

тонних суміші дозволяє знизити витрати води на 20-25% і, відповідно, підвищити щільність, міцність та довговічність цементобетонів.

Результати виконаних досліджень вказують на можливість зниження оптимального вмісту води на

17 % при використанні катіонного латексу Butonal NS 198 для приготування цементогрунту і, відповідно, підвищення його довговічності в конструктивних шарах дорожніх одягів.

Література

1. Ахвердов, И. Н. Основы физики бетона [Текст] / Ахвердов И.Н. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
2. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] / Баженов Ю.М. – М.: Изд-во АСВ., 2003. – 500с.
3. Ратинов, В. Г. Химия в строительстве [Текст] / В.Г. Ратинов, Ф.М. Иванов – М.: Стройиздат, 1977. – 220 с.
4. Полімерні латекси серії Butonal® [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.icpua.com/index.php/2010-12-13-19-41-00/-butonalr>.
5. Некрасов, А. П. Лабораторный практикум по коллоидной химии [Текст] / А.П. Некрасов, Б.А. Веретенченко – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004 – 276 с.
6. Сумм, Б. Д. Физико-химические основы смачивания и растекания [Текст] / Б.Д. Сумм, Ю.В.Горюнов – М.: Химия, 1976. – 231 с.
7. ГОСТ 22733-77 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1977. – 9 с.
8. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны [Текст] / В.Г. Батраков – М.: Стройиздат, 1990. – 400 с.

Вивчено процеси вилучення кисню з води на аніоніті АВ-17-8 в SO_3^{2-} -формі. Показано, що відновлювальна здатність іоніту залежить від іонного складу води. Встановлено механізм відновлення хлорат аніонів на отриманому аніоніті

Ключові слова: аніоніт, кисень, редоксит, сорбція, ємність

Изучены процессы извлечения кислорода из воды на анионите АВ-17-8 в SO_3^{2-} -форме. Показано, что восстановительная способность ионита зависит от ионного состава воды. Установлен механизм восстановления хлорат анионов на полученном анионите

Ключевые слова: анионит, кислород, редоксит, сорбция, емкость

We investigated the removal of dissolved oxygen from water on anion exchange resin AV-17-8 in SO_3^{2-} - form. It was shown that its reducing ability depends on the water ionic composition. The mechanism of chlorate anions reduction at anion exchanger was determined

Key words: anion exchange resin, oxygen, oxidizing-reducing ion exchanger, sorption, capacity

УДК 628.168.3

ОЦІНКА ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ АНІОНІТУ АВ-17-8 В СУЛЬФІТНІЙ ФОРМІ

М.Д. Гомеля

Доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедри*

Контактний тел.: (044) 236-60-83

А.Т. Тамазашвілі

Аспірант*

Контактний тел.: 097-951-10-87

E-mail: tamazashvili@gmail.com

*Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

Вступ

При використанні води в якості теплоносія до числа її важливих якостей відносяться відсутність відкладень та накипу на поверхні теплообміну, шла-

му в обладнанні та трубопроводах електростанцій та теплових мереж та мінімальна корозійна агресивність.

Стабільною називають воду, котра не викликає корозії поверхні металу, з якою вона контактує, і при цьому не відбувається випадання осаду солей твердості на цих поверхнях.

Тому застосування стабільної води робить можливим перехід від відкритих до замкнених систем водоспоживання у промисловості та енергетиці. Вирішення проблеми ефективної стабілізаційної обробки води можливе за допомогою інгібіторів корозії і накипоутворення, глибокої очистки води іонним обміном та інших методів.

Важливу роль в формуванні корозійних відкладень в трубопроводах відіграють процеси кисневої корозії.

Відсутність деаерації живильної води котлів і підживлюючої води тепломереж веде до інтенсивної корозії котлів, трубопроводів і теплообмінників [1]. Значні економічні втрати наносить неякісна деаерація та відсутність деаерації підживлюючої води теплових мереж. Киснева корозія (як правило, не рівномірна, а точкова) призводить до швидкого виходу з ладу магістральних трубопроводів, що у свою чергу призводить до великого витоку гарячої води й втрати тепла. Особливо агресивна хімічно неаерована вода при наявності водень-катионітових фільтрів. У цьому випадку у воді присутня вуглекислота, яка при наявності кисню подвійно агресивна.

