



(19) **UA** (11) **54 471** (13) **C2**  
(51)МПК<sup>7</sup> **C 02F 1/42, B 01J 47/00**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ

(21), (22) Заявка: 99052973, 28.05.1999

(24) Дата начала действия патента: 17.03.2003

(46) Дата публикации: 15.03.2003

(72) Изобретатель:

Мамченко Алексей Владимирович, UA,  
Ставицкий Виктор Васильевич, UA

(73) Патентовладелец:

Институт коллоидной химии и химии воды им.  
А.В. Думанского Национальной академии наук  
Украины, UA

(54) СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области обработки воды, в частности к ионообменной технологии обессоливания, умягчения воды с одновременным снижением ее щелочности и может быть использовано в энергетике для получения высококачественной кондиционированной воды, пригодной для использования в качестве теплоносителя. Для осуществления способа исходную воду обессоливают обработкой на Н-фильтрах путем последовательного пропускания через карбоксильный катионит и сульфокатионит, а затем на ОН-фильтрах. Умягчение осуществляют последовательным или параллельным пропусканием воды через карбоксильный катионит и сульфокатионит в две стадии: на первой стадии воду пропускают через катиониты, истощенные при обессоливании воды, к проскакиванию ионов твердости через сульфокатионит, а на второй стадии - продолжают пропускание воды через те же катиониты, дополнительно обработанные отработанным

регенерационным раствором ОН-фильтров пропусканием последнего последовательно через карбоксильный катионит и сульфокатионит. Отработанные при умягчении воды Н-фильтры регенерируют раствором кислоты путем пропускания регенерационного раствора сначала через сульфокатионит, а затем через карбоксильный катионит. Реализация способа позволяет в 80 раз уменьшить содержание ионов натрия в обессоленной воде, снизить щелочность умягченной воды до значений 0,34-0,4 мг-экв/дм<sup>3</sup>. При этом рабочая емкость катионитов повышается в 2,6-3,4 раза, что приводит к увеличению суммарной выработки обессоленной и умягченной воды в 2,6-3,8 раза.

Официальный бюллетень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2003, N 3, 15.03.2003. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.

У А 5 4 4 7 1 C 2

У А 5 4 4 7 1 C 2



(19) **UA** (11) **54 471** (13) **C2**  
 (51) Int. Cl.<sup>7</sup> **C 02F 1/42, B 01J 47/00**

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF  
 UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL  
 PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: 99052973, 28.05.1999  
 (24) Effective date for property rights: 17.03.2003  
 (46) Publication date: 15.03.2003

(72) Inventor:  
**Mamchenko Oleksii Volodymyrovych, UA,**  
**Stavystkyi Viktor Vasyliovych, UA**  
 (73) Proprietor:  
**A.V.Dumanskyi Institute of Colloid Chemistry**  
**and Chemistry of Water of the National**  
**Academy of Sciences of Ukraine, UA**

(54) **A PROCESS FOR WATER PREPARATION**

(57) Abstract:

The invention relates to the field of water processing, particularly to an ion exchange technology of desalting, water softening with a simultaneous reduction of alkalinity thereof and may be used in power engineering to obtain a conditioned water of a high quality suitable to be used as a heat carrier. The original water is desalted processing thereof on H-filters successively passing thereof through the carboxyl cation exchanger and sulfocation exchanger, and thereafter on the OH-filters. The softening is carried out by a successive of parallel passing the water through the carboxyl carbon exchanger and sulfocation exchanger in two stages: at the first stage the water is passed through the carboxyl cation exchangers exhausted while water desalting, to the hardness ions overshoot through the sulfocation exchanger, and at the second stage – the passing water through the same cation exchangers, additionally processed by the exhausted regenerated solution of OH-filters,

passing the latter successively through the carboxyl cation exchanger and sulfocation exchanger. The H-filters exhausted while water softening are regenerated by acid solution by passing the regeneration solution at first through the sulfocation exchanger, and thereafter through the carboxyl cation exchanger. The realization of the process allows to reduce to 80 times the sodium ions content in the desalted water, stabilize and reduce softened water alkalinity to the values of 0.34-0.4 mg-eq/dm<sup>3</sup>. At that operation capacity of cation exchangers increase by 2.6-3.4 times more, thus causing an increase by 2.6-3.8 times more of the total manufacture of desalted and softened water .

