняно-содового методу пом'якшення води за реакціями:



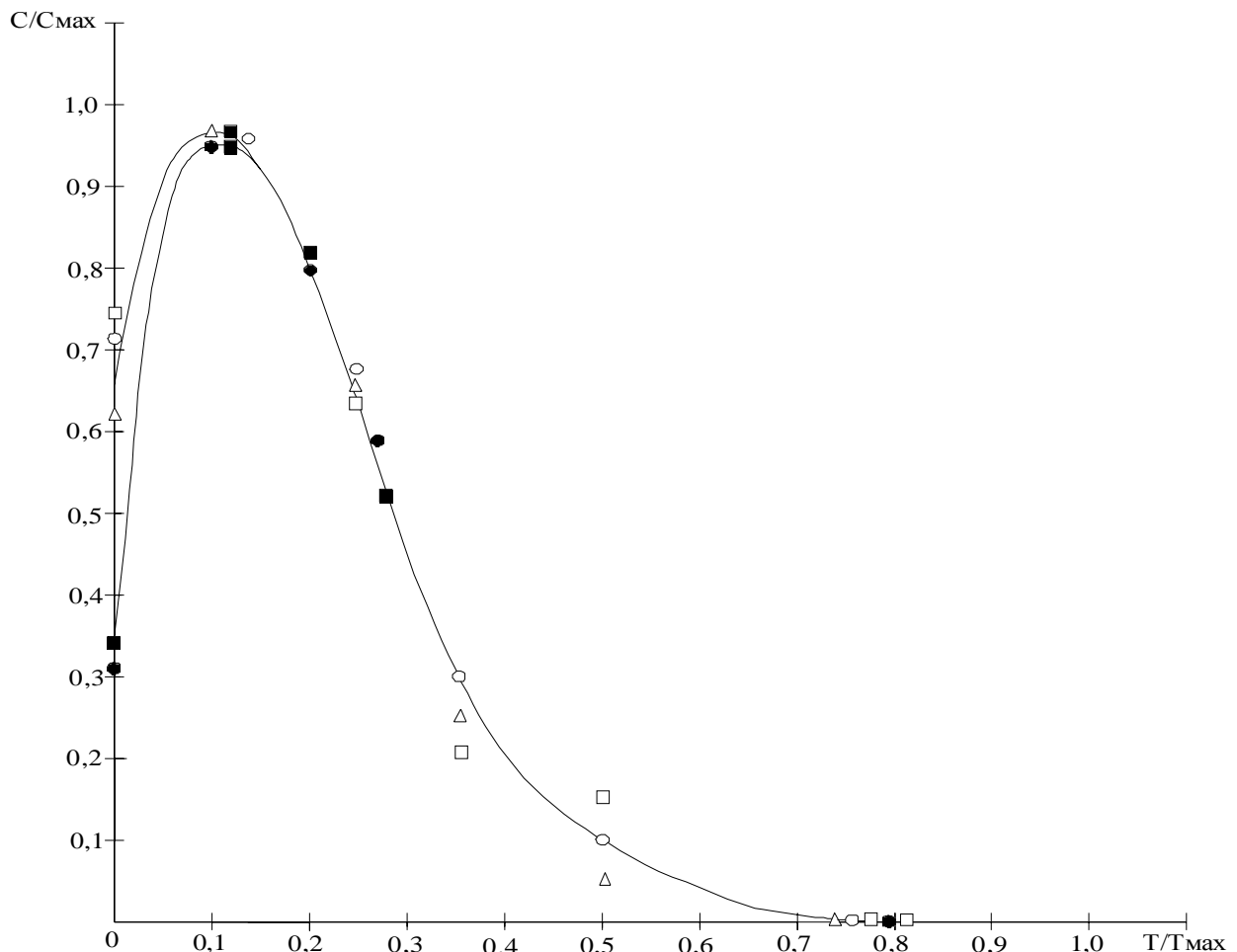
## **Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності**

Цей метод достатньо добре відомий, а використання його для регенерації розчинів, отриманих після Na-катіонітових фільтрів, описано в ряді робіт - наприклад [6], виданій ще в 1971 р.

Підвищений інтерес до цих процесів з'явився останнім часом [7]. Наведені автором результати досліджень показали можливість повторного використання розчинів для регенерації Na-катіонітових фільтрів з метою скорочення витрат води та зменшення забруднень навколишнього середовища підвищеною концентрацією солей твердості. Інтерес до досліджень у цьому напрямку пов'язаний ще з тим, що можливість використання розчину для регенерації обмежена концентрацією в розчині солей кальцію та магнію - не більше 1-2%.

Мета наших досліджень-збільшити ефективність очищення розчину та показати можливість його використання після обробки вапняно-содовим методом.

Для визначення зміни концентрації солі твердості в розчині, отриманому в результаті регенерації солі, побудовано графік зміни концентрації солі (рис.1).