Важливим аспектом при підготовці води для енергетичних систем є зниження її корозійної агресивності. Кращим варіантом зниження корозійної агресивності води є вилучення з неї кисню. Для цього досить часто використовують фізичні методи [2].

Ряд експериментів з видалення розчиненого кисню з води проводилися з використанням полімерних мембран або іонообмінних смол з нанесеним на їх поверхню металічним паладієм, який служить каталізатором при відновленні кисню воднем [3-5].

Суть методів хімічної дегазації води полягає у використанні певних реагентів, які зв'язують розчинені у воді гази. Частіше за все при хімічному знекисненні води використовують сульфід натрію, сірчистий газ або гідразин [6].

Одним із перспективних напрямків стабілізаційної обробки води для її використання в промисловості і енергетиці шляхом знекиснення води є використання редокситів – модифікованих іонообмінних смол сполуками заліза (II) та міді (I) [7]. Унікальність редокситів проявляється в широкій варіації окисно-відновного потенціалу за рахунок полімерного носія та іоногенних груп, високої редокс-ємності, забезпечуваної значної кількістю функціональних груп, розвиненою внутрішньою поверхнею пор.

Якщо оцінювати згадані методи знекиснення води з точки зору їх практичного застосування, то без сумніву перевагу слід надавати фізичним методам та застосуванню редокситів. При використанні хімічних реагентів у воді вносяться сторонні іони (наприклад, сульфати при використанні SO_2 або сульфати та іони натрію при використанні Na_2SO_3) або процес передбачає додавання у воду високотоксичних сполук, таких як гідразин. Каталітичне відновлення кисню воднем є досить складним і поки що дорогим методом.

Використання редокситів, що модифіковані сполуками заліза або міді, обмежується складністю їх регенерації, що зводиться до видалення з іоніту або відновлення гідроксидів металів.

Метою даної роботи було вивчення процесів знекиснення води при використанні високо основного аніоніту АВ-17-8 в SO_3^{2-} -формі, визначення впливу

характеристик води, типу окислюючого агента на відновлювальну здатність іоніту в сульфідній формі.

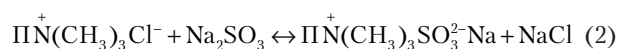
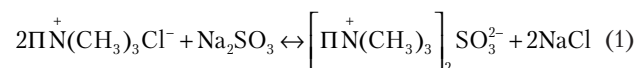
Виконання досліджень, аналіз отриманих результатів

В роботі використовували аніоніт АВ-17-8 в Cl^- та SO_4^{2-} -формі. В SO_3^{2-} -форму аніоніт переводили з допомогою 5 та 10%-х розчинів сульфиту натрію. Об'єми проб іоніту 20-50 cm^3 . При вивченні властивостей модифікованого іоніту через певний об'єм смоли фільтрували воду (модельні розчини) при витраті від 1-5 до 20-50 $\text{cm}^3/\text{хвилину}$ відбираючи проби об'ємом від 100 cm^3 до 2 dm^3 . Проби аналізували на залишковий вміст кисню, сульфідів, сульфатів, хлоридів, гідрокарбонатів та хлоратів. При знекисненні води проби збирали в мірні колби доверху заповнені водою, подаючи воду на дно колби з витісненням води. Це дозволяло запобігти попаданню атмосферного кисню у проби.

Як робоче середовище використовували водопровідну воду ($\text{Ж}=4,0-5,1$ $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$, $\text{Л}=3,9-5,0$ $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$, $[\text{Cl}^-]=50-62$ $\text{мг}/\text{дм}^3$; $[\text{SO}_4^{2-}]=17-20$ $\text{мг}/\text{дм}^3$), розчини хлориду натрію у водопровідній воді з концентрацією по хлоридах від 70 до 1500 $\text{мг}/\text{дм}^3$, розчини хлорату натрію у воді з концентрацією по хлоратах від 100 до 300 $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$.

При проведенні окислення сульфиту на аніоніті хлоратом натрію в статичних умовах до проб іоніту об'ємом 10 cm^3 додавали проби розчину хлорату натрію об'ємом по 500 cm^3 з концентрацією від 20 до 150 $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$ по хлорат аніонах.

