



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 54471

(13) C2

(51) 7 C02F1/42, B01J47/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ПІДГОТОВКИ ВОДИ

1

2

(21) 99052973

(22) 28 05 1999

(24) 17 03 2003

(46) 17 03 2003, Бюл. №3, 2003 р

(72) Мамченко Олексій Володимирович, Ставицький Віктор Васильович

(73) Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського Національної академії наук України

(56) SU 1074831, C02F 1/42, 23 02 1984,

RU 2098356, C02F 1/42, B01J 47/04, 10 12 1997,

EP 0056850, C02F 1/42, B01J 47/00, 04 08 1982,
WO 9316959, C02F 1/42, B01J 47/04, 49/00,
02 09 1993,

US 4670154, C02F 1/42, B01J 49/00, 2 06 1987,

DE 4019900, C02F 1/42, 02 01 1992

(57) 1 Спосіб підготовки води, що включає обезсолення вихідної води на Н- і ОН-фільтрах, пом'якшення вихідної води на виснажених при обезсоленні Н-фільтрах, регенерацію ОН-фільтрів лугом, обробку відпрацьованих Н-фільтрів відпрацьованим регенераційним розчином ОН-фільтрів і їх регенерацію кислотою, який відрізняється тим, що як завантаження Н-фільтрів використовують

карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт і обезсолення здійснюють послідовним пропусканням вихідної води через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт, пом'якшення здійснюють послідовним або паралельним пропусканням води через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт в дві стадії: на першій стадії воду пропускають через катіоніти, виснажені при обезсоленні води, до проскакування іонів твердості через сульфокатіоніт, а на другій стадії - продовжують пропускання води через ті ж катіоніти, додатково оброблені відпрацьованим регенераційним розчином ОН-фільтрів пропусканням останнього послідовно через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт, а регенерації піддають Н-фільтри, відпрацьовані при пом'якшенні, пропусканням кислоти послідовно через сульфокатіоніт і карбоксильний катіоніт.

2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що при регенерації Н-фільтрів кислотою карбоксильний катіоніт попередньо обробляють відпрацьованим регенераційним розчином Н-фільтрів попередньої операції регенерації.

Винахід відноситься до області обробки води, зокрема, до іонообмінної технології обезсолення, пом'якшення води з одночасним зниженням її лужності і може бути використаний в енергетиці для одержання високоякісної кондиційованої води, придатної для використання як теплоносія.

Відомий спосіб одержання глибоко пом'якшеної води /СНІП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР - М. Стройиздат, 1985 - 136 с./ [1]. Згідно способу [1] вода обробляється послідовно в двох іонообмінних фільтрах. Перший фільтр вміщує карбоксильний катіоніт, що регенерується кислотою, а другий - вміщує сульфокатіоніт, що регенерується розчином хлориду натрія. Залишкова твердість обробленої води складає 0,01 мг-екв/дм³, лужність - 0,7 - 1,5 мг-екв/дм³, питомі витрати кислоти - 1 екв/екв видаляємих катіонів тимчасової твердості, питомі витрати хлориду натрія - не менше 100 г/екв видаляємих іонів постійної твердості, робоча ємкість

карбоксильного катіоніту - 500 - 600 мг-екв/дм³, робоча ємкість сульфокатіоніту - не більше 1350 мг-екв/дм³.

Недоліками способу [1] являються високі питомі витрати реагентів, низька робоча ємкість карбоксильного катіоніту, великі скиди водорозчинних солей, низька продуктивність процесу.

