



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 95770

(13) C2

(51) МПК (2011.01)

B01D 15/00

C02F 1/42 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ

1

(21) a200702134
(22) 27.02.2007
(24) 12.09.2011
(31) 10 2006 009 522.7
(32) 28.02.2006
(33) DE
(46) 12.09.2011, Бюл.№ 17, 2011 р.
(72) БРІНГС БУРКХАРД, DE, ПОДСЦУН ВОЛЬФ-ГАНГ, DE
(73) ЛАНГСЕСС ДОЙЧЛАНД ГМБХ, DE
(56) US 4427794 A, 01.24.1984
UA 72057, 17.05.2005
US 3458436, 29.07.1969
UA 37354, 15.05.2001
GB 849979, 28.09.1957
US 2006/0186052 A1, 24.08.2006
RU 2121873 C1, 20.11.1998
RU 2205692 C2, 27.08.2002
JP 55-28762, 2.29.1980
GB 642732, 13.09.1950
RU 2166363 C2, 10.05.2001
RU 2205692 C2, 10.06.2003
US 6365683 B2, 02.04.2002
WO 2004/107354 A1, 09.12.2004
US 4419245 A, 06.12.1983
DE 4445044 A1, 13.06.1996
US 4461706 A, 07.24.1984
(57) 1. Спосіб демінералізації води за допомогою іонообмінних фільтрів, який **відрізняється** тим, що застосовують комбінацію катіонного фільтра, що діє як багатокамерний фільтр із завислим шаром, що містить монодисперсний сильноосновний аніонообмінник, і принаймні одного прямопоточного аніонного фільтра, що містить монодисперсний сильноосновний аніонообмінник.

2

ром, що містить монодисперсний сильноосновний катіонообмінник, і принаймні одного прямопоточного аніонного фільтра, що містить монодисперсний сильноосновний аніонообмінник.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що монодисперсні іонообмінники отримують методом введення затравки або методом розпилення.

3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що сильноосновний катіонообмінник має сумарну ємність від 1,8 моль/л до 2,5 моль/л.

4. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що монодисперсний сильноосновний аніонообмінник має сумарну ємність від 1,2 моль/л до 1,5 моль/л.

5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що аніонообмінник отримують методом введення затравки з наступною функціоналізацією шляхом хлорметилування і амінування.

6. Пристрій для демінералізації води, що містить катіонний фільтр, що діє як багатокамерний фільтр із завислим шаром, що містить монодисперсний сильноосновний катіонообмінник, та принаймні один прямопоточний аніонний фільтр, що містить монодисперсний сильноосновний аніонообмінник.

7. Пристрій за п. 6, який **відрізняється** тим, що між багатокамерним фільтром із завислим шаром і прямопоточним фільтром чи фільтрами встановлений дегазер.

8. Пристрій за п. 6 або 7, який **відрізняється** тим, що після прямопоточного фільтра чи фільтрів під'єднаний фільтр змішаної дії.

Винахід належить до галузі очищення води, зокрема стосується способу і пристрою для демінералізації води.

Обробка рідин за допомогою так званого способу завислого шару відома, наприклад, із публікації DE 2950875 A1. Вона стосується способу протипотоку для обробки рідин адсорбційними засобами шляхом заряджання адсорбційних засобів у висхідному потоці, причому нижня частина маси адсорбційного засобу перебуває у формі вихоревого шару, а верхня частина - у формі ста-

ціонарного шару, регенерації зарядженого адсорбційного засобу у низхідному потоці і зворотне промивання у висхідному потоці, причому фільтрувальне відділення розділяють принаймні на дві камери, відокремлені проникними для рідини перегородками, ці камери сполучають між собою оснащеними запірним органом обвідними трубопроводами, що шунтують проникні для рідини перегородки і уможливають переміщення адсорбційного засобу, адсорбційний засіб розподіляють між камерами і перед і/або під час окремих робочих

(13) C2

(11) 95770

(19) UA

фаз встановлюють певні рівні наповнення окремих камер шляхом переміщення адсорбційного засобу із однієї камери до іншої через обвідні трубопроводи за допомогою оброблюваної рідини, регенераційного засобу чи рідини для зворотного промивання.