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2003, N 3, 15.03.2003. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

U A 5 4 4 7 1 C 2

U A 5 4 4 7 1 C 2



(19) **UA** <sup>(11)</sup> **54 471** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51)МПК <sup>7</sup> **C 02F 1/42, B 01J 47/00**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВІНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:  
99052973, 28.05.1999

(24) Дата набуття чинності: 17.03.2003

(46) Публікація відомостей про видачу патенту  
(деклараційного патенту): 15.03.2003

(72) Винахідник(и):

Мамченко Олексій Володимирович, UA,  
Ставицький Віктор Васильович, UA

(73) Власник(и):

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім.  
А.В. Думанського Національної академії наук  
України, UA

(54) СПОСІБ ПІДГОТОВКИ ВОДИ

(57) Реферат:

Винахід відноситься до галузі 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 теплоносії. Для здійснення способу вихідну воду обезсолюють обробкою на Н-фільтрах шляхом послідовного пропускання через карбоксильний катіоніт і сульфокатіоніт, а потім на ОН-фільтрах. 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 просакування 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. Відпрацьовані при пом'якшенні води Н-фільтри регенерують розчином кислоти шляхом пропускання регенераційного розчину спочатку через сульфокатіоніт, а потім через карбоксильний катіоніт. Реалізація способу дозволяє у 80 раз зменшити вміст іонів натрію в обезсоленій воді, знизити лужність пом'якшеної води до значень 0,34-0,4 мг-екв/дм<sup>3</sup>. При цьому робоча ємкість катіонітів підвищується в 2,6-3,4 рази, що приводить до збільшення сумарної виробки обезсоленої і пом'якшеної води у 2,6-3,8 рази.

U A 5 4 4 7 1 C 2

U A 5 4 4 7 1 C 2

## Опис винаходу

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 /СНП 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 0,01мг-екв/дм<sup>3</sup>, лужність - 0,7 - 1,5мг-екв/дм<sup>3</sup>, питомі витрати кислоти - 1екв/екв видалених катіонів тимчасової твердості, питомі витрати хлориду натрія - не менше 100г/екв видалених іонів постійної твердості, робоча ємкість карбоксильного катіоніту - 500 - 600мг-екв/дм<sup>3</sup>, робоча ємкість сульфокатіоніту - не більше 1350мг-екв/дм<sup>3</sup>.

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 (1екв/екв поглинутих катіонів) кількістю кислоти. Середня робоча ємкість карбоксильного и сульфокатіоніту складає біля 600мг-екв/дм<sup>3</sup>. 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 способа [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 МКІ<sup>5</sup> С 02 F 1/42 Способ 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 послідуєчим обезсоленням на Н- і ОН-фільтрах. Після виснаження при обезсоленні (при проскоку іонів натрія 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 слідуєчій 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 способа [3] відсутні дані про якість обезсоленої води що одержується, лужність пом'якшеної води, робочу ємкість катіоніта, а також про ефективність використання способа 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/дм<sup>3</sup>: твердість - 0,8; лужність - 0,8; аніони сильних кислот - 2; іони натрія - 2 (таблиця, приклад 4) згідно відомому способу [3] вміст іонів натрія в обезсоленій воді складає 0,32мг-екв/дм<sup>3</sup>. Лужність пом'якшеної води дорівнювала 0,74мг-екв/дм<sup>3</sup>. Робоча ємкість катіоніта складала 680мг-екв/дм<sup>3</sup>. (таблиця, приклад 4). Аналогічні результати одержані при підготовці згідно відомому способу [3] води як з тимчасовою, так і постійною твердістю: вміст іонів натрія в обезсоленій воді склав 0,32мг-екв/дм<sup>3</sup>, лужність води зменшилась від 0,8 до 0,62мг-екв/дм<sup>3</sup>, а робоча ємкість катіоніта склала 650мг-екв/дм<sup>3</sup> (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/дм<sup>3</sup> іонів натрія, що відповідає переводу катіоніта в Н-форму на  $(700 / 1700) * 100 = 41\%$  /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/дм<sup>3</sup> при вмісту аніонів сильних кислот у

вихідній воді відповідно 2,5; 5 и 10мг-екв/дм<sup>3</sup> [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 натрія 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 натрія в обезсоленій воді, зниження значення лужності пом'якшеної води, збільшення робочої ємкості катіоніта при стехіометричних витратах кислоти на регенерацію катіоніта актуальна и важлива.