*Рис. 1. Зміна концентрації солі в регенераційному розчині. Результати експерименту.*

*Фільтри I-го ступеня: ○ – дослід № 1; □ - – дослід № 2; △ - – дослід № 3.*

*Фільтри II-го ступеня: ● – дослід № 1; ■ - – дослід № 2.*

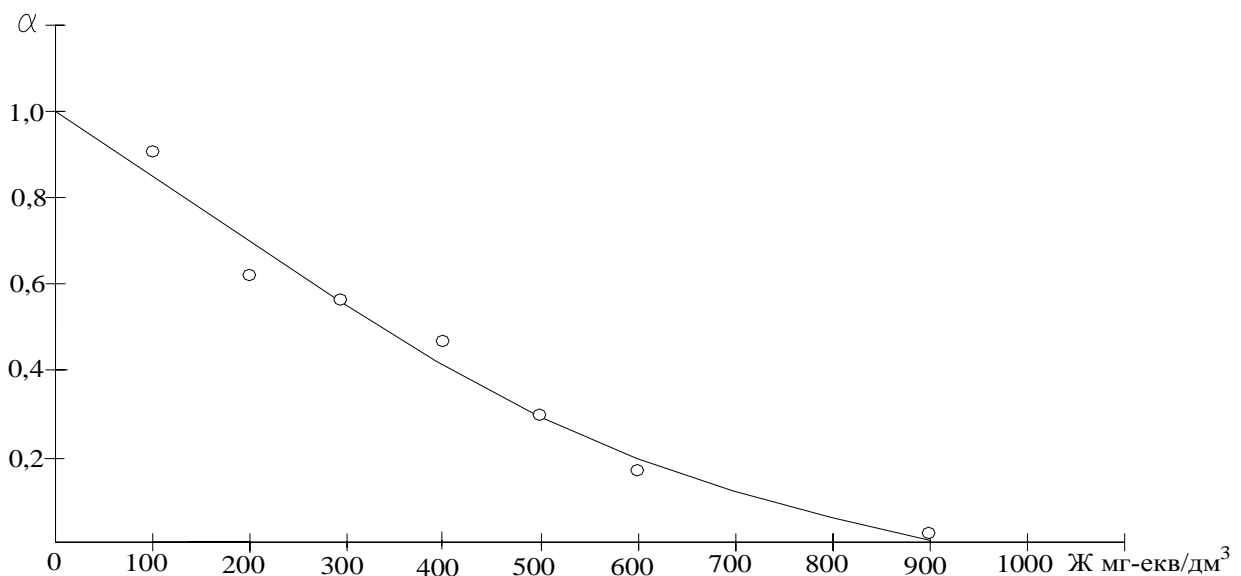
Прийнято час пропорційним часу скидання об'єму фільтра. За відносний час  $\frac{T}{T_{\max}} = 0,1$  - скидання одного об'єму фільтра.

Рис. 1 показує, що максимальна концентрація солі твердості досягається після скидання об'єму розчину, який відповідає об'єму фільтра. Найбільші концентрації відносяться до верхньої частини фільтруючого завантаження, в якому затримані найбільші концентрації солі твердості. Зменшення концентрації солі після семи об'ємів залишається постійним, і практично подальший об'єм розчину не повинен скидатися на регенерацію.

Ефективність регенерації іонообмінного завантаження визначається за допомогою коефіцієнта ефективності регенерації, який дорівнює відношенню кількості зайнятого регенеруючою речовиною активних груп іоніту до повної його обмінної ємності.

$$\alpha = \frac{E_{nc}}{E_{пов}} \quad (4)$$

На підставі досліджень динаміки зміни концентрації солей твердості та хлоридів у часі, наведених в [7], побудовано графік зміни коефіцієнта регенерації в залежності від кінцевої твердості розчину (рис. 2).



*Рис.2. Зміна коефіцієнта регенерації фільтруючого завантаження від твердості розчину*

Для реакції, яка описує регенерацію солей кальційвміщуючого катіонітового завантаження, співвідношення (2) запишемо як закон дії мас:

## Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

$$\frac{\gamma_{Ca} \cdot \frac{E_{Ca}}{V_{Ca}}}{\left( \gamma_{Na} \cdot \frac{E_{Na}}{V_{Na}} \right)^2} = K \cdot \frac{Q_{Ca}}{Q_{Na}^2} \quad (5)$$

де  $\gamma_{Ca}$ ,  $\gamma_{Na}$ -коефіцієнти реакцій для Ca та Na при регенерації фільтруючого завантаження;

$E_{Ca}$ ,  $E_{Na}$  - частина обмінної ємності, зайнята катіонами кальція та натрія;

$V_{Ca}$ ,  $V_{Na}$  – питомий об'єм катіоніту, насиченого кальцієм та натрієм;

$K$  - константа розподілення катіонів в іоніті;

$Q_{Ca}$ ,  $Q_{Na}$  – концентрації кальція та натрія в пом'якшеній воді.

Подібне рівняння може бути записано і для солі магнія в співвідношенні (2), тільки замість індексу Ca буде записано Mg.