У багатьох випадках доцільним є використання інертного матеріалу додатково до іонообмінних смол, використовуваних як адсорбційні засоби. Таким чином значною мірою усувається загроза забивання шліців сопел.

Перевагами способу завислого шару згідно з DE 2 950 875 A1 порівняно зі звичайними способами були вища ефективність регенерації, пов'язана із зниженням потреби у хімікатах, зменшенням кількості стічних вод, внутрішнім зворотним промиванням, а також гнучкість проти внесення забруднень у формі суспендованих речовин, а також одночасна нечутливість до коливань навантаження. Правда, такі способи завислого шару потребують вищих капіталовкладень і потребують підвищених витрат на регулювання і керування.

Задачею винаходу є оптимізація способу, описаного в публікації DE 2 950 875 A1, з точки зору вказаних недоліків. При цьому виявилось, що висока ефективність установок для демінералізації може бути досягнута у разі, коли катіонний фільтр експлуатується у режимі завислого шару, а аніонний фільтр - у режимі прямого потоку, і до того ж використовувані іонообмінні смоли мають монодисперсний розподіл розмірів частинок.

Таким чином, предметом даного винаходу є спосіб демінералізації води за допомогою іонообмінних фільтрів, який відрізняється тим, що використовують комбінацію катіонного фільтра, що містить монодисперсні сильнокислотні катіонообмінники і експлуатується як багатокамерний завислий шар, і принаймні одного аніонного фільтра, що містить монодисперсні сильноосновні чи слабосновні аніонообмінники і експлуатується у режимі прямого потоку.

У переважній формі виконання даного винаходу багатокамерний завислий шар експлуатують разом із 1-5, особливо переважно з 2-3 прямопоточними фільтрами.

У іншій переважній формі виконання винаходу використовують дегазатор, включений між багатокамерним рухомим шаром і прямопоточним фільтром чи прямопоточними фільтрами.

У іншій переважній формі виконання винаходу після прямопоточного фільтра (фільтрів) встановлюють фільтр змішаної дії.

У подальшому відповідний винаходові спосіб називається комбінованим способом із завислим шаром.

Відповідний винаходові комбінований спосіб із завислим шаром є придатною для усіх видів іонного обміну і адсорбції технологією з регенерацією багатокамерного фільтра з завислим шаром у зустрічному потоці (заряджання у висхідному потоці, регенерація у низхідному потоці) на катіонній стадії, а також інтеграції комплексно регенованого прямопоточного фільтра на аніонній стадії.

Використовувана у фільтрі із завислим шаром регенерація у висхідному потоці поєднує принци-

пові переваги протипотокової регенерації із особливими перевагами високої швидкості обміну у зоні тонкого очищення, технологічно правильного витіснення регенованих хімічних засобів вниз і автоматичного вирівнювання потоку рідини по поперечному перерізу колони. Загалом робота катіонного фільтра, базованого на способі завислого шару, не залежить від здійснюваної в даний момент фази; передовсім він не чутливий до переривчастого режиму роботи чи коливань навантаження. Інша перевага полягає у тому, що у разі потреби може бути здійснене автоматичне зворотне промивання маси іонообмінної смоли. Додатковий зовнішній резервуар для зворотного промивання не потрібен. Для захисту соплових шліців від забруднень відповідна фільтрувальна камера фільтра зі завислим шаром в залежності від діаметра фільтра оснащена інертною масою з насипною висотою близько 100-200 мм, переважно Lewatit® IN 42.

Комбінований спосіб із завислим шаром із використанням монодисперсного іонообмінника відрізняється надзвичайно високим використанням регенераційних хімічних засобів при одночасно високій корисній продуктивності. До того ж, низьке споживання води самою установкою і пов'язане з цим зменшення кількості стічних вод забезпечує високу економічність разом із екологічністю.