Дійсно, наприклад, вміст іонів натрія в обезсоленій воді, призначеній для підживлення котлів тиском 13,8МПа не повинен перевищувати 100мг/дм<sup>3</sup> (0,0043мг-екв/дм<sup>3</sup>) / Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. -М.: Энергоатомиздат, 1989.- 152с./ [5]. Для котлів тиском 3,9МПа з барабанами, що мають заклепове 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 натрія) 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 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, 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 (0,004мг-екв/дм<sup>3</sup>) вмістом іонів натрія, і глибоко пом'якшеної води (твердість 0,01мг-екв/дм<sup>3</sup>) з низькою (0,34 - 0,4мг-екв/дм<sup>3</sup>) лужністю і відповідній нормативам [5] величиною відносної лужності пом'якшеної води (14 - 17%) при менших ніж стехіометричні витратах кислоти на регенерацію катіонітів (0,84 -0,96екв/екв), високій робочій ємкості катіонітів (1670 - 1800мг-екв/дм<sup>3</sup>) (таблиця, приклади 1,2,5).

Додатковий позитивний ефект (підвищення робочої ємкості катіонітів в Н-фільтрі до 2320мг-екв/дм<sup>3</sup>) 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 сульфокатіоніт 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 натрія в обезсоленій воді.

Відомо, що лужність води, обробленої відрегенованим при стехіометричних витратах сірчаної кислоти карбоксильним катіонітом, складає 0,7 - 1,5мг-екв/дм<sup>3</sup>, а її твердість - на 0,7 - 1,5мг-екв/дм<sup>3</sup> перевищує постійну твердість вихідної води [1]. Робоча ємкість карбоксильного катіоніта при стехіометричних витратах кислоти на регенерацію при пом'якшенні води складає 500 - 600мг-екв/дм<sup>3</sup> [1]. При обезсоленні води шляхом послідовного її фільтрування через карбоксильний, а потім сульфокатіоніт робоча ємкість катіонітів складає 508 - 615мг-екв/дм<sup>3</sup> [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 Способ кондиционирования воды // R.Kunin- Опубл. 11.04.78/ [6]. Тому, за рахунок використання на стадії пом'якшення води поряд з сульфокатіонітом карбоксильного іоніта при обробці

катіонів 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 катіонів (таблиця, приклади 1 - 6).

Таким чином, одержання обезсоленої води з низьким вмістом іонів натрія и 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 забезпеченого винаходом технічного результату - підвищення якості обезсоленої води (за рахунок зменшення вмісту іонів натрія до  $0,004\text{мг-екв/дм}^3$  ( $95\text{мкг/дм}^3$ )) 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 воді 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 натрія на рівні потрібних показників (у прикладах конкретного виконання - не більше  $0,004\text{мг-екв/дм}^3$ , що еквівалентно  $4\text{мкг-екв/дм}^3$ ). Після досягнення заданої гранично допустимої концентрації іонів натрія в обезсоленій воді апарат 3, завантажений аніонітом, 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 воді гранично допустимої твердості, пропускання вихідної води через апарати 1,2 припиняють, а аніоніт в апараті 3 регенерують розчином лугу (гідроксида натрія) з метою десорбції аніонів. Залишки лугу 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  $0,01\text{мг-екв/дм}^3$ ; лужність -  $0,34 - 0,4\text{мг-екв/дм}^3$ ).

