



## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗНЕКИСНЕННЯ ВОДИ НА ЗАЛІЗОВМІСТКОМУ РЕДОКСИТІ

**А.В. Голяка, М.Д. Гомеля**

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»*

пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна

**e-mail:** andreykagolyaka@gmail.com

До води, що використовується в тепломережах, у водогрійних котлах, парогенераторах, енергетичних системах, включаючи виробництво пари у промисловості та виробництво електроенергії на теплових та атомних електростанціях ставляться жорсткі вимоги не лише щодо стабільності по відношенню до осадоутворення, але і до корозійної агресивності. Тому в процесах підготовки води для теплоенергетичних систем широко використовують методи реагентного та натрійкатіонного пом'якшення, мембранного та іонообмінного знесолення води, додавання інгібіторів корозії та стабілізаторів накипоутворення [1].

Проте при використанні води у водогрійних та парових котлах застосування більшості реагентів небажане або недопустиме. Якщо врахувати, що корозія обладнання та трубопроводів у даному випадку обумовлена кисневою деполяризацією, то найбільш доцільним у запобіганні корозії є використання процесів деаерації води. При наявності кисню у живильних водах котлів та тепломереж у концентраціях більше 50 мкг/дм<sup>3</sup> швидкість корозії металів у воді при підвищених та високих температурах є досить значною. За даних умов різко скорочується термін експлуатації обладнання, суттєво зростають витрати на виробництво енергії та транспортування гарячої води. Тому найефективнішим процесом у зниженні корозійної агресивності води в енергетиці є її глибоке знекиснення перед котлами, теплообмінним обладнанням, при підживленні тепломереж [2].

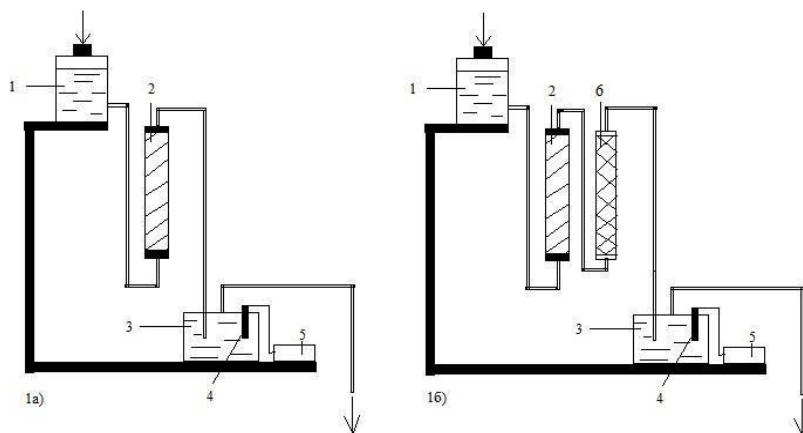
Метою дослідження було отримання залізовмісних сорбентів кисню, визначення їх ефективності в залежності від швидкості фільтрування води при контролі вмісту заліза у знекисненій воді.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі такі, як створення лабораторної установки для знекиснення води при використанні залізовмісного сорбенту; оцінка ефективності знекиснення води при різних швидкостях фільтрування; визначення впливу рН середовища на ефективність знекиснення води на залізовмісткому редокситі; оцінка ефективності доочищення води від іонів заліза на катіоніті та від кисню на модифікованому іонами SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> аніоніті.

Процеси вилучення кисню вивчали при фільтруванні води через колонку заповнену подрібненим залізовмістким матеріалом в якому вода контактує безпосередньо з металевою поверхнею. Для активації сорбенту в колонці об'ємом 130 см<sup>3</sup> його спочатку обробляли водою з рН=2,5-3,0. Об'єм пропущеного розчину 5 дм<sup>3</sup>. Після цього через колонку із сорбентом пропускали 5 дм<sup>3</sup> розчину із рН=10,5. При цьому на поверхні сорбенту утворювалась пориста

плівка, що складалась з гідроксиду заліза ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) та магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Даний редоксит використовували шифом МЗ-Ф.