Іншими характерними ознаками комбінованого способу із завислим шаром є висока гнучкість щодо коливань навантаження і/або порівняно висока можлива швидкість внесення суспендованих забруднень.

Згідно із відповідним винаходові способом використовують монодисперсний іонообмінник. За міру монодисперсності іонообмінника прийнято відношення 90-процентного значення ($\varnothing(90)$) 10-процентного значення ($\varnothing(10)$) у об'ємному розподілі розмірів частинок. 90-процентне значення ($\varnothing(90)$) означає діаметр, більший від діаметра 90 % частинок. Відповідно 10-процентне значення ($\varnothing(10)$) означає діаметр, більший від діаметра 10 % частинок. Монодисперсний розподіл розмірів частинок по суті даної заявки означає $\varnothing(90)/\varnothing(10) < 1,4$, переважно $\varnothing(90)/\varnothing(10) < 1,25$, особливо переважно $\varnothing(90)/\varnothing(10) < 1,15$.

Виготовлення монодисперсних, макропористих іонообмінників фахівцями в принципі відоме. Поряд із фракціонуванням гетеродисперсних іонообмінників шляхом просіювання, при виготовленні напівфабрикату - монодисперсних гранульних полімеризатів, відрізняють в основному два способи безпосереднього виготовлення, а саме розпилення і метод введення затравки. У разі методу введення затравки використовують монодисперсну затравку, яка може бути отримана, наприклад, шляхом просіювання чи розпилення.

Монодисперсний гранульний полімеризат - напівфабрикат іонообмінника - може бути виготовлений, наприклад, шляхом введення в реакцію монодисперсних, у разі потреби капсульованих, крапель мономера, що складається із моновінілароматичної сполуки, полівінілароматичної сполуки, а також ініціатора чи суміші аніціаторів і у разі потреби порогену у водній суспензії. Для отримання

макропористих гранульних полімеризатів для виготовлення макропористих іонообмінників, безумовно необхідна присутність порогену. Перед полімеризацією капсульовані краплі мономеру легують (мет)акриловою сполукою. Тому у переважній формі виконання даного винаходу для синтезу монодисперсного гранульного полімеризату використовують мікрокапсульовані краплі мономера. Фахівцві із рівня техніки відомі різні способи одержання монодисперсних гранульних полімеризатів як за принципом розпилення, так і за принципом введення затравки. Тут слід вказати на публікації US-A 4,444 961, EP-A 0 046 535, US-A 4,419,245 і WO 93/12167.

Переведення необхідних для здійснення відповідного винаходу комбінованого способу із завислим шаром гранульних полімеризатів, отримуваних згідно з рівнем техніки, у монодисперсні катіонообмінники також відоме фахівцві із рівня техніки.

Як катіонообмінники для здійснення відповідного винаходу комбінованого способу із завислим шаром використовують сильноокислотні катіонообмінники на основі сульфонованих стирол-дивінілбензолних гранульних полімеризатів. Монодисперсні сильноокислотні катіонообмінники можуть мати желеподібну чи макропористу структуру. Терміни "макропористий" і "желеподібний" детально описані у фаховій літературі, наприклад у публікації Seidl, Malinsky, Dusele, Heitz, *adv. Polymer Sci.*, Vol. 5, стор. 113-213(1967).

Придатні для здійснення відповідного винаходу способу желеподібні сильноокислотні катіонообмінники мають сумарну ємність (ТК) 1,6-2,5 моль/л, переважно 1,8-2,4 моль/л, особливо переважно 1,8-2,2 моль/л, виміряну у Н-формі.

Наприклад, у відповідному винаході способі у завислому шарі використовують монодисперсний сильноокислотний катіонообмінник, виготовлений згідно з EP-A 1 256 383.