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 слідуєчій регенерації Н-фільтра кислотою. Після пропускання розчину кислоти катіоніти в тій же послідовності відмивають обезсоленою водою. Відрегеновані іоніти використовують в слідуєчому 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,  $\text{мг-екв/дм}^3$ : твердість - 0,8; лужність - 0,8; аніони сильних кислот - 2; іони натрія - 2 послідовно пропускають через три колонки (Н- і ОН-фільтри), відрегеновані після попереднього циклу підготовки води. Колонки містять: перша (колонка 1) -  $60\text{см}^3$  карбоксильного катіоніта Lewatit CNP 80; друга (колонка 2) -  $50\text{см}^3$  сульфокатіоніта КУ 2-8, третя (колонка 3) -  $47\text{см}^3$  аніоніта АН-31. В обезсоленій воді вимірюють вміст іонів натрія. При досягненні гранично допустимої величини концентрації іонів натрія ( $0,004\text{мг-екв/дм}^3$ , що еквівалентно  $4\text{мкг-екв/дм}^3$ ) обезсолення води припиняють. В результаті одержано  $18,5\text{дм}^3$  обезсоленої води з вмістом іонів натрія  $0,004\text{мг-екв/дм}^3$  ( $4\text{мкг-екв/дм}^3$ ).

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 ( $0,01\text{мг-екв/дм}^3$ ).

Потім ОН-фільтр (колонку 3) регенерують розчиненими в  $0,1\text{дм}^3$  обезсоленої води  $75\text{мг-екв}$  гідроксида натрія (ГОСТ 4328-77) і відмивають  $1\text{дм}^3$  обезсоленої води. Загальні витрати обезсоленої води на регенерацію

аніоніта склали 1,1дм<sup>3</sup>. Одержують відпрацьований регенераційний розчин об'ємом 1,1дм<sup>3</sup> (поток А).

Через колонки 1 і 2 послідовно пропускають відпрацьований регенераційний розчин колонки 3 об'ємом 1,1дм<sup>3</sup> (поток А). Потім колонки 1 і 2 в тому ж порядку відмивають 1дм<sup>3</sup> 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/дм<sup>3</sup>).

За фільтроцикл одержано 235дм<sup>3</sup> пом'якшеної води з наступними показниками: твердість - 0,01 мг-екв/дм<sup>3</sup>; лужність - 0,39мг-екв/дм<sup>3</sup>. Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює  $[0,39/(0,39+2)] * 100 = 16\%$ .

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 1,6дм<sup>3</sup> обезсоленої води. Відрегенеровані Н- і ОН-фільтри використовують для підготовки води в наступному циклі ідентично описаному прикладу.

В результаті за робочий цикл одержано (виключаючи витрати на регенерацію Н- і ОН-фільтрів): обезсоленої води - 15,8дм<sup>3</sup>; пом'якшеної води - 235дм<sup>3</sup>, всього - 250,8дм<sup>3</sup>. Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає:  $250,8/(0,05+0,060+0,047) = 1600$ . Витрати сірчаної кислоти на видалення 1 екв іонів твердості складають:  $187/[(0,8-0,01) * 250,8] = 0,95$ , тобто менші за стехіометричні. Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює:  $(0,8-0,01) * 250,8 / (0,06 + 0,05) = 1800$ мг-екв/дм<sup>3</sup> загрузки Н-фільтра (колонок 1 і 2) (таблиця, приклад 1).

Ідентично описаному вище прикладу проведений наступний цикл підготовки води. В результаті одержані наступні показники запропонованого способу. Одержано води, дм<sup>3</sup>: обезсоленої - 15,9; пом'якшеної - 236дм<sup>3</sup>. Всього - 251,9дм<sup>3</sup>. Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає:  $251,9/(0,05+0,06+0,047) = 1600$ . Вміст іонів натрія в обезсоленій воді - 0,004мг-екв/дм<sup>3</sup> (4мг-екв/дм<sup>3</sup>). Показники якості пом'якшеної води: твердість - 0,01мг-екв/дм<sup>3</sup>; лужність - 0,4мг-екв/дм<sup>3</sup>. Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює  $[0,4/(0,4+2)] * 100 = 17\%$ . Витрати сірчаної кислоти на видалення 1 екв іонів твердості склали:  $187/[(0,8-0,01) * 251,9] = 0,94$ , тобто менші за стехіометричні. Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює:  $(0,8-0,01) * 251,9 / (0,06 + 0,05) = 1800$ мг-екв/дм<sup>3</sup>.