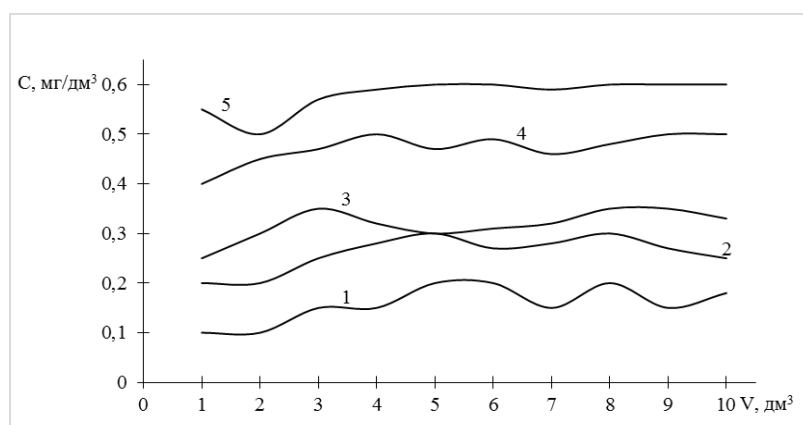
Також була досліджена двостадійна система стабілізації води з використанням катіоніту КУ-2-8 в  $\text{Na}^+$  формі або аніоніту АВ-17-8 в  $\text{SO}_3^{2-}$  формі (рис.1).



1 – ємність з водою; 2 – колонка з редокситом; 3 – ємність де розміщено датчик оксиметра Milwaukee MW600; 4 – датчик оксиметра; 5 – оксиметр; 6 – колонка заповнена катіонітом або аніонітом

Рисунок 1. Схема установки для знекиснення води (одноступенева(а), двоступенева(б))

При проведенні досліджень на першому етапі через залізовмісний матеріал фільтрували водопровідну воду із швидкістю від 5 до 25 м/год, реакцію середовища якої доводили до рівня  $\text{pH}=6,7$  (рис.2).

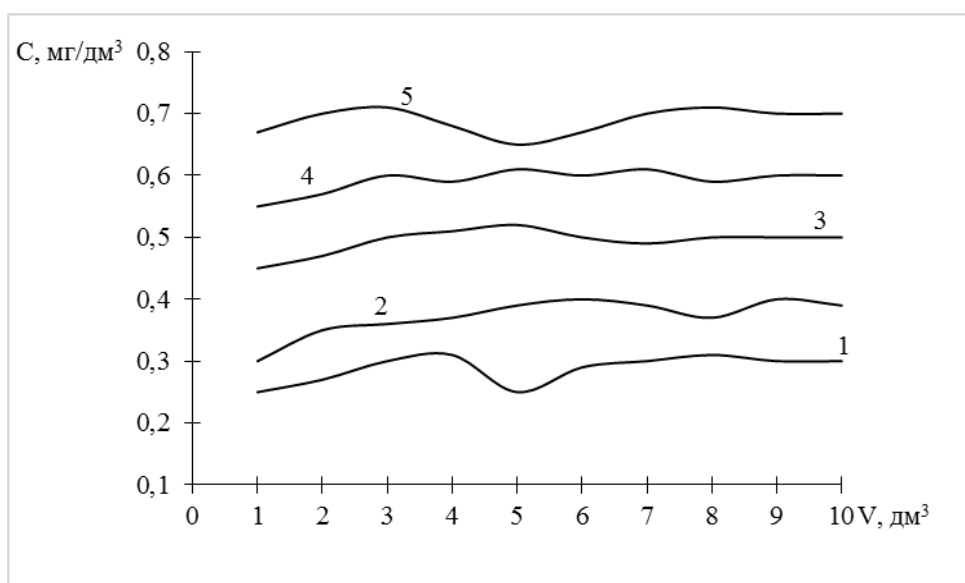


1 – швидкість фільтрування 5 м/год; 2 – швидкість фільтрування 10 м/год;  
3 – швидкість фільтрування 15 м/год; 4 – швидкість фільтрування 20 м/год;  
5 – швидкість фільтрування 25 м/год

Рисунок 2. Залежність концентрації кисню від пропущеного об'єму водопровідної води  $\text{pH}=6,7$  через редоксит МЗ-Ф при різній швидкості фільтрування

Як видно з рис. 2 концентрація кисню у воді при швидкості фільтрування 5 м/год знижувалась до 0,1-0,2 мг/дм<sup>3</sup>. При збільшенні швидкості фільтрування до 25 м/год вміст кисню в обробленій воді зростав до 0,6 мг/дм<sup>3</sup>. При цьому ефективність видалення кисню ніяк не змінювалась при зростанні об'єму обробленої води. Слід відмітити, що в усіх дослідах використовували одне і те ж саме завантаження залізомісткого редокситу без будь-якої його регенерації.