При переведенні аніоніту АВ-17-8 в сульфідну форму через аніоніт в Cl^- -формі пропускали розчин сульфиту натрію концентрацією від 5% до 10%. При використанні 5%-х розчинів обмінна ємність по сульфатах сягала 0,4-1,2 $\text{г-екв}/\text{дм}^3$, при використанні 10%-х розчинів обмінна ємність по сульфатах зростала до 1,7-2,1 $\text{г-екв}/\text{дм}^3$, що перевищує ємність по хлоридах та сульфатах, яка для даного іоніту не перевищує 7,5 $\text{г-екв}/\text{дм}^3$. Очевидно, що при менших концентраціях сульфиту відбувається еквівалентна сорбція (1), а при високих концентраціях значний вклад в процес іонного обміну дає над еквівалентна сорбція (2), при якій частково сорбуються аніони $[\text{SO}_3\text{Na}]^-$.



Видалення кисню з води на аніонітах в сульфідній формі описано в роботі [8]. В основному це стосується знесоленої води або конденсату. Проте невідомо, як буде відбуватись знекиснення при використанні води без попереднього її знесолення. В даному випадку на процес в першу чергу будуть впливати аніони. Тому застосування редокситу даного типу може бути проблематичним як в системах охолодження, де використовують природну воду без обробки або частково пом'якшену та в водогрійних прямоточних котлах, де використовують пом'якшену воду. При реагентно-

му пом'якшенні можливе часткове зниження вмісту гідрокарбонатів, при натрій-катионному пом'якшенні вміст аніонів у воді, як правило залишається незмінним.

Визначення відновлювальної здатності (ВЗ) редокситів при знекисненні води є досить складною задачею. Навіть при використанні іоніту в невеликих об'ємах – 20-50 см³ при відносно високій ємності іоніту по відновнику, що обумовлює високу відновлювальну здатність, для визначення повної відновлювальної здатності через низьку концентрацію розчиненого у воді кисню (6-14 мг/дм³) необхідно пропускати через іоніт десятки дм³ води. А при витраті 20-50 см³ за хвилину, це забирає багато часу. Тому на попередньому етапі для визначення ВЗ модифікованого іоніту доцільно використовувати більш концентровані розчини окисника, наприклад хлорату натрію [9, 10]. В даній роботі використовували розчини хлорату натрію з концентрацією 186, 187 та 277 мг-екв/дм³ (відповідно 31,0; 31,2 та 46,2 ммоль/дм³ по хлорату натрію). Результати по відновленню хлоратів приведені на рис. 1. Як видно із рисунку, аніоніт в SO₃²⁻-формі забезпечує аномально високу відновлювальну здатність на відміну від модифікованих катионітів [9, 10]. Згідно з кривою (1), ВЗ аніоніту сягала 2,597 г-екв/дм³ про початковій ємності іоніту по сульфатах 2,055 г-екв/дм³. Початкова концентрація хлорату була 187 мг-екв/дм³. При концентрації хлорату 186 мг-екв/дм³ ВЗ була майже такою ж – 2,630 г-екв/дм³ при ємності іоніту по сульфатах 1,99 г-екв/дм³. При концентрації хлорату 277 мг-екв/дм³ та ємності аніоніту по хлоратах 2,005 г-екв/дм³ ВЗ досягла 3,2 г-екв/дм³. Очевидно, що відновлювальна здатність аніоніту не може перевищувати його ємність по сульфатах. Тому, без сумніву, аномально високі значення ВЗ аніоніту обумовлені не лише відновленням хлорат аніонів, але і їх сорбцією на аніоніті. Адже процес контролювали по залишковій концентрації хлорат-аніонів.

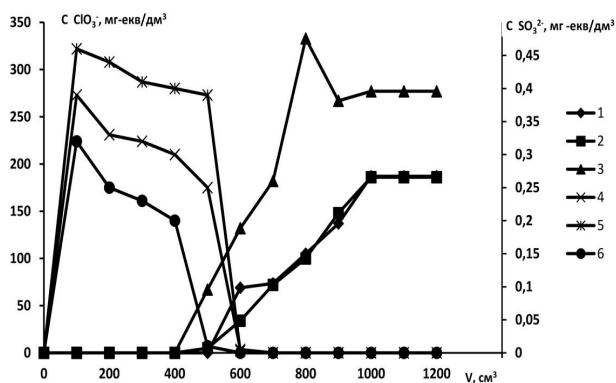
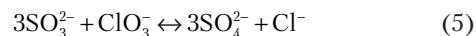
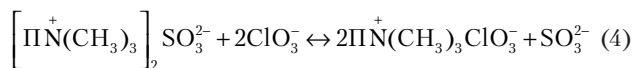
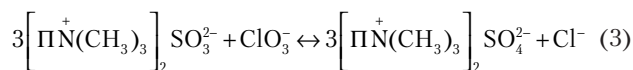