Відомий спосіб одержання обезсоленої води /Прохорова А.М., Алексеева Т.В. О перспективе применения отечественных карбоксильных катионитов при ступенчато-противоточном катионировании воды // Теплоэнергетика - 1976 - № 9 - С. 83 - 85 / [2]. Згідно способу [2] обезсолення води здійснюється Н-ОН існуванням, причому на Н-фільтрах вода обробляється шляхом послідовного фільтрування через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт. Регенерацію катіонітів здійснюють близькою до стехіометрії (1 екв/екв поглинутих катіонів) кількістю кислоти. Середня робоча ємкість карбоксильного і сульфокатіоніту складає біля 600 мг-

(13) C2

(11) 54471

(19) UA

екв/дм³ Спосіб афективний при значній відносній лужності води, що підлягає Н-іонуванню стехіометричні витрати сірчаної кислоти на регенерацію катіонітів досягаються, якщо відношення лужності до суми аніонів кислот в вихідній воді складає не менше 0,75

Недоліками способу [2] являються вузька область його ефективного використання і низька робоча ємкість катіонітів

Найбільш близьким до винаходу за технічною суттю і досягнутим результатом являється спосіб підготовки обезсоленої та пом'якшеної води /А с № 1791392 А1 SU МКІ⁵ С 02 F 1/42 Спосіб бессточной подготовки воды // В В Ставицкий, М Н Кобзаренко - Опубл 30 01 93 Бюл № 4/ [3] Згідно відомому способу [3] вихідна вода піддається реагентному пом'якшенню для одержання води з відсутньою постійною твердістю з послідовним обезсоленням на Н- і ОН-фільтрах. Після виснаження при обезсоленні (при проскоку іонів натрію в фільтрат) Н-фільтри використовуються для одержання пом'якшеної води. Для цього реагентно пом'якшену вихідну воду фільтрують через відпрацьовані при обезсоленні води Н-фільтри. Пом'якшення води на Н-фільтрах закінчують при досягненні гранично допустимої твердості фільтрату, яка визначається вимогами користувача води, після чого фільтри регенерують. ОН-фільтри регенерують лугом і нейтральну частину одержаного відпрацьованого регенераційного розчину разом з м'якими стоками попередньої операції регенерації Н-фільтра використовують для попередньої обробки останнього. Н-фільтри регенерують у дві стадії: шляхом попередньої обробки сумішшю м'яких стоків Н- і ОН- фільтрів, а потім стехіометричною кількістю сірчаної кислоти. Після першої стадії регенерації одержують тверді стоки, а після другої - м'які (що містять солі натрія) стоки, котрі змішують з нейтральною частиною стічних вод ОН-фільтрів і використовують для попередньої обробки Н-фільтра в слідуючій операції його регенерації.

Згідно відомому способу [3] на Н- і ОН- фільтрах обробляють воду в якій відсутня постійна твердість (є тільки тимчасова твердість), що дозволяє одержувати як обезсолену, так і пом'якшену воду з використанням одних і тих же Н-фільтрів при стехіометричних витратах сірчаної кислоти на регенерацію останніх.

В описі відомого способу [3] відсутні дані про якість обезсоленої води що одержується, лужність пом'якшеної води, робочу ємкість катіоніта, а також про ефективність використання способу в разі обробки на Н- і ОН- фільтрах води з постійною твердістю. Для визначення показників якості обезсоленої і пом'якшеної води, робочої ємкості катіоніта нами була реалізована відома технологія підготовки води [3]. Знайдено, що при обезсоленні і пом'якшенні вихідної води тільки з тимчасовою твердістю складу, мг-екв/дм³ твердість - 0,8, лужність - 0,8, аніони сильних кислот - 2, іони натрію - 2 (таблиця, приклад 4) згідно відомому способу [3] вміст іонів натрію в обезсоленій воді складає 0,32мг-екв/дм³. Лужність пом'якшеної води дорівнювала 0,74мг-екв/дм³. Робоча ємкість катіоніта складала 680мг-екв/дм³ (таблиця, приклад 4).

Аналогічні результати одержані при підготовці згідно відомому способу [3] води як з тимчасовою, так і постійною твердістю вміст іонів натрію в обезсоленій воді склав 0,32мг-екв/дм³, лужність води зменшилась від 0,8 до 0,62мг-екв/дм³, а робоча ємкість катіоніта склала 650мг-екв/дм³ (таблиця, приклад 6).