У особливій формі виконання даного винаходу у завислому шарі використовують монодисперсні сильноокислотні катіонообмінники з різними значеннями сумарної ємності, причому сумарна ємність монодисперсного сильноокислотного катіонообмінника (виміряна у Н-формі) у принаймні одній камері вища, наприклад, має значення 1,8-2,5 моль/л, особливо переважно 1,9-2,4 моль/л, ніж катіонообмінник(и) у іншій(інших) камері(камерах), що мають значення сумарної ємності у діапазоні 1,6-2,5 моль/л, переважно 1,8-2,0 моль/л. Катіонообмінник з більшою сумарною ємністю розміщують переважно у верхній камері. Завдяки цьому рішення неочікувано була досягнута дуже низька залишкова провідність при дуже низькому споживанні хімічних засобів.

У альтернативній формі виконання у завислому шарі додатково до катіонообмінника використовують монодисперсні сильноосновні аніонообмінники, що походять від функціоналізованих стирол-дивінілбензолних гранульних полімеризатів. Сильноосновні аніонообмінники у свою чергу можуть перебувати у желеподібній чи макропористій формі, причому желеподібні сильноосновні аніонообмінники мають перевагу. Придатні желе-

подібні сильноосновні аніонообмінники мають у загальному сумарну ємність від 1,2 до 1,5 моль/л, переважно від 1,2 до 1,4 моль/л, виміряну у хлоридній формі. Додатково до сильноосновного аніонообмінника можуть бути використані також слабоосновні макропористі аніонообмінники. Вони мають у загальному сумарну ємність від 1,2 до 1,5 моль/л, переважно від 1,3 до 1,4 моль/л, виміряну у системі вільна основа/хлоридна форма.

У рамках даного винаходу було з'ясовано, що особливо придатними є монодисперсні сильноосновні аніонообмінники, отримані методом введення затравки з наступною функціоналізацією шляхом хлорметилування і амінування. Виготовлення таких аніонообмінників вичерпно описане, наприклад, у публікації E-A 1 000 660, наведені у ній монодисперсні аніонообмінники є переважними для використання при здійсненні способу згідно з винаходом.

Даний винахід у переважній формі виконання стосується комбінованого способу обробки рідин адсорбційними засобами шляхом заряджання адсорбційних засобів у висхідному потоці, причому нижня частина маси адсорбційного засобу перебуває у формі вихорового шару, а верхня частина перебуває у формі нерухомого шару, регенерації заряджених адсорбційних засобів у низхідному потоці і зворотного промивання у висхідному потоці, який відрізняється тим, що фільтрувальне відділення розділяють принаймні на дві камери, переважно дві чи три камери, відокремлені проникними для рідини перегородками, ці камери сполучають між собою оснащеними запірним органом обвідними трубопроводами, що шунтують проникні для рідини перегородки і уможливають переміщення адсорбційного засобу, адсорбційний засіб розподіляють між камерами і перед і/або під час окремих робочих фаз встановлюють певні рівні наповнення окремих камер шляхом переміщення адсорбційного засобу із однієї камери до іншої через обвідні трубопроводами, що шунтують проникні для рідини перегородки, за допомогою оброблюваної рідини, регенераційного засобу чи рідини для зворотного промивання.

Монодисперсний адсорбційний засіб всередині фільтра під час окремих фаз роботи через обвідні трубопроводами, що шунтують проникні для рідини перегородки, у такій кількості подають до окремих камер і відводять із них, що під час заряджання остання за потоком оброблюваної рідини камера наповнена на 80-98 об. % відносно наявного у камері адсорбційного засобу, а при регенерації ця остання за потоком оброблюваної рідини камера рівномірно наповнена адсорбційним засобом на 80-100 об. % відносно наявного у камері об'єму адсорбційного засобу. Тобто, при регенерації від набухаючого в процесі регенерації іонообмінника із останньої за потоком оброблюваної рідини камери переводять у попередню камеру об'єму адсорбційного засобу, що відповідає збільшенню об'єму іонообмінника. При зворотному промиванні із камери, що підлягає зворотному промиванню, у сусідню камеру переводять таку кількість адсорбційного засобу, що промивний простір у камері, що підлягає зворотному проми-

ванню, становить від 30 до 100 об. %, переважно від 40 до 50 об. % відносно адсорбційного засобу, що перебуває у камері, що підлягає зворотному промиванню.

