

УДК 628.16.081.312; 628.161.2:546.72

ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРУЮЧОГО МАТЕРІАЛУ ЗМІШАНОЇ ДІЇ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ПИТНОЇ ВОДИ

Твердохліб М.М., Гомеля М.Д., Терещенко О.М.
Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», м. Київ

Приведені результати досліджень застосування сумішей іонообмінних матеріалів в процесі підготовки питної води. Вивчені процеси одночасної сорбції іонів жорсткості, іонів заліза та нітрат-іонів.

Ключові слова: іонний обмін, пом'якшення, катіоніт, аніоніт.

Приведены результаты исследований применения смесей ионообменных материалов в процессе подготовки питьевой воды. Изучены процессы одновременной сорбции ионов жесткости, ионов железа и нитрат-ионов.

Ключевые слова: ионный обмен, умягчение, катионит, анионит.

The results of research use mixtures of ion exchange materials in the preparation of drinking water. The process of sorption of hardness, iron ions and nitrate ions.

Key words: ion exchange, softening, cation, anion.

Постановка проблеми

Запаси води доступні для використання стали одним з найбільш дефіцитних ресурсів, а їх якість – однією з глобальних проблем суспільства. На даний час в Україні спостерігається виснаження та забруднення водних джерел, значні втрати води у мережах, вторинне забруднення, недостатнє фінансування, що створює загрозу настання кризової ситуації у системі забезпечення населення якісною питною водою. В середньому 10-15%, а в деяких регіонах і більше, зразків водопровідної питної води не відповідає нормативам за санітарно-хімічними показниками. Передусім це пов'язано зі зростаючим антропогенним забрудненням джерел питного водопостачання, особливо поверхневих вод, солями важких металів, сполуками азоту, органічними речовинами тощо. Збільшується засолення поверхневих

та підземних вод, особливо у південних та південно-східних регіонах країни.

При використанні джерел водопостачання із підвищеним рівнем жорсткості та мінералізації води, а також при підготовці води для промислових замкнутих систем одними з найголовніших етапів підготовки питної води є пом'якшення та зменшення солевмісту. На ряду з цим найбільш характерними проблемами при підготовці її до пиття є видалення заліза, марганцю, солей жорсткості, нітратів, а в окремих випадках також органічних сполук природного походження[1]. Існуючі сорбенти призначені для очищення води лише від певних іонів, комбіновані загрузки, що представлені на ринку водоочисних технологій недостатньо вивчені, а застосування декількох стадій очистки води від окремих іонів є дорогим та економічно невігідним. Розробка фільтруючих матеріалів змішаної дії, що призначені для одночасного видалення декількох компонентів і зменшення габаритності самої технології водопідготовки є доцільним та актуальним на сьогоднішній день.

Аналіз попередніх досліджень. Процеси іонного обміну є одним з основних методів очищення води від забруднень та глибокого її знесолення. Наявність розмаїтності іонообмінних матеріалів дозволяє вирішувати завдання очищення вод різного хімічного складу з високою ефективністю. В роботах [2,3] представлені композиції фільтруючих матеріалів існуючих на сьогоднішній день, а також результати очищення води від іонів жорсткості, заліза, марганцю та алюмінію.

Невирішеною частиною проблеми підготовки якісної питної води є те, що недостатньо вивчено та висвітлено взаємний вплив іонів жорсткості та заліза на сорбційну здатність представлених матеріалів. Представлені суміші спрямовані на очищення лише від катіонів присутніх у воді і нерозраховані на вилучення аніонів.

Метою даної роботи було створення комбінованого фільтруючого матеріалу для комплексного очищення води, а також встановлення взаємного впливу вилучення іонів жорсткості, іонів заліза та нітрат-іонів на сумішах іонітів.

Виклад основного матеріалу

Для досліджень використовувалася суміш слабокислотного катіоніту Dowex MAC-3 в кислій формі та сильно кислотного катіоніту КУ-2-8 в сольовій формі. Вибір даних катіонітів був не випадковим. Як видно з попередніх досліджень послідовне використання катіоніту DOWEX MAC-3 в кислій формі на першій стадії катіонування і КУ-2-8 в Na^+ - формі на другій стадії дозволяє досягти глибокого пом'якшення

води, зниження її лужності і досягнення рН в межах 6,5 ... 7,1 [4]. При цьому у разі використання Dowex MAC-3 в кислій формі відбувається часткове підкислення води, а при використанні КУ-2-8 в сольовій формі, її часткове підлуження. При застосуванні ж суміші цих катіонітів рН води становить на рівні 6,5-7,5, що допустимо для питної води.