У відомому способі [3] стехіометричні витрати сірчаної кислоти на регенерацію Н-фільтрів (1 екв/екв поглинутих іонів) досягаються шляхом регенерації катіоніта сірчаною кислотою з натрієвої форми, в яку катіоніт переводиться шляхом попередньої обробки м'якими стоками. Такий прийом, як відомо, дозволяє при стехіометричних витратах сірчаної кислоти десорбувати з катіоніта не більше 700мг-екв/дм³ іонів натрію, що відповідає переводу катіоніта в Н-форму на $(700 / 1700) \cdot 100 = 41\%$ /Г К Фейзиєв Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды - М Энергоатомиздат, 1988 (рис 5.1 а, -100с) / [4]. Такому значенню коефіцієнта ефективності регенерації відповідають концентрації іонів натрія в Н-іонованій, і відповідно, в обезсоленій воді що дорівнюють 1,4, 2,8, 5,6мг-екв/дм³ при вмісту аніонів сильних кислот у вихідній воді відповідно 2,5, 5 і 10мг-екв/дм³ [4, таблиця 5.2], що узгоджується з нашими даними про низьку якість обезсоленої за способом [3] води внаслідок високого вмісту іонів натрію.

Таким чином, недоліками відомого способу [3] являються низька якість обезсоленої і пом'якшеної води, що зумовлено значним вмістом іонів натрію в обезсоленій воді, близьким до лужності вихідної води значенням лужності пом'якшеної води, а також низька робоча ємкість катіоніта.

З вищевикладеного витікає, що проблема покращення якості води, яка використовується як теплоносії, за рахунок зниження вмісту іонів натрію в обезсоленій воді, зниження значення лужності пом'якшеної води, збільшення робочої ємкості катіоніта при стехіометричних витратах кислоти на регенерацію катіоніта актуальна і важлива.

Дійсно, наприклад, вміст іонів натрію в обезсоленій воді, призначеній для підживлення котлів тиском 13,8МПа не повинен перевищувати 100мг/дм³ (0,0043мг-екв/дм³) / Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей - М Энергоатомиздат, 1989 - 152с / [5]. Для котлів тиском 3,9МПа з барабанами, що мають заклепкове сполучення, відносна лужність пом'якшеної води не повинна перевищувати 20% [5, -149с]. При одержанні пом'якшеної води згідно відомому способу відносна лужність складає 24 - 27% (таблиця, приклади 4,6).

В основу винаходу покладена задача розробити такий спосіб підготовки води, який забезпечив би дякуючи використанню комплексу іонообмінних матеріалів і технологічних операцій досягнення технічного результату - підвищення якості обезсоленої води (за рахунок зменшення вмісту іонів натрію) і глибоко пом'якшеної води (за рахунок зниження значення її лужності), збільшення робочої ємкості катіоніта при стехіометричних питомих витратах кислоти.

Для вирішення поставленого завдання пропонується спосіб підготовки води, що включає обез-

солення вихідної води на Н- і ОН- фільтрах, пом'якшення вихідної води на виснажених при обезсоленні Н-фільтрах, регенерацію ОН-фільтрів лугом, обробку відпрацьованих Н-фільтрів відпрацьованим регенераційним розчином ОН-фільтрів і їх регенерацію кислотою, в якому, згідно з винаходом, в якості заправки Н-фільтрів використовують карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт і обезсолення здійснюють послідовним пропусканням вихідної води через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт, пом'якшення здійснюють послідовним або паралельним пропусканням води через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт в дві стадії на першій стадії воду пропускають через катіоніти, виснажені при обезсоленні води, до проскоку іонів твердості через сульфокатіоніт, а на другій стадії - продовжують пропускання води через ті ж катіоніти, додатково оброблені відпрацьованим регенераційним розчином ОН-фільтрів пропусканням останнього послідовно через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт, а регенерації піддають Н-фільтри, відпрацьовані при пом'якшенні, пропусканням кислоти послідовно через сульфокатіоніт і карбоксильний катіоніт, при цьому при регенерації Н-фільтрів кислотою карбоксильний катіоніт попередньо обробляють відпрацьованим регенераційним розчином Н-фільтрів попередньої операції регенерації.