Рис. 1 Залежність вихідної концентрації хлорат та сульфат аніонів (4; 5) від пропущеного об'єму розчинів хлорату натрію з концентрацією 187 мг-екв/дм³ (2; 5), 277 мг-екв/дм³ (3; 6) через аніоніт АВ-17-8 (V_i=50 см³) в SO₃²⁻ формі при ємності по сульфатах 2,055 г-екв/дм³ (1;4), 1,99 г-екв/дм³ (2; 5) та 2,005 г-екв/дм³ (3; 6) (ВЗ₁=2,597 г-екв/дм³; ВЗ₂=2,630 г-екв/дм³; ВЗ₃=3,2 г-екв/дм³)

В цілому процес можна описати рівняннями:



Враховуючи відносно високі концентрації хлорат аніонів у воді та незначні кількості сульфатів, які утворюються, сорбція хлорат аніонів цілком можлива.

Це пояснює дещо завищені значення по відновлювальній здатності іоніту.

Цікаво відмітити, що при вивченні процесу відновлення хлорат-аніонів на модифікованому сульфитом аніоніті в статичних умовах (рис. 2), відновлювальна здатність іоніту не перевищувала 1,550 г-екв/дм³, при ємності аніоніту по сульфатах – 1,945 г-екв/дм³. В даному випадку при великих об'ємах проб (500 см³) та відносно невисоких концентраціях хлорату натрію (від 3,2 до 23,3 ммоль/дм³) в статичних умовах сорбція хлоратів на аніоніті практично не відбувалась. Зниження відновлювальної здатності аніоніту в порівнянні з ємністю по SO₃²⁻ можливо обумовлене окисленням сульфит аніонів киснем повітря при проведенні експерименту. В даному разі певний об'єм переводили в SO₃²⁻ - форму в динамічних умовах, а потім ділили на проби по 10 см³ для проведення досліджень в статичних умовах.

Слід відмітити, що аніоніт після окислення сульфит аніонів легко регенерується. В даному разі для видалення сорбованих на аніоніті хлорат аніонів іоніт промивали 10%-м розчином сульфату натрію. Після промивки іоніту його переводили в SO₃²⁻ - форму 10%-м розчином сульфату натрію. Як видно з рисунку 1 (крива 2) іоніт після регенерації мав навіть дещо вищу відновлювальну здатність, ніж при первинному використанні (крива 1).

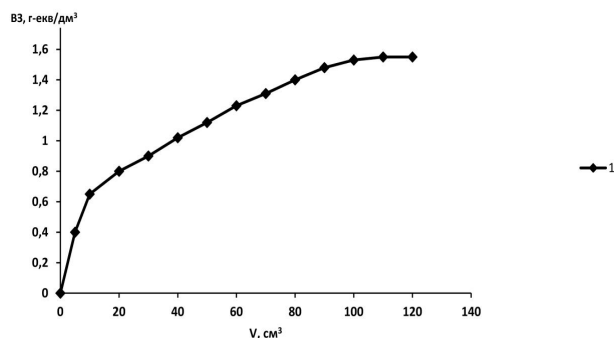


Рис. 2. Залежність відновлювальної здатності аніоніту АВ-17-8 в SO₃²⁻ формі (ОЕ_{SO₃²⁻}=1,945 г-екв/дм³) по аніонах ClO₃⁻ від їх рівноважної концентрації при об'ємі іоніту 10 см³, об'ємі проб іоніту 10 см³.

Слід відмітити, що необхідність в обробці сульфатом натрію відповідає при окисненні сульфит аніонів розчиненим у воді киснем. За нормальних умов без сорбції сторонніх аніонів аніоніт після окислення сульфитів

переходить в сульфатну форму. При використанні аніоніту в SO_4^{2-} -формі, як і в Cl^- -формі, при його регенерації 10%-м розчином Na_2SO_4 ємність іоніту по SO_3^{2-} аніонах сягає 1,7-2,0 г-екв/дм³.