Після вибору співвідношення об'ємів іонітів через суміш загальним об'ємом 10 см³ фільтрували водопровідну воду з такими початковими характеристиками Ж=4,8 мг-екв/дм³, Л=4,8 мг-екв/дм³, [Ca²⁺]=3,6 мг-екв/дм³, [Mg²⁺]=1,2 мг-екв/дм³, рН=7,5.

В першому випадку використовували суміш з об'ємним співвідношенням 5:5(Dowex MAC-3 (Vi=5 см³) в Н⁺-формі та КУ-2-8 (Vi=5 см³) в Na⁺-формі). Результати сорбції приведені на рис. 1.

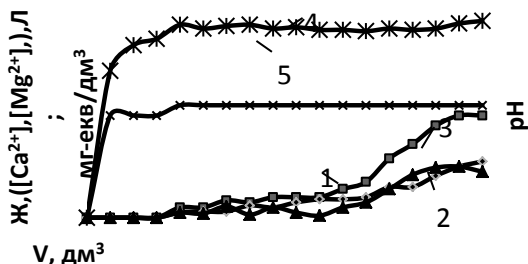


Рис.1. Залежність жорсткості (1), концентрації іонів кальцію (2), магнію (3), лужності (4) та рН (5) від пропущеного об'єму водопровідної води через суміш іонітів Dowex MAC-3 (Vi=5 см³) в Н⁺-формі та КУ-2-8 (Vi=5 см³) в Na⁺-формі (ПОДС₁=2894 мг-екв/дм³)

В цьому випадку сорбція іонів жорсткості проходить досить ефективно, при цьому залишкова лужність води становить 4,0-4,5 мг-екв/дм³. Це пов'язано з тим, що в суміші катіонітів вуглекислота, що утворюється на катіоніті в кислій формі не виділяється в атмосферу, а взаємодія з карбонатом натрію, що утворюється на катіоніті в Na⁺-формі приводить до утворення гідрокарбонату натрію. Тому лужність розчину практично не змінюється. Але при цьому відбувається часткове підкислення води і її рН не перевищує 7,8. Слід відмітити, що при застосуванні катіоніту Dowex MAC-3 в індивідуальному вигляді лужність розчину знижується мало [5]. Обмінна ємність суміші іонітів сягає 2894 мг-екв/дм³, що близька до усередненої ємності для даних іонітів.

При використанні суміші з об'ємним співвідношенням 7:3 (Dowex MAC-3 ($V_i=7 \text{ см}^3$) в H^+ -формі та КУ-2-8 ($V_i=3 \text{ см}^3$) в Na^+ -формі) було отримано результати представлені на рис.2.

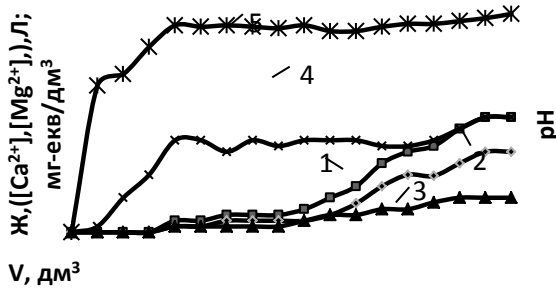


Рис.2. Залежність жорсткості (1), концентрації іонів кальцію (2), магнію (3), лужності (4) та рН (5) від пропущеного об'єму водопровідної води через суміш іонітів Dowex MAC-3 ($V_i=7 \text{ см}^3$) в H^+ -формі та КУ-2-8 ($V_i=3 \text{ см}^3$) в Na^+ -формі (ПОДС₁=2780 мг-екв/дм³)

В цьому випадку також спостерігалася ефективна сорбція іонів жорсткості. Загалом в обох випадках обмінна ємність сумішей іонітів по іонах жорсткості практично однакова, але при збільшенні об'єму іоніту в кислій формі лужності води в початковий період менше 3,2 мг-екв/дм³, а рН сягала 7,5-7,8.