Нами встановлено, що послідовне фільтрування води через карбоксильний, а потім сульфокатіоніт на стадії обезсолення, пом'якшення води послідовним або паралельним пропусканням через карбоксильний і сульфокатіоніт в дві стадії на першій стадії - через катіоніти, виснажені при обезсоленні води, до проскоку іонів твердості через сульфокатіоніт, а на другій стадії - пропусканням води через ті ж катіоніти, додатково оброблені відпрацьованим регенераційним розчином ОН-фільтрів пропусканням останнього послідовно через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт, а також регенерація Н-фільтрів, відпрацьованих при пом'якшенні води, кислотою шляхом послідовного пропускання через сульфокатіоніт і карбоксильний катіоніт забезпечують одержання обезсоленої води з низьким ($0,004 \text{ мг-екв/дм}^3$) вмістом іонів натрію, і глибоко пом'якшеної води (твердість $0,01 \text{ мг-екв/дм}^3$) з низькою ($0,34 - 0,4 \text{ мг-екв/дм}^3$) лужністю і відповідній нормативам [5] величиною відносно лужності пом'якшеної води (14 - 17%) при менших ніж стехіометричні витратах кислоти на регенерацію катіонітів ($0,84 - 0,96 \text{ екв/екв}$), високій робочій ємкості катіонітів ($1670 - 1800 \text{ мг-екв/дм}^3$) (таблиця, приклади 1,2,5).

Додатковий позитивний ефект (підвищення робочої ємкості катіонітів в Н-фільтрі до 2320 мг-екв/дм^3) в запропонованому способі досягається за рахунок використання кислих відпрацьованих регенераційних розчинів Н-фільтрів попередньої операції регенерації для попередньої обробки карбоксильного катіоніта при регенерації Н-фільтра кислотою (таблиця, приклад 3).

Одержаний результат являється несподіваним, так як відомо, що на відміну від сульфокатіоніта карбоксильний іоніт при обезсоленні води здатний поглинати тільки частину катіонів, зв'язаних з аніонами вуглекислоти, тоді як сульфо-

катіоніт може поглинати всі катіони (зв'язані як з аніонами сильних кислот, так і вуглекислоти) [1,2]. Виходячи з цього неможливо було очікувати, що використання поряд з сульфокатіонітом на стадії обезсолення води карбоксильного іоніта може привести до зменшення вмісту іонів натрію в обезсоленій воді.

Відомо, що лужність води, обробленої відрегенерованим при стехіометричних витратах сірчаної кислоти карбоксильним катіонітом, складає $0,7 - 1,5 \text{ мг-екв/дм}^3$, а її твердість - на $0,7 - 1,5 \text{ мг-екв/дм}^3$ перевищує постійну твердість вихідної води [1]. Робоча ємкість карбоксильного катіоніта при стехіометричних витратах кислоти на регенерацію при пом'якшенні води складає $500 - 600 \text{ мг-екв/дм}^3$ [1]. При обезсоленні води шляхом послідовного її фільтрування через карбоксильний, а потім сульфокатіоніт робоча ємкість катіонітів складає $508 - 615 \text{ мг-екв/дм}^3$ [2]. Обробка карбоксильного катіоніта лужним розчином приводить до зниження твердості обробленої води, але супроводжується підвищенням рН, і відповідно, лужності пом'якшеної води // Патент №4083782 США МКИ С О2 В 1/76 Спосіб кондиціонування води // R Kunin- Опубл. 11 04 78/ [8]. Тому, за рахунок використання на стадії пом'якшення води поряд з сульфокатіонітом карбоксильного іоніта при обробці катіонітів лужними стічними водами ОН-фільтрів, неможливо було очікувати зменшення величини лужності води, обробленої за запропонованим способом, у порівнянні з тим же показником для відомого способу [3] і підвищення робочої ємкості катіонітів (таблиця, приклади 1 - 6).