Як це не дивно, але при підвищенні рН середовища до 8,5 (рис.3) ефективність вилучення кисню падала. Очевидно це пов'язано із зниженням швидкості розчинення металевого заліза при підвищенні рН. Але враховуючи велику площу поверхні редокситу він все-таки забезпечував достатньо високу ефективність знекиснення води. При рН=8,5 концентрація кисню знижувалась до 0,3-0,7 мг/дм<sup>3</sup> при зростанні швидкості фільтрування від 5 до 25 м/год.



*1 – швидкість фільтрування 5 м/год; 2 – швидкість фільтрування 10 м/год;  
3 – швидкість фільтрування 15 м/год; 4 – швидкість фільтрування 20 м/год;  
5 – швидкість фільтрування 25 м/год*

**Рисунок 3. Зміна концентрації кисню з об'ємом профільтрованої водопровідної води (рН=8,5) через редоксит МЗ-Ф при різній швидкості фільтрування**

Під час застосування двоступеневої системи стабілізаційної обробки спостерігається зменшення концентрації розчиненого кисню з 8,05 до 0,05 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> При швидкості фільтрування 5 м/год. Завдяки іонному обміну на катіоніті забезпечується видалення з води вторинного забруднювача – заліза. При цьому концентрація заліза зменшується з 0,78 (відфільтрована вода після одноступеневої системи стабілізаційної обробки мала такий показник вмісту заліза) до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Крім того. В результаті двостадійної обробки жорсткість води зменшується до нуля з подальшим її зростанням вихідних значень через вичерпування ємності іоніту [3].

Варто зазначити, що підвищення ефективності видалення кисню відбувається шляхом його зв'язування при взаємодії з катіонами заліза (II), що сорбувались на катіоніті.

При збільшенні швидкості фільтрування до 10 м/год вміст кисню зростає до 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, що і прогнозувалось. При цьому також збільшується концентрація заліза у відфільтрованій воді – зростає до 0,25 мг/дм<sup>3</sup>. А от при використанні на другій стадії аніоніту в SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> формі показники по концентрації заліза залишились незмінними, проте досягнуто повного вилучення кисню.

#### **Висновки.**

Показано, що підвищення швидкості фільтрування води через фільтр заповнений редокситом від 5 до 25 м/год при підвищенні рН середовища від 6,7 до 8,5 та 10,0 призводить до зниження ефективності зв'язування кисню ([O<sub>2</sub>] = 0,1-0,5 мг/дм<sup>3</sup> при W<sub>ф</sub>= 5 м/год, [O<sub>2</sub>] = 0,6-1,0 мг/дм<sup>3</sup> при W<sub>ф</sub>= 25 м/год). В цілому залишкова концентрація кисню зростає від 0,2 до 1,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Показано, що двоступенева стабілізаційна обробка, яка включає в себе знекиснення води та її подальше натрій-катионування, є більш ефективною. Вміст розчиненого кисню у воді зменшується порівняно з одностадійною обробкою до 0,59 мгO<sub>2</sub> /дм<sup>3</sup>, при цьому вторинне забруднення води іонами заліза не відбувається. Одночасно з води видаляються іони жорсткості. У міру переходу іоніту в Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> - форму ефективність вилучення заліза знижується.

Визначено залежність концентрації заліза та кисню при фільтруванні води послідовно через редоксит та катіоніт в Na<sup>+</sup> формі. Відмічено ефективне вилучення іонів заліза, жорсткості без суттєвого впливу на залишкову концентрацію кисню.

Показано, що послідовне використання редокситу МЗ-Ф та аніоніту АВ-17-8 в SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> формі при знекисненні води забезпечує повне вилучення кисню із води при значному підвищенні фільтроциклу аніоніту в сульфатній формі через значне зниження кисню у воді на залізовмісткому редокситі.

#### **Література:**

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. Москва:МГУ. 1996. С. 680.
2. Cervova, J. Corrosive protection of metal materials in cooling water / J.Cervova, M.Nagarova, P. Lackova // American Journal of Materials Science and Application. – 2014. - №1. – Р. 6-10.
3. Гомеля М.Д. Знекиснення води за допомогою завантаження на основі залізомістких композитів / М.Д. Гомеля, М.М. Шуриберко, А.В. Голяка // Вчені записки Таврійського університету ім. В.І. Вернадського. – 2018. – Т. 29(68). - №6. – С. 64-69.