

Корисна модель належить до методів обробки води на стадії попередньої підготовки перед знесоленням її на баромембранних фільтрах для запобігання утворенню відкладень на мембранах в процесах фільтрування води. Надійний захист мембран від осадовідкладень дозволяє підвищити ступінь відбору перміату (вихід очищеної води) та суттєво збільшити термін використання мембран.

Традиційно для обробки води щодо солевідкладень використовують різноманітні добавки – антискаланти на основі поліфосфатів та органофосфонатів [Патент США 5182028, МПК C02 F5/08, опубл. 16.01.1993]. Недоліком цих методів є те, що ефективність антискалантів знижується із підвищенням концентрації карбонату або сульфату кальцію у концентраті в процесі фільтрування води на зворотноосмотичних мембранах. В разі, коли карбонатний індекс води перевищує 70 (мг-екв/дм³)² ефективність антискалантів є досить низькою. А у морській воді при вихідній жорсткості 50 мг-екв/дм³ карбонатний індекс без концентрування солей уже перевищує 500 (мг-екв/дм³)². Тому при використанні навіть найефективніших антискалантів вихід перміату буде невисоким, при умові запобігання осадковідкладенням на мембрані.

Більш ефективними є іонообмінні методи обробки води. В ряді патентів [патент UA62070, МПК C02F 5/08, (20.06.01), опубліковано 10.08.2011, Бюлетень №5; Патент UA62072, МПК C02F 5/08 (20.06.01), опубліковано 10.08.2011, Бюлетень №15] пропонують використовувати в катіонообмінному фільтрі слабокислотний катіоніт в кислій формі. При цьому відбувається не лише пом'якшення води, але і значне зниження її лужності. Головним недоліком процесу є 2 підкислення перміату, необхідність в його нейтралізації та використання кислої регенерації катіоніту.

Найближчим за технічною суттю до корисної моделі є спосіб обробки води перед баромембранним очищенням, оснований на використанні натрійкатіонного пом'якшення [Талхі Ф. М., Макарова Н. В., Астрелін І. М., & Толстопалова Н. М. Дослідження методів попередньої підготовки води з високою жорсткістю для мембранного кондиціонування // "Наукові вісті НТУУ "КПІ", 2008, № 4, С.127-131] в якому використовують сильнокислотні катіоніти в натрій-формі. До переваг даного методу слід віднести те, що при використанні натрій-катіонного фільтрування на іонообмінному фільтрі практично повністю затримують іони кальцію та магнію, а у воду переходять в еквівалентній кількості іони натрію. При високій жорсткості води ємність фільтру вичерпується досить швидко. Тому недоліком даного методу є те, що регенерація іонообмінного фільтру проводять концентрованим розчином хлористого натрію. При цьому, на 1 г-екв ємності іоніту потрібно використовувати 2,5-3,5 г-екв хлориду натрію. Це призводить до утворення великих об'ємів засолених рідких відходів, які додаються до концентратів, що утворюють при зворотноосмотичному знесоленні води. При високій жорсткості води, яка у артезіанських водах у приморських регіонах часто перевищує 30 мг-екв/дм³, а у морських водах перевищує 50 мг-екв/дм³, об'єми відпрацьованих регенераційних розчинів перевищують об'єми концентратів, що суттєво ускладнює проблему їх утилізації. Крім того використання регенераційних розчинів вимагає затрат на реагенти та обладнання для приготування розчинів хлориду натрію.

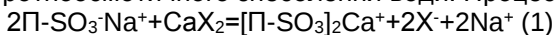
В основу корисної моделі поставлено задачу захисту мембран від солевідкладень при високому виході перміату (до 90 %) без додаткового утворення засолених рідких відходів та без використання реагентів при регенерації катіоніту, що використовують для натрійкатіонного пом'якшення води.

Поставлену задачу вирішують у способі обробки води в баромембранних процесах очищення води використовують сильнокислотні катіоніти в натрій-формі, згідно з корисною моделлю, природну воду освітлюють на механічних та ультрафільтраційних фільтрах, після чого освітлену воду пропускають через катіонообмінний фільтр, заповнений сильнокислотним катіонітом у натрій-формі, та подають пом'якшену воду на зворотноосмотичну установку, а регенерацію сильнокислотного катіоніту здійснюють концентратом, що утворюється при зворотноосмотичному знесоленні води.

Пом'якшену воду під необхідним робочим тиском подають на зворотноосмотичні фільтри. Так як жорсткість пом'якшеної води не перевищує 0,1 мг-екв/дм³, то відбір перміату може досягати 60–90 %, а ступінь відбору перміату буде залежати лише від рівня мінералізації вихідної води. Отриманий концентрат з мінералізацією 30–55 г/дм³, який містить солі натрію, направляють на регенерацію іонообмінного фільтру (переведення катіоніту в натрій-форму), а далі може використовуватись для промивки ультрафільтраційного або механічного фільтрів.

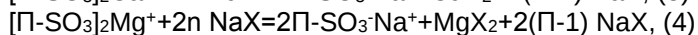
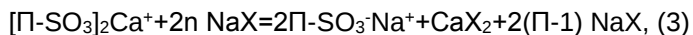
Спосіб реалізують наступним чином.