Таким чином, одержання обезсоленої води з низьким вмістом іонів натрію і глибоко пом'якшеної води з низьким значенням лужності при підвищенні робочої ємкості катіоніта при менших ніж стехіометричні питомих витратах кислоти за запропонованим способом не являється наслідком використання відомих прийомів, а гарантується всією сукупністю суттєвих ознак.

Таким чином, сукупність суттєвих ознак являється необхідною і достатньою для досягнення забезпечуваного винаходом технічного результату - підвищення якості обезсоленої води (за рахунок зменшення вмісту іонів натрію до $0,004 \text{ мг-екв/дм}^3$ (95 мкг/дм^3)) і глибоко пом'якшеної води (за рахунок зниження значення її лужності до $0,34 - 0,4 \text{ мг-екв/дм}^3$) при збільшенні робочої ємкості катіоніта до $1670 - 2320 \text{ мг-екв/дм}^3$ при менших ніж стехіометричні питомих витратах кислоти ($0,84 - 0,96 \text{ екв/екв}$) на регенерацію катіонітів.

Реалізацію способу ілюструє схема на кресленні (фіг.)

Вихідну воду (в якості вихідної води може використовуватись як вода тільки з тимчасовою твердістю (таблиця, приклади 1-3), так і вода з постійною твердістю (таблиця, приклад 5)) послідовно фільтрують через карбоксильний катіоніт, сульфокатіоніт і аніоніт, завантажені відповідно у іонообмінні апарати 1,2,3. В результаті одержують обезсолену воду з вмістом іонів натрію на рівні потрібних показників (у прикладах конкретного виконання - не більше $0,004 \text{ мг-екв/дм}^3$, що еквівалентно 4 мкг-екв/дм^3). Після досягнення заданої гранично допустимої концентрації іонів натрію в

обезсоленій воді апарат 3, завантажений аніоні- том, відключають, а пропускання вихідної води через катіоніти в апаратах 1 і 2 продовжують з метою одержання пом'якшеної води. Пом'якшену воду одержують послідовним фільтруванням вихідної води через карбоксильний катіоніт в апараті 1, а потім через сульфокатіоніт в апараті 2 або шляхом розділення вихідної води на два потоки, один з яких (потік В) пропускають через карбоксильний катіоніт, а другий (потік С) - через сульфокатіоніт паралельно з послідовним поєднанням і одержанням пом'якшеної води. Після досягнення в пом'якшеній сульфокатіонітом води гранично допустимої твердості, пропускання вихідної води через апарати 1,2 припиняють, а аніоніт в апараті 3 регенерують розчином луку (гідроксида натрію) з метою десорбції аніонів. Залишки луку з аніоніта відмивають обезсоленою водою. В результаті одержують відпрацьований регенераційний розчин ОН-фільтра (потік А), який пропускають спочатку через карбоксильний катіоніт, а потім через сульфокатіоніт. Після пропускання відпрацьованого регенераційного розчину ОН-фільтра катіоніти відмивають водою. Потім вихідну воду одним із зазначених вище способів продовжують пропускати через апарати 1,2, завантажені катіонітами, з метою одержання пом'якшеної води.

В результаті одержують пом'якшену воду з якістю на рівні потрібних показників (у прикладах 1-3,5 твердість - не більше 0,01 мг-екв/дм³, лужність - 0,34 - 0,4 мг-екв/дм³).

Після досягнення в пом'якшеній воді величини гранично допустимої твердості катіоніти регенерують розчином кислоти. Для цього розчин кислоти пропускають спочатку через сульфокатіоніт, а потім через карбоксильний катіоніт (через апарат 2, а потім 1).