При подачі води по трубопроводах до споживача можуть бути присутні сполуки заліза. Хоча допустима норма залишкового заліза в питній воді становить 0,3 мг/дм³, через зношеність труб вона досить часто значно перевищена. Тому було проведено дослідження видалення іонів заліза на приведених вище сумішах, а також визначено вплив іонів заліза на сорбцію та десорбцію іонів жорсткості. Отримані результати приведені на рис.3 та 4.

В цілому в присутності іонів заліза (II) та (III) відбувається ефективне пом'якшення води з одночасним вилученням іонів заліза. Залишкова жорсткість становила 0,5-0,6 мг-екв/дм³ до початку підвищення вмісту заліза. При цьому було пропущено 10 дм³ води. В перших 8 дм³ води (рис.3) вміст заліза не перевищував 0,25 мг/дм³, що допустимо для питної води, рН розчину не перевищував 6,8. Це говорить про те, що сорбоване залізо (II) не гідролізується, а отже не призводить до отруєння іоніту.

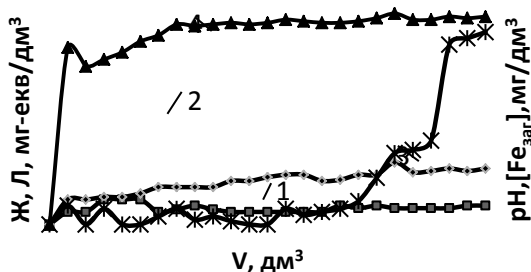


Рис.3. Залежність жорсткості (1), лужності (2), іонів заліза (3), та рН (4) від пропущеного об'єму водопровідної води через суміш іонітів Dowex MAC-3 ($V_i=5 \text{ см}^3$) в H^+ -формі та КУ-2-8 ($V_i=5 \text{ см}^3$) в Na^+ -формі ($\text{ПОД}\epsilon_1=4172 \text{ мг-екв/дм}^3$, $\text{ПОД}\epsilon_{\text{Fe}}=1315 \text{ мг-екв/дм}^3$)

При збільшенні вмісту в суміші іоніту в Na^+ -формі було досягнуто ефективного пом'якшення води та очищення її від іонів заліза (рис.4), проте сумарна повна обмінна ємність суміші по іонах жорсткості знизилась до 2662 мг-екв/дм^3 , а по іонах заліза до $409,8 \text{ мг-екв/дм}^3$. рН води зріс до 7,8, а залишкова лужність до 3 мг-екв/дм^3 . Очевидно, що це зв'язано із збільшенням вмісту в суміші іонів катіоніту КУ-2-8 в Na^+ -формі із меншою обмінною ємністю в порівнянні з катіонітом Dowex MAC-3. Крім того підлуження води сприяє гідролізу іонів заліза.

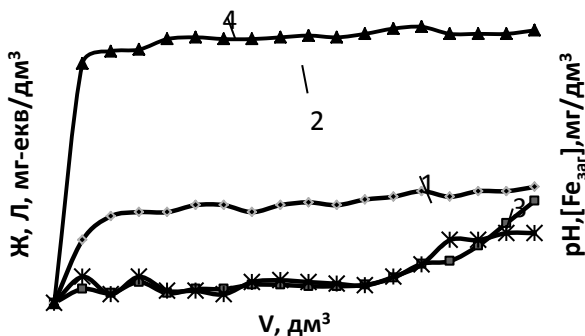


Рис.4. Залежність жорсткості (1), лужності (2), іонів заліза (3), та рН (4) від пропущеного об'єму водопровідної води ($\text{Ж}=4,8 \text{ мг-екв/дм}^3$, $\text{Л}=4,92 \text{ мг-екв/дм}^3$, $[\text{Ca}^{2+}]=3,6 \text{ мг-екв/дм}^3$, $[\text{Mg}^{2+}]=1,2 \text{ мг-екв/дм}^3$, $[\text{Fe}_{3\text{aг}}]=20 \text{ мг/дм}^3$) через суміш іонітів Dowex MAC-3 ($V_i=3 \text{ см}^3$) в H^+ -формі та КУ-2-8 ($V_i=7 \text{ см}^3$) в Na^+ -формі ($\text{ПОД}\epsilon_1=2662 \text{ мг-екв/дм}^3$, $\text{ПОД}\epsilon_{\text{Fe}}=409,8 \text{ мг-екв/дм}^3$)

У випадку присутності нітратів у воді ефективно використовувати аніоніт АВ-17-8 в Cl⁻ - формі для їх вилучення. Тому було проведено комплексне дослідження вилучення іонів жорсткості, заліза та нітратів. Для цього використовували суміш іонітів наступного складу: слабокислотний катіоніт Dowex MAC-3 (Vi=5 см³) в кислої формі, сильно кислотний катіоніт КУ-2-8 (Vi=5 см³) в Na⁺ -формі та сильноосновний аніоніт АВ-17-8 (Vi=10 см³) в Cl⁻ - формі.