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. Потік В пропускають через колонку 1 з карбоксильним катіонітом, а потік С - через колонку 1г сульфокатіонітом паралельно після чого потоки В і С змішують і одержують пом'якшену воду.

В результаті за робочий цикл одержано (виключаючи витрати на регенерацію Н- і ОН-фільтрів): обезсоленої води - 15,7дм<sup>3</sup>; пом'якшеної води - 230дм<sup>3</sup>; всього - 245,7дм<sup>3</sup>. Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає:  $245,7/(0,05+0,060+0,047) = 1570$ . Вміст іонів натрія в обезсоленій воді дорівнює 4мг-екв/дм<sup>3</sup>. Твердість пом'якшеної води дорівнює 0,01мг-екв/дм<sup>3</sup>. Лужність пом'якшеної води дорівнює 0,38мг-екв/дм<sup>3</sup>. Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює  $[0,38/(0,38+2)] * 100 = 16\%$ . Витрачено 187мг-екв сірчаної кислоти. Витрати сірчаної кислоти на видалення 1екв іонів твердості складають:  $187/[(0,8-0,01) * 245,7] = 0,96$ , тобто менші за стехіометричні. Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює:  $(0,8-0,01) * 245,7 / (0,06 + 0,05) = 1770$ мг-екв/дм<sup>3</sup> 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 1,6дм<sup>3</sup> відпрацьованого регенераційного розчину попередньої регенерації Н-фільтра, що містить 131мг-екв сірчаної кислоти. Потім Н-фільтр регенерують шляхом пропускання розчину, який містить 233мг-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. В результаті одержують 1,6дм<sup>3</sup> відпрацьованого розчину що містить 132мг-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 1,6дм<sup>3</sup> обезсоленої води. Отрегенеровані Н- і ОН-фільтри використовують для підготовки води в наступному циклі ідентично описаному прикладу.

В результаті за робочий цикл одержано (виключаючи витрати на регенерацію Н- і ОН-фільтрів): обезсоленої води - 15,5дм<sup>3</sup>; пом'якшеної води - 306дм<sup>3</sup>, всього - 321,5дм<sup>3</sup>. Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів складає:  $321,5/(0,05+0,060+0,047) = 2050$ . Вміст іонів натрія в обезсоленій воді дорівнює 4мг-екв/дм<sup>3</sup>. Твердість пом'якшеної води дорівнює 0,01мг-екв/дм<sup>3</sup>. Лужність пом'якшеної води дорівнює 0,34мг-екв/дм<sup>3</sup>. Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює  $[0,34/(0,34+2)] * 100 = 14\%$ . Витрачено 232мг-екв сірчаної кислоти. Витрати сірчаної кислоти на видалення 1екв іонів твердості складають:  $232/[(0,8-0,01) * 321,5] = 0,91$ , тобто менші за стехіометричні. Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює:  $(0,8-0,01) *$

321,5/(0,06 + 0,05) = 2320мг-екв/дм<sup>3</sup> загрузки Н-фільтра (колонки 1 і 2) (таблиця, приклад 3).

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

Вміст іонів натрія в обезсоленій воді - 0,32мг-екв/дм<sup>3</sup>. Показники якості пом'якшеної води: твердість - 0,01мг-екв/дм<sup>3</sup>; лужність - 0,74мг-екв/дм<sup>3</sup>. Відносна лужність пом'якшеної води дорівнює  $[0,74/(0,74+2)] * 100 = 27\%$ .

Витрачено, мг-екв: сірчаної кислоти - 35. Витрати сірчаної кислоти на видалення 1екв іонів твердості складають:  $35/[(0,8-0,01) * 42,9] = 1,03$ . Робоча ємкість катіонітів по іонах твердості в Н-фільтрі дорівнює:  $(0,8-0,01) * 42,9/0,05 = 680$ мг-екв/дм<sup>3</sup> (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<sup>3</sup>: твердість - 1,8; лужність - 0,8; аніони сильних кислот - 2; іони натрія - 1) проведені дослідження ідентичні описаним вище прикладам. Результати наведені в таблиці (приклад 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 натрія з 320 до 4мг-екв/дм<sup>3</sup> (у 80 разів); пом'якшеної - за рахунок зниження лужності від 0,62 - 0,74 до 0,34 - 0,4мг-екв/дм<sup>3</sup> 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 пом'якшення води (залишкова твердість 0,01мг-екв/дм<sup>3</sup>) і менші за стехіометричні витрати сірчаної кислоти (0,84 - 0,96екв/екв поглинутих іонів твердості).