Додаткове підвищення робочої ємкості катіонітів в Н-фільтрі при менших, ніж стехіометричні, витратах кислоти на їх регенерацію досягається за рахунок попередньої обробки карбоксильного катіоніта кислим відпрацьованим регенераційним розчином Н-фільтра попередньої операції регенерації (таблиця, приклад 3). Для цього через карбоксильний катіоніт пропускають відпрацьований регенераційний розчин Н-фільтра попередньої операції регенерації (потік D), а потім катіоніти регенерують кислотою в описаному вище порядку. Кислий відпрацьований розчин збирають у ємкості 4 і використовують для попередньої обробки карбоксильного катіоніта при слідуючій регенерації Н-фільтра кислотою. Після пропускання розчину кислоти катіоніти в тій же послідовності відмивають обезсоленою водою. Відрегенеровані іони використовують в слідуючому циклі обезсолення і пом'якшення води.

Твердість і лужність води визначають за загальноприйнятими методиками/Справочник химика-энергетика. Под общей редакцией С.М. Гурвича - М. Энергия - 1972 т.1 -С.391-397 / -[7], а вміст іонів натрія - за допомогою пламеневого фотометра.

Приклади реалізації запропонованого способу
Приклад 1

Вихідну воду складу, мг-екв/дм³ твердість - 0,8, лужність - 0,8, аніони сильних кислот - 2, іони

натрію - 2 послідовно пропускають через три колонки (Н- і ОН-фільтри), відрегенеровані після попереднього циклу підготовки води. Колонки містять перша (колонка 1) - 60см³ карбоксильного катіоніта Lewatit CNP 80, друга (колонка 2) - 50см³ сульфокатіоніта КУ 2-8, третя (колонка 3) - 47см³ аніоніта АН-31. В обезсоленій воді вимірюють вміст іонів натрію. При досягненні гранично допустимої величини концентрації іонів натрію (0,004мг-екв/дм³, що еквівалентно 4мг-екв/дм³) обезсолення води припиняють. В результаті одержано 18,5дм³ обезсоленої води з вмістом іонів натрію 0,004мг-екв/дм³ (4мг-екв/дм³).

Через виснажені при обезсоленні води катіоніти пропускають вихідну воду з метою одержання пом'якшеної води. Для цього вихідну воду послідовно пропускають через колонку 1, а потім через колонку 2. В пом'якшеній воді контролюють величину твердості. Пропускання води через колонки 1 і 2 припиняють при досягненні заданого гранично допустимого значення твердості фільтрата (0,01мг-екв/дм³).

Потім ОН-фільтр (колонку 3) регенерують розчиненими в 0,1дм³ обезсоленої води 75мг-екв гідроксида натрію (ГОСТ 4328-77) і відмивають 1дм³ обезсоленої води. Загальні витрати обезсоленої води на регенерацію аніоніта склали 1,1дм³. Одержують відпрацьований регенераційний розчин об'ємом 1,1дм³ (потік А).

Через колонки 1 і 2 послідовно пропускають відпрацьований регенераційний розчин колонки 3 об'ємом 1,1дм³ (потік А). Потім колонки 1 і 2 в тому ж порядку відмивають 1дм³ вихідної води.

Через оброблені відпрацьованим регенераційним розчином ОН-фільтра і відмиті вихідною водою колонки 1 і 2 продовжують послідовно пропускати вихідну воду з метою одержання пом'якшеної води. В пом'якшеній воді контролюють величину твердості. Пропускання води через колонки 1 і 2 завершують при досягненні заданого гранично допустимого значення твердості фільтрата (0,01мг-екв/дм³).

За фільтроцикл одержано 235дм³ пом'якшеної води з слідуючими показниками: твердість - 0,01 мг-екв/дм³, лужність - 0,39мг-екв/дм³. Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює $[0,39/(0,39+2)] \cdot 100 = 16\%$.

Н-фільтр регенерують шляхом пропускання розчину, який містить 187мг-екв сірчаної кислоти (ГОСТ 4207-77) спочатку через колонку 2 з сульфокатіонітом, а потім через колонку 1 з карбоксильним іонітом. Після пропускання розчину кислоти катіоніти в тій же послідовності відмивають обезсоленою водою. На приготування розчину сірчаної кислоти і відмивку катіонітів витрачено 1,6дм³ обезсоленої води. Відрегенеровані Н- і ОН-фільтри використовують для підготовки води в слідуючому циклі ідентично описаному прикладу.