Спростимо рівняння (5), підставимо в нього значення.

$$E_{Na} = E_{пов} - E_{Ca}, \quad (6)$$

$E_{пов}$  – повна обмінна ємність.

З урахуванням (4) та (6) рівняння (5) має вигляд

$$\frac{\gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2} \cdot \frac{V_{Na}^2}{V_{Ca}} \cdot \frac{Q_{Na}^2}{Q_{Ca}} = K \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha}. \quad (7)$$

Позначаємо

$$\beta = \frac{1}{K} \cdot \frac{\gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2} \cdot \frac{V_{Na}^2}{V_{Ca}}, \quad (8)$$

тоді

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot \frac{Q_{Ca}}{Q_{Na}^2}. \quad (9)$$

Графіки  $\beta = f(\alpha)$  при постійних значеннях  $\frac{Q_{Ca}}{Q_{Na}^2}$  наведені на рис. 3.

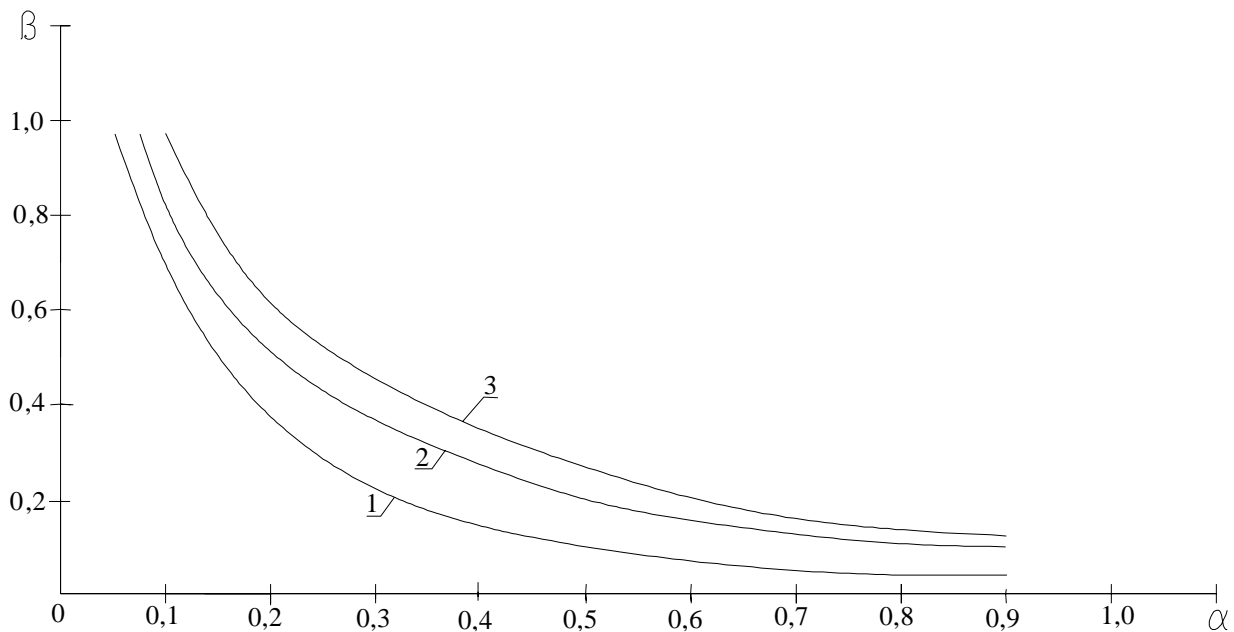


Рис. 3 Зміна коефіцієнта  $\beta$  від  $\alpha$  та  $\frac{Q_{Ca}}{Q_{Na}}$

$$\frac{Q_{Ca}}{Q_{Na}}; 1-0,9; 2-0,7; 3-0,4.$$

Представлені результати досліджень дозволяють визначити зміни основних показників регенераційного розчину при відновленні роботи іонообмінних фільтрів.

\* \* \*

1. А.К. Запольський, Н.А. Мінакова-Клименко, І.М. Астралін та інш. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. К. Літера, 2000, 552с.

2. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. СЭВ ВНИИ ВОДГЕО. М. Стройиздат. 1982-578с.

3. А.А. Алферова, А.П. Нечаев. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. М. Стройиздат. 1984, 272с.

4. К.М. Дюмаев, Э.Н. Эльберт и др. Регенерация отработанных сернокислотных растворов. М. Химия. 1987, 112с.

5. А.М. Когановский, В.Д. Семенук. Обратное водоснабжение химических предприятий. К., Стройиздат 1975, 232с.

6. В.А. Клячко, Н.Д. Апельцин. Очистка природных вод. М., Стройиздат., 1971, 580с.

7. Т.С. Айрапетян. Замкнутый цикл водопостачання устаткування хімічної підготовки води підприємств теплоенергетики. Автореф. канд. т. н., Київ, 2004, 20с.

**Отримано: 17.08.2012 р.**