Для переміщення адсорбційного засобу із однієї камери у іншу камеру при заряджанні використовують оброблювану рідину, а при регенерації використовують регенераційний засіб і рідину, використовувану для зворотного промивання.

Кількість адсорбційного засобу для наповнення адсорбційного фільтра розраховують таким чином, що об'єм адсорбційного засобу становить 55-85 об. %, переважно 60-80 об. % від об'єму фільтра.

Під проникними для рідини перегородками у рамках відповідного винаходів фільтра слід розуміти відомі у техніці іонообмінних фільтрів пластини з отворами (соплами), проникні для рідини, але не проникні для адсорбційного засобу.

Застосовуваний для здійснення комбінованого способу фільтр із завислим шаром відрізняється тим, що він виконаний у вигляді адсорбційного фільтра, що складається із принаймні двох, переважно двох чи трьох, камер, відокремлених проникними для рідини перегородками, причому його розміщені одна над іншою камери з'єднані між собою оснащеним запірним органом трубопроводом, який шунтує проникні для рідини перегородки і уможливорює переміщення адсорбційного засобу.

Відношення об'ємів камер фільтра із завислим шаром у разі розділення на дві камери становить 0,5-1,5:1, переважно 1:1, а у разі розділення на три камери становить 0,5-1,5:0,5-1,5:1, переважно 1:1:1.

Трубопроводи, що шунтують проникні для рідини перегородки, встановлені у верхній чверті нижньої камери і у нижній чверті верхньої камери, переважно у верхній п'ятій частині нижньої камери і у нижній п'ятій частині верхньої камери.

Для досягнення рівномірного переміщення адсорбційного засобу через трубопроводи, що шунтують проникні для рідини перегородки, виявилися доцільними такі конструктивні співвідношення: вільна площа поперечного перерізу отворів проникних для рідини перегородок становить $50-300 \text{ см}^2/\text{м}^2$, переважно $100-200 \text{ см}^2/\text{м}^2$.

Відповідний винахідний спосіб може бути здійснений таким чином:

У фазі заряджання відкривають трубопровід, що подає оброблювану рідину до останньої за потоком камери. Через трубопровід відповідно до усадки іонообмінника із розміщеної нижче камери постійно подають адсорбційний засіб і таким чином досягають оптимальної густини упаковки. Робота фільтра може бути припинена у будь-який момент без перезавантаження з описаними вище недоліками. І навпаки, у фазі регенерації регенераційним засобом, що надходить зверху вниз, із камери, розміщеної першою у напрямку потоку оброблюваної рідини і останньою у напрямку потоку регенераційного засобу, у попередню камеру подають кількість смоли, що відповідає набухання іонообмінника при регенерації. Завдяки цьому іонообмінник, наявний у камері, розміщеній першою у напрямку потоку регенераційного засобу, під час

регенерації і у фазі промивання має досить простору для збільшення свого об'єму. У разі потреби зворотного промивання адсорбційного засобу у окремих камерах за допомогою рідини для зворотного промивання, переважно води, до попередньої і наступної камери переміщують кількість іонообмінника, необхідну для забезпечення бажаного простору для зворотного промивання.

Традиційна форма виконання фільтра із завислим шаром описана у публікації DE 2950875 A1. Приклад здійснення відповідного винаходу комбінованого пристрою у формі великої установки (очисної лінії) наведений на кресленні.