Припущення про сорбцію хлорат аніонів в динамічних умовах на аніоніті в SO_3^{2-} -формі (рис. 1) підтверджується наявністю в перших пробах відфільтрованих розчинів сульфат аніонів. Проте десорбція сульфатів могла бути обумовлена також їх витісненням з іоніту хлоридами та сульфатами, що утворюються в окисно-відновних процесах (реакції 3; 5).

Виходячи з отриманих результатів, можна сказати, що на відновлювальну здатність аніоніту АВ-17-8 в сульфатній формі впливає не лише ємність аніоніту по сульфату, але і присутність у воді конкуруючих аніонів, здатних витіснити з іоніту сульфати.

Для уточнення цього висновку були проведені дослідження по визначенню відновлювальної здатності іоніту до розчиненого у водопровідній воді кисню. Результати приведено на рис. 3. З рисунку видно, що відновлювальна здатність аніоніту зростає із підвищенням вмісту в ньому сорбованих сульфатів. Проте навіть у водопровідній воді з відносно невисоким вмістом сторонніх іонів ($[Cl^-]=62$ мг/дм³, $[SO_4^{2-}]=20$ мг/дм³, $[HCO_3^-]=3,9$ мг-екв/дм³) відновлювальна здатність сягала 63,4% від теоретично можливої, при ємності іоніту по $SO_3^{2-}=1,83$ г-екв/дм³ та 74,8% при ємності по $SO_3^{2-}=0,642$ г-екв/дм³. Для розчину хлориду натрію в водопровідній воді при концентрації хлоридів 956 мг/дм³ ВЗ досягала лише 26,6% від теоретично можливої (ВЗ=0,53 г-екв/дм³ при обмінній ємності по сульфатах 1,99 г-екв/дм³). Якщо у перших двох випадках можна говорити про випадкове окислення сульфатів на аніоніті киснем повітря (хоча процес проводили з використанням надійних резино-вих ущільнень, воду подавали на дно мірної колби з вузьким горлом, з постійним витісненням води з мірної колби), то в третьому випадку очевидний негативний вплив хлоридів, які, очевидно, спричиняють десорбцію сульфатів з іоніту. При цьому кількість витісненого сульфату значно вища концентрації кисню у воді, що спричиняє значне скорочення часу захисної дії іоніту (зниження відновлювальної здатності).

В зв'язку з цим було цікаво визначити вплив концентрацію хлоридів на ефективність їх сорбції на аніоніті АВ-17-8 в SO_3^{2-} -формі, та відповідно на десорбцію сульфатів. Оскільки при аналізі сульфатів у воді за їх низьких концентрацій результати суттєво занижені через окислення сульфатів киснем повітря, що потрапляє у воду, контроль в основному вели по концентрації хлоридів з допомогою іономіру И-160 МИ. Результати приведені на рис. 4 та 5. Як видно з рис. 4, при підвищенні концентрації хлоридів з 453 до 955 мг/дм³ ємність іоніту по хлоридах зростає з 0,790 г-екв/дм³ до 1,458 г-екв/дм³. При концентрації хлоридів 110 мг/дм³ (рис. 5) ємність іоніту по хлоридах знижується до 0,330 г-екв/дм³, при концентрації хлоридів 70 мг/дм³ (≈ 2 мг-екв/дм³) хлориди практично не сорбуються та не витісняють з іоніту сульфат аніони.

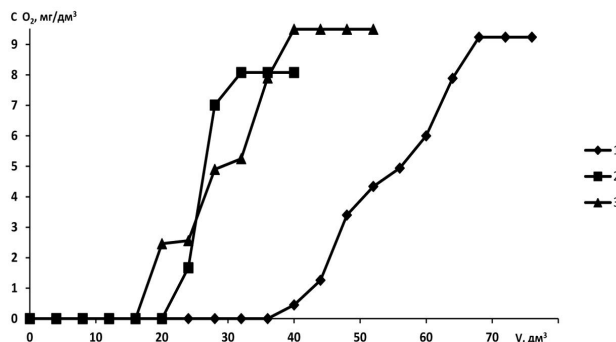


Рис. 3. Залежність концентрації кисню від об'єму пропущеної водопровідної води (1; 2) або розчину хлориду натрію у водопровідній воді ($C_{Cl^-}=956$ мг/дм³) (3) через іоніт АВ-17-8 в SO_3^{2-} формі ($V_i=50$ см³) при початковій концентрації кисню 9,24 мг/дм³ (1); 8,08 мг/дм³ (2); 9,50 мг/дм³ (3) при ємності іоніту по SO_3^{2-} іонах 1,83 г-екв/дм³ (1), 0,642 г-екв/дм³ (2), 1,99 г-екв/дм³ (3) ($BZ_1=1,16$ г-екв/дм³; $BZ_2=0,48$ г-екв/дм³; $BZ_3=0,53$ г-екв/дм³)