В результаті за робочий цикл одержано (включаючи витрати на регенерацію Н- і ОН-фільтрів) обезсоленої води - 15,8дм³, пом'якшеної води - 235дм³, всього - 250,8дм³. Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає $250,87/(0,05+0,060+0,047) = 1600$. Витрати сірчаної кислоти на видалення 1екв іонів твердості складають $187/[(0,8-0,01) \cdot 250,8] = 0,95$, тобто менші за

стехіометричні Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює $(0,8-0,01) \cdot 250,8 / (0,06 + 0,05) = 1800 \text{ мг-екв/дм}^3$ загрузки Н-фільтра (колонок 1 і 2) (таблиця, приклад 1)

Ідентично описаному вище прикладу проведення наступного циклу підготовки води В результаті одержані наступні показники запропонованого способу Одержано води, дм^3 обезсоленої - 15,9, пом'якшеної - 236 дм^3 Всього - 251,9 дм^3 Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає $251,9 / (0,05 + 0,06 + 0,047) = 1800$ Вміст іонів натрію в обезсоленій воді - 0,004 мг-екв/дм^3 (4 мг-екв/дм^3) Показники якості пом'якшеної води твердість - 0,01 мг-екв/дм^3 , лужність - 0,4 мг-екв/дм^3 Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює $[0,4 / (0,4 + 2)] \cdot 100 = 17\%$ Витрати сірчаної кислоти на видалення 1 екв іонів твердості склали $187 / [(0,8 - 0,01) \cdot 251,9] = 0,94$, тобто менші за стехіометричні Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює $(0,8 - 0,01) \cdot 251,9 / (0,06 + 0,05) = 1800 \text{ мг-екв/дм}^3$

Приклад 2

Обробку тієї ж вихідної води та іонітів здійснюють ідентично прикладу 1 за винятком етапу одержання пом'якшеної води, де вихідну воду обробляють шляхом пропускання через карбоксильний і сульфокатіоніт не послідовно, а паралельними потоками Для одержання пом'якшеної води вихідну воду поділяють на два потоки В і С Потім В пропускають через колонку 1 з карбоксильним катіонітом, а потім С - через колонку 2 з сульфокатіонітом паралельно після чого потоки В і С змішують і одержують пом'якшену воду

В результаті за робочий цикл одержано (включаючи витрати на регенерацію Н- і ОН-фільтрів) обезсоленої води - 15,7 дм^3 , пом'якшеної води - 230 дм^3 , всього - 245,7 дм^3 Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає $245,7 / (0,05 + 0,06 + 0,047) = 1570$ Вміст іонів натрію в обезсоленій воді дорівнює 4 мг-екв/дм^3 Твердість пом'якшеної води дорівнює 0,01 мг-екв/дм^3 Лужність пом'якшеної води дорівнює 0,38 мг-екв/дм^3 Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює $[0,38 / (0,38 + 2)] \cdot 100 = 16\%$ Витрачено 187 мг-екв сірчаної кислоти Витрати сірчаної кислоти на видалення 1 екв іонів твердості складають $187 / [(0,8 - 0,01) \cdot 245,7] = 0,96$, тобто менші за стехіометричні Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює $(0,8 - 0,01) \cdot 245,7 / (0,06 + 0,05) = 1770 \text{ мг-екв/дм}^3$ загрузки Н-фільтра (колонок 1 і 2) (таблиця, приклад 2)

Приклад 3

Обробку тієї ж вихідної води та іонітів здійснюють ідентично прикладу 1 за винятком етапу регенерації відпрацьованих при пом'якшенні води катіонітів кислотою Після завершення одержання пом'якшеної води карбоксильний катіоніт у колонці 1 обробляють 1,6 дм^3 відпрацьованого регенераційного розчину попередньої регенерації Н-фільтра, що містить 131 мг-екв сірчаної кислоти Потім Н-фільтр регенерують шляхом пропускання розчину, який містить 233 мг-екв сірчаної кислоти (ГОСТ 4207-77), спочатку через колонку 2 з сульфокатіонітом, а потім через колонку 1 з карбоксильним іонітом Після пропускання розчину кислоти катіоніти в тій же послідовності відмивають обез-