Даний винахід стосується названого також очисною лінією пристрою, що поряд з іншими апаратами містить комбінований фільтр із завислим шаром для здійснення комбінованого способу фільтрування у завислому шарі. У переважній формі виконання така очисна лінія відрізняється тим, що вона містить

- a) комбінований фільтр із завислим шаром і
- b) принаймні один прямопоточковий фільтр.

У іншій переважній формі виконання така очисна лінія може містити кілька, переважно 1-5, особливо переважно 2-3, зокрема два прямопоточкових фільтри і у разі потреби CO_2 -дегазер і/або фільтр змішаної дії.

У відповідній винаходів очисній лінії у прямопоточковому фільтрі (фільтрах) використовують монодисперсні слабо- і сильноосновні іонообмінники. Вони мають сумарну ємність (ТК) 1,2-1,5, переважно 1,3-1,5. Вони також можуть бути отримані описаними вище способами виготовлення монодисперсних аніонообмінників. Застосовуваний у переважній формі виконання очисної лінії дегазер служить для видалення діоксиду вуглецю із рідини. Застосовуваний згідно з винаходом дегазер описаний, наприклад, у публікації Wabag, Handbuch Wasser. 8. Auflage (Vulkan Verlag Essen. Ausgabe 1996).

Фільтр змішаної дії, під'єднаний у альтернативній формі виконання до прямопоточного фільтра чи фільтрів, містить принаймні два різних монодисперсних іонообмінники.

При цьому використовують переважно монодисперсні аніонообмінники із сумарною ємністю (ТК) 1,2-1,6, особливо переважно 1,4-1,5.

Комбінований спосіб фільтрування із використанням завислого шару, а разом з ним і очисна лінія, що здійснює такий комбінований спосіб, можуть бути застосовані для демінералізації вод, переважно вод природного чи промислового і комунального походження.

При цьому води звільняються від катіонів, переважно Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Li^+ , Al^{3+} , а також від аніонів, переважно Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Br^- , F^- , а також SiO_2 і CO_2 .

Особливо переважно відповідним винаходом комбінованим способом із оброблюваних вод видаляють іони Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , а також SiO_2 і CO_2 .

Приклади.

Порівняння продуктивності очисної лінії згідно з кресленням з комбінованим фільтром із завислим шаром і без такого фільтра.

На кресленні зображений комбінований фільтр із завислим шаром, завантажений іонообмінниками Lewatit® Mono Plus S 200 KR і Lewatit® Mono Plus S 5 100 у комбінації з дегазером, двома прямопотокowymi фільтрами, один з яких містить Lewatit® Mono Plus MP 64, а інший Lewatit® Mono

Plus M 500, а також фільтром змішаної дії, що містить Lewatit® Mono Plus M 800 і Lewatit® Mono Plus S 100 H.

Окремі іонообмінники в очисній лінії згідно з кресленням мають такі параметри:

	Завислий шар		
A Lewatit®	MonoPlus S 200 KR	Монодисперсний катіонообмінник	TK=:2,1 екв/л (H-форма)
B Lewatit®	MonoPlus S 100	Монодисперсний катіонообмінник	TK=: 2,0 екв/л (Na-форма)
	Дегазер		< 0,2 мекв/л CO ₂
C Lewatit®	Прямопотоковий фільтр 1 MonoPlus MP64	Монодисперсний аніонообмінник	TK= 1,3 екв/л (вільна основа/Cl-форма)
D Lewatit®	Прямопотоковий фільтр 2 MonoPlus M500	Монодисперсний аніонообмінник	TK=1,2 екв/л (Cl-форма)
E Lewatit®	Змішаний фільтр MonoPlus M 800	Монодисперсний аніонообмінник	TK=1,5 екв/л (Cl-форма)
F Lewatit®	MonoPlus S 100H	Монодисперсний катіонообмінник	TK=1,8 екв/л (H-форма)

Фільтр із завислим шаром складається із двох камер, відокремлених одна від іншої проникною для рідини сопловою перегородкою. Дві інші соплові перегородки обмежують для іонообмінника нижню камеру знизу і верхню камеру зверху. У верхній і у нижній частинах фільтрувального вузла встановлені відповідно вигнута кришка з клапаном і вигнуте дно з клапаном.