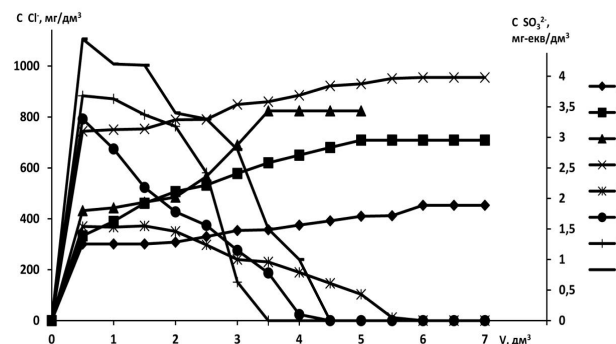


Рис. 4. Залежність концентрації хлоридів (1; 2; 3; 4) та сульфат аніонів (5; 6; 7; 8) від пропущеного об'єму розчинів хлориду натрію концентрацією 453 (1; 5), 709 (2; 6), 824 (3; 7) та 956 (4; 8) мг/дм³ через аніоніт АВ-17-8 ($V_i=20$ см³) в сульфатній формі при ємності по сульфатах 2,06 г-екв/дм³ (1;5), 1,78 г-екв/дм³ (2; 5), 1,83 г-екв/дм³ (3; 7) та 1,99 г-екв/дм³ (4; 8) ($E_1=0,790$ г-екв/дм³; $E_2=1,15$ г-екв/дм³; $E_3=1,312$ г-екв/дм³; $E_4=1,458$ г-екв/дм³)

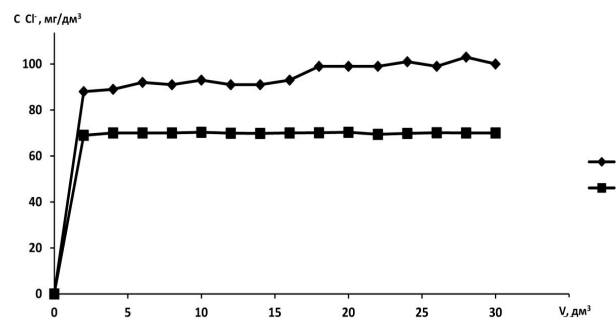


Рис. 5. Залежність вихідної концентрації хлоридів (1; 2) від витрати розчинів хлориду натрію концентрацією 110 мг/дм³ (1) та 70 мг/дм³ при пропусканні через аніоніт АВ-17-8 в SO_3^{2-} формі при ємності по сульфат аніонах 1,800 г-екв/дм³ (1) та 1,760 г-екв/дм³ (2) ($E_1=0,330$ г-екв/дм³)

Виходячи з отриманих результатів легко пояснити зниження ВЗ модифікованого аніоніту у воді з розчинним хлоридом натрію (рис. 3, крива 3). Хлориди спричинили вимивання сульфатів з аніоніту в кількостях значно вищих за вміст кисню у воді, що призвело до зниження ВЗ. Але чому спостерігалось зниження ВЗ на 25-37% у водопровідній воді, в якій сумарний вміст хлоридів та сульфатів сягав всього 82 мг/дм³.

Витіснення сульфатів гідрокарбонатів аніонами малоїмовірне через низьку селективність іоніту щодо останніх. Але, як показали наші дослідження, гідрокарбонат аніони здатні витіснити сульфат іони уже при концентрації в 6 мг-екв/дм³. Із збільшенням концентрації гідрокарбонатів їх сорбція на аніоніті АВ-17-8 в сульфатній формі зростає. Якщо врахувати, що лужність водопровідної води сягає 3,9 мг-екв/дм³, вміст хлоридів 1,75 мг-екв/дм³ та сульфатів 0,42 мг-екв/дм³ (сумарний вміст аніонів сягає 6,07 мг-екв/дм³), то цілком можливе витіснення сульфат аніонів з аніоніту. При концентрації гідрокарбонатів 6 мг-екв/дм³ концентрація витіснених іонів сягає 1,3-1,5 мг-екв/дм³. За концентрації кисню у воді на рівні 1,0-1,1 мг-екв/дм³ цілком можливі втрати сульфатів на рівні 20-35%.