соленою водою В результаті одержують 1,6 дм^3 відпрацьованого розчину що містить 132 мг-екв сірчаної кислоти, який використовують для обробки карбоксильного катіоніта в наступній операції регенерації Н-фільтра кислотою На приготування розчину сірчаної кислоти і відмивку катіонітів витрачено 1,6 дм^3 обезсоленої води Отрегенеровані Н- і ОН-фільтри використовують для підготовки води в наступному циклі ідентично описаному прикладу

В результаті за робочий цикл одержано (включаючи витрати на регенерацію Н- і ОН-фільтрів) обезсоленої води - 15,5 дм^3 , пом'якшеної води - 306 дм^3 , всього - 321,5 дм^3 Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає $321,5 / (0,05 + 0,06 + 0,047) = 2050$ Вміст іонів натрію в обезсоленій воді дорівнює 4 мг-екв/дм^3 Твердість пом'якшеної води дорівнює 0,01 мг-екв/дм^3 Лужність пом'якшеної води дорівнює 0,34 мг-екв/дм^3 Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює $[0,34 / (0,34 + 2)] \cdot 100 = 14\%$ Витрачено 232 мг-екв сірчаної кислоти Витрати сірчаної кислоти на видалення 1 екв іонів твердості складають $232 / [(0,8 - 0,01) \cdot 321,5] = 0,91$, тобто менші за стехіометричні Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює $(0,8 - 0,01) \cdot 321,5 / (0,06 + 0,05) = 2320 \text{ мг-екв/дм}^3$ загрузки Н-фільтра (колонок 1 і 2) (таблиця, приклад 3)

При підготовці тієї ж вихідної води згідно відомому способу [3] одержані наступні результати Одержано води, дм^3 обезсоленої - 12,9, пом'якшеної - 30 Всього - 42,9 дм^3 Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає $42,9 / (0,05 + 0,03) = 535$

Вміст іонів натрію в обезсоленій воді - 0,32 мг-екв/дм^3 Показники якості пом'якшеної води твердість - 0,01 мг-екв/дм^3 , лужність - 0,74 мг-екв/дм^3 Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює $[0,74 / (0,74 + 2)] \cdot 100 = 27\%$

Витрачено, мг-екв сірчаної кислоти - 35 Витрати сірчаної кислоти на видалення 1 екв іонів твердості складають $35 / [(0,8 - 0,01) \cdot 42,9] = 1,03$ Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює $(0,8 - 0,01) \cdot 42,9 / 0,05 = 680 \text{ мг-екв/дм}^3$ (таблиця, приклад 4)

З метою встановлення порівняльної ефективності використання запропонованого і відомого [3] способів для одержання обезсоленої і пом'якшеної води з вихідної води з постійною твердістю (складу, мг-екв/дм^3 твердість - 1,8, лужність - 0,8, аніони сильних кислот - 2, іони натрію - 1) проведені дослідні ідентичні описаним вище прикладам Результати наведені в таблиці (приклади 5 і 6)

Переваги запропонованого способу у порівнянні з відомим [3] підтверджуються прикладами їх реалізації (таблиця, приклади 1-6) Використання запропонованого способу дозволяє покращити якість як знесоленої води, так і пом'якшеної води обезсоленої - за рахунок зменшення вмісту іонів натрію з 320 до 4 мг-екв/дм^3 (у 80 разів), пом'якшеної - за рахунок зниження лужності від 0,62 - 0,74 до 0,34 - 0,4 мг-екв/дм^3 в результаті чого пом'якшена вода приводиться у відповідність з вимогами [5] до води, призначеної для використання як для підживлення тепломереж, так і парових котлів низького тиску При цьому досягається глибоке