Обидві камери наповнені монодисперсними іонообмінниками Lewatit® MonoPlus S 200 KR і Lewatit® MonoPlus S 100. Над засипками іонообмінників під час експлуатації залишаються різні за розмірами порожнини для зворотного промивання. Обидві камери з'єднані між собою за допомогою труби і клапана. Крім того, труба оснащена клапаном для підведення промивної води із нижньої камери. Труба і клапан уможливають вихід промивної води із верхньої камери.

Для заряджання оброблювану рідину подають через відкритий клапан до нижньої камери, частково наповненої монодисперсним іонообмінником Lewatit® MonoPlus S 100. З неї рідину крізь соплову перегородку і з'єднувальну трубу із відкритим клапаном, призначену для переміщення іонообмінника, подають до верхньої камери, яку вона у обробленому стані полишає через верхню соплову перегородку та інший клапан. При цьому наявний у нижній камері іонообмінник постійно переміщують до верхньої камери у кількості, яка відповідає втраті об'єму безперервно усадженого під час заряджання іонообмінника Lewatit® MonoPlus S 200 KR у верхній камері. Завдяки цьому забезпечується постійне наповнення верхньої камери іонообмінником і усувається небажане перепоповнення іонообмінником верхньої камери у разі дискрет-

ного режиму роботи чи зупинок у роботі. При безперервній роботі у разі, коли верхня камера уже до початку роботи фільтра заповнена іонообмінником принаймні на 95 об. %, клапан з'єднувальної труби може залишатися закритим, оскільки можливі перепоповнення дуже незначні, і при безперервному режимі зупинки в роботі можливі лише перед повною регенерацією, а під час цієї регенерації наслідки можливо наявного перепоповнення у всякому разі компенсуються.

При регенерації, здійснюваній після заряджання, поданим зверху вниз потоком регенераційного засобу із верхньої камери у попередню камеру подають кількість іонообмінника Lewatit® MonoPlus S 200 KR, яка відповідає збільшенню об'єму іонообмінника при регенерації, завдяки чому наявний у верхній камері іонообмінник у фазі регенерації і промивання має достатньо місця для збільшення об'єму.

У разі потреби зворотного промивання засипки нижньої камери, яку оброблювана рідина проходить першою, спочатку максимально можлива кількість іонообмінника має бути переміщена через транспортну трубу і відкритий клапан у наступну верхню камеру. Для цього може бути використана транспортувальна вода, яку впускають через один клапан і випускають через інший клапан. Після цього закривають усі клапани. У разі, коли іонообмінник із нижньої камери опустився достатньо далеко, може бути розпочатий процес зворотного промивання.

Зворотне промивання здійснюють описаним у публікації DE 2 950 875 A1 чином, вміст якої повністю приймається даною заявкою.

	Без комбінованого фільтра	З комбінованим фільтром
Сірчана кислота (100 %), г/л	117	80
Розчин їдкого натру (100 %), г/л	128	97
Електропровідність (мкС/см)	10-15	<1
Системна швидкість потоку (м³/г)	57	68
Продуктивність л/рік	1,194 млрд.	1,194 млрд.
Час регенерації (г)	4	3

Наведені дані свідчать, що із використанням монодисперсного іонообмінника досягається значне зниження продуктивності оброблюваної рідини до значення, меншого, ніж 1 мкС/см, порівняно із використанням гетеродисперсного іонообмінника при такій же річній продуктивності.

До того ж, час регенерації скорочується на 1 годину, а також значно зменшується споживання регенераційного засобу.

Зрештою, використання монодисперсного іонообмінника при здійсненні комбінованого способу фільтрування із завислим шаром веде до збільшення системної швидкості потоку на 20 % порівняно із використанням гетеродисперсного іонообмінника.