Освітлену природну воду з рівнем мінералізації 3–5 г/дм³ з жорсткістю 10–60 мг-екв/дм³ пропускають через іонообмінний фільтр, заповнений сильнокислотним катіонітом в натрій-формі. На катіоніті відбувається сорбція іонів жорсткості. Процес сорбції проводять до проскоку по іонах жорсткості до концентрації 0,1 мг екв/дм³. Після проскоку фільтр відключають на регенерацію. Катіоніт в Ca²⁺, Mg²⁺ формі після спущення регенерують концентратом, отриманим після зворотноосмотичного знесолення води. Процес сорбції проходить за схемою:



де П - фрагмент полімеру іонообмінного матеріалу, зв'язаний з функціональною групою, X⁻ - аніон типу Cl⁻; ½ SO₄²⁻; HSO₄⁻; HCO₃⁻; ½ CO₃²⁻.

Процес регенерації проходить за реакціями:



де n - надлишок солі NaX до обмінної ємності катіоніту (n=2,5 мг-екв/мг-екв).

Після регенерації фільтр використовують для подальшого пом'якшення води перед зворотносмотичною мембраною. В процесі зворотного осмосу воду знесолюють до досягнення в концентраті мінералізації 30–50 г/дм³. Дані концентрати придатні для регенерації сильнокислотного катіоніту в Ca²⁺, Mg²⁺ формі і переведенні його в Na⁺ форму.

За даних умов забезпечується ефективно пом'якшення води, захист мембран від осадовідкладень без утворення додаткових об'ємів рідких відходів – відпрацьованих регенераційних розчинів. Об'єм концентратів визначають лише ступенем відбору перміату. Приклад. Воду з артезіанської свердловини з мінералізацією 8,7 г/дм³ та жорсткістю 27 мг-екв/дм³ знесолювали на зворотносмотичному фільтрі. Об'єм води 10 дм³. Для пом'якшення воду пропускали через колонку, заповнену катіонітом КУ-2-8 в Na⁺ формі. Об'єм катіоніту 150 см³. Отримали 10 дм³ пом'якшеної води із залишковою жорсткістю 0,02 мг-екв/дм³. Воду профільтрували на зворотносмотичному фільтрі. Ступінь відбору перміату – 80 %. Мінералізація концентрату 42 г/дм³. Мінералізація перміату 57 5 мг/дм³. Ємність катіоніту по іонах жорсткості – 1800 мг-екв/дм³. Дві проби іоніту об'ємом по 50 см³ в Ca²⁺, Mg²⁺ формі регенерували отриманим регенераційним розчином та 8 %-ним розчином NaCl. Результати представлені в таблиці.

Таблиця

Залежність ступеня регенерації катіоніту КУ-2-8 в Ca²⁺, Mg²⁺ формі (Vi=50 см³, ОДС (Ca²⁺, Mg²⁺) = 1800 мг-екв/дм³) від витрати 8 % розчину NaCl (I) та отриманого концентрату з мінералізацією 422 г/дм³ (II)

№ п/п	Витрата розчину, см ³	Питома витрата розчину, см ³ /см ³	Жорсткість, мг-екв/дм ³		Кількість десорбованих Ca, Mg, мг-екв		Ступінь регенерації, %	
1	50	1	523,8	347,4	26,19	17,37	29,1	19,3
2	100	2	583,2	358,2	29,16	17,91	61,5	39,2
3	150	4	115,2	243,0	5,76	12,15	89,6	67,4
4	200	4	115,2	243,0	5,76	12,15	89,6	67,4
5	250	5	70,2	127,8	3,51	6,39	93,5	74,5
6	300	6	52,2	117,0	2,61	5,85	96,4	81,0
7	350	7	39,6	108,1	1,98	5,40	98,6	86,4
8	400	8	20,0	98,0	1,0	4,90	99,7	91,3
9	450	9	3,6	57,6	0,18	2,88	99,9	94,5
10	500	10	1,8	27,2	0,09	1,35	100,0	96,0
11	550	11	0,0	20,0	0,0	1,0	100,0	97,1
12	600	12	0,0	18,0	0,0	0,90	100,0	98,2

Як видно із таблиці, катіоніт ефективно регенерується 8 %-ним розчином NaCl. При питомій витраті розчину см³ на см³ іоніту (q_n = 5 см³/см³) ступінь регенерації перевищує 90 %. Високу ефективність при регенерації забезпечив і концентрат баромембранного очищення води. Через нижчу його мінералізацію в 6 порівнянні з 8 %-ним розчином хлориду натрію регенерація відбувалася дещо повільніше. Проте при питомій витраті розчину 9 см³/см³ ступінь регенерації перевищив 94 %. На 150 см³ іоніту витрата концентрату в даному випадку сягає 1350 см³, в той же час як об'єм концентрату отриманого при зворотносмотичному знесоленні 10 дм³ води сягав 2 дм³. Тому його достатньо, щоб катіоніт практично повністю перевести в Na⁺-форму.