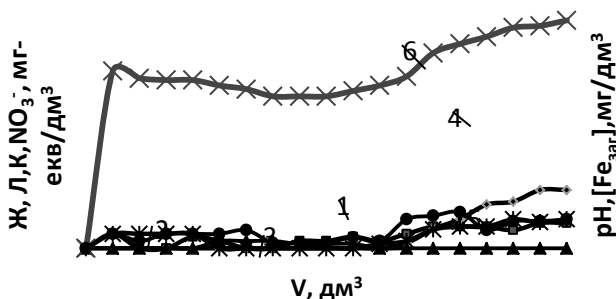


Рис.5. Залежність жорсткості (1), лужності (2), кислотності (3) води, нітратів (4), іонів заліза (5) в ній та pH (6) середовища від пропущеного об'єму водопровідної води ($J=4,0$ мг-екв/дм³, $C(Ca^{2+})=3,2$ мг-екв/дм³, $C(Mg^{2+})=0,8$ мг-екв/дм³, $L=4,0$ мг-екв/дм³, $C(Fe_{заг})=15$ мг/дм³, $C(NO_3^-)=100$ мг/дм³) через суміш іонітів Dowex MAC-3 (Vi=5 см³) в H⁺-формі, КУ-2-8 (Vi=5 см³) в Na⁺-формі та АВ-17-8 (Vi=10 см³) в Cl⁻ - формі (ПОДС₁=1652 мг-екв/дм³, ПОДС₄=1091 мг-екв/дм³, ПОДС₅=233 мг-екв/дм³)

В даному випадку суміш забезпечувала ефективне пом'якшення води та її очищення від іонів заліза та нітратів. Низьку смність по іонах жорсткості можна пояснити тим, що при даному об'ємі води не було досягнуто повного насичення катіонітів іонами жорсткості.

Висновки. Таким чином в результаті проведених досліджень було встановлено доцільність використання суміші сильнокислотного катіоніту КУ-2-8 в Na⁺ формі та слабокислотного катіоніту Dowex MAC-3 H⁺ формі для підготовки питної води. При цьому якість обробленої води залежить від об'ємного співвідношення даних іонітів. Також було вивчено процеси комплексного вилучення іонів жорсткості, заліза та нітратів за допомогою суміші сильнокислотного катіоніту КУ-2-8, слабокислотного катіоніту Dowex MAC-3 та сильно

основного аніоніту АВ-17-8. Показано, що дана суміш забезпечує ефективне очищення води.

1. Кульський Л.А. Технология очистки природных вод / Кульський Л.А., Строкач П.П. – К.: Высшая школа, 1986 – 352 с.

2. Пат. 88603 Україна, МПК В01J20/00, В01J39/00, В01J41/00. ФІЛЬТРУЮЧЕ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ /Мітченко Т.Є, Мітченко А.О., Макарова Н.В.. – № а200506507 ; Заявл. 01.07.05; Опубл. 10.11.09.

3. Пат. 82526 Україна, МПК В01J 20/22, С02F 1/42, В01D 15/02 . СУМІШ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ВОДОПІДГОТОВКИ / Гурський С. В., Жадаєв Д.Д., Іванов А.С.. – № u201306414 ; Заявл. 23.05.13; Опубл. 12.08.13.

4. Оценка эффективности использования слабокислотного катионита Dowex MAC-3 в катионном умягчении воды. / Е.В.Голтвяницкая, Т.А.Шаблей, Н.Д.Гомеля, С.С.Ставская // Вісник НТУУ «КПІ» «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження».- 2011.-№2(8)-С.87-92.

5. Застосування катіонітів для кондиціонування води в процесах її бара мембранного знесолення. / І.М.Макаренко, О.В.Глушко, В.В. Рисухін, О.М.Терещенко//Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – №3/6(63). –С.48-52.