Необхідно відзначити, що застосування запропонованого способу забезпечує значне підвищення робочої ємкості загрузки Н-фільтра по іонах твердості: від 650 - 680 до 1670 -2320мг-екв/дм<sup>3</sup> (у 2,6 -3,4 рази). Це приводить до підвищення сумарної виробки обезсоленої і пом'якшеної води одиницею об'єму іонітів у 2,6 - 3,8 рази.

Характеристика	Таблиця					
	Спосіб одержання обезсоленої і пом'якшеної води (№ приклада)					
	Запропонований			[3]	Запропонований	
	По прикладу 1	По прикладу 2	По прикладу 3		По прикладу 1	[3]
	1	2	3	4	5	6
Вихідна вода						
Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0.8	0.8	0.8	0.8	1.8	1.8
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Аніони сильних кислот, мг-екв/дм <sup>3</sup>	2	2	2	2	2	2
Натрій, мг-екв/дм <sup>3</sup>	2	2	2	2	1	1
Об'єми, см <sup>3</sup> :						
карбоксильного катіоніта	60	60	60		30	
сульфокатіоніта	50	50	50	50	50	50
аніоніта	47	47	47	30	47	30
Обезсолена вода						
Об'єм, дм <sup>3</sup>	15.8	15.7	15.5	12.9	16.5	12.8
Натрій, мг-екв/дм <sup>3</sup>	4	4	4	320	4	320
Пом'якшена вода						
Об'єм, дм <sup>3</sup> :	235	230	306	30	59	5
Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0.39	0.38	0.34	0.74	0.40	0.62
Відносна лужність, %	16	16	14	27	17	24
Робоча ємкість катіоніта, мг-екв/дм <sup>3</sup>	1800	1770	2320	680	1670	650
Питомі витрати сірчаної кислоти на видалення з води 1екв іонів твердості, екв/екв	0.95	0.96	0.91	1.03	0.84	1.06
Відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів	1600	1570	2050	535	590	227
Кратність підвищення відношення об'єму виробленої води до об'єму іонітів у запропонованому способі у порівнянні з відомим	3.0	2.9	3.8		2.6	

### Формула винаходу

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.

15

20

25

30

35

40

45

50

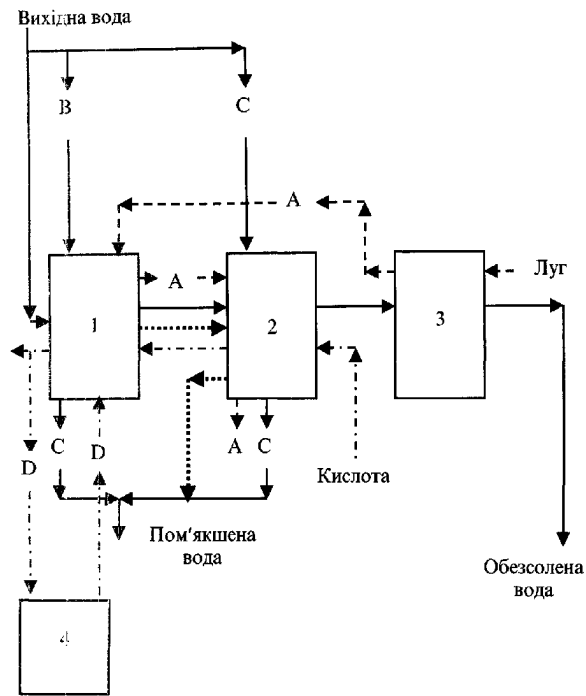
55

60

65

U A 5 4 4 7 1 C 2

U A 5 4 4 7 1 C 2



Фіг.

Офіційний бюлетень "Промислова власність". Книга 1 "Винаходи, корисні моделі, топографії інтегральних мікросхем", 2003, N 3, 15.03.2003. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України.

U A 5 4 4 7 1 C 2

U A 5 4 4 7 1 C 2