Висновки

Визначено ємність аніоніту АВ-17-8 по сульфат аніонах в залежності від концентрації розчину сульфату натрію. Проведено оцінку відновлювальної здатності модифікованого аніоніту з використанням модельних розчинів хлорату натрію. Показано, що над еквівалентна відновлювальна здатність обумовлена частковою сорбцією хлорат аніонів.

Встановлено, що відновлювальна здатність аніоніту АВ-17-8 в сульфатній формі залежить як від ємності аніоніту по сульфатах, так і від десорбції сульфатів в присутності конкуруючих аніонів. На прикладі сорбції хлоридів показано, що десорбція сульфатів з аніоніту відбувається за концентрації вищої 110 мг/дм³.

Визначено вплив гідрокарбонатів на десорбцію сульфатів. Показано, що при концентраціях більших 6 мг-екв/дм³ гідрокарбонат іони можуть спричинити зниження відновлювальної здатності модифікованого аніоніту на 20-35%.

Показано, що аніоніт АВ-17-8 в сульфатній формі доцільно застосовувати для знекиснення вод з загальним вмістом аніонів не вище 6 мг-екв/дм³.

Література

- Bernstein Hans-Friedrich. Water degassing in the networks of hot water supply // *Entgasung und Wasserbehandlung in Fernwärmesystemen*. Euroheat and power. – 2008. – 37, №6. – P. 50-55.
- Михайлов И.Д. Дегазация воды в системах тепло- и водоснабжения / И.Д. Михайлов – Аква-Мад. – 2008. – №5. – С. 18-19.
- Лебедева В.И. Pd-пористые полипропиленовые мембраны для каталитических процессов удаления растворенного кислорода из воды / В.И. Лебедева, В.М. Грязнов, И.В. Петрова та інші // *Кинетика і каталіз*. – 2006. – 47, №6. – С.894-899.
- Wenxin Shi. Removal of dissolved oxygen from water using a Pd-resin based catalytic reactor / Wenxin Shi, Shuili Yu, Qui Xiaoxia and others // *Front. Chem. Eng. China* 2009, 3(1), pp. 107–111
- Батдалова С.Г. Исследование процесса удаления растворенного кислорода из воды в каталитическом мембранном контакте/реакторе / С.Г. Батдалова, И.В. Петрова, В.И. Лебедева // *Научная сессия МИФИ – 2007, Москва, 2007. Сборник научных трудов*. – 2007. – 9. – С. 33-34.
- Фрог Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М.: МГУ. – 1996. – 680 с.
- Кравченко Т.А. Обескислороживание воды редокситами / Т.А. Кравченко, А.Я. Шаталов / *Ионообменные методы очистки веществ*. Под ред. Г.А. Ликина и Н. Мягкого. – Воронеж: ВГУ. – 1984. – С. 167-183.
- Пат. 2217382, Россия. МКИ7 С 02 F 1/20, 1/42. Способ удаления из воды кислорода / В. В. Шаталов, В.И. Никонов, В.В. Кудрявцев и другие, Гос. унитар. предприятие «ВНИИС хим. технол.». – №2002115827/12 ; Заявл. 17.06.2002 ; Опубл. 17.06.2002 .
- Тамазашвілі А.Т. Вплив характеристик води, способу модифікації катіоніту КУ-2-8 сполуками заліза (II) на ефективність видалення розчиненого кисню / А.Т. Тамазашвілі, В.С. Камаєв, М.Д. Гомеля // *Східноєвропейський журнал передових технологій*. – 2011. – 5/6 (53) – С. 23-27.
- Тамазашвілі Т.А. Оценка эффективности редокситов в зависимости от типа катионита и способа его модификации / Т.А. Тамазашвілі, В.С. Камаєв, Н.Д. Гомеля // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. – 2011. - №6. – С.58-62.