

Винахід відноситься до хімічної технології, зокрема до технології очистки і охорони водних ресурсів і може бути використаний для пом'якшення води.

Відомий спосіб пом'якшення води, який полягає в пропусканні води через катіонітовий фільтр, що здатний замінювати іони кальцію та магнію, які містяться у вихідній воді і зумовлюють її твердість, на іони калію та натрію, які не утворюють з аніонами нерозчинних солей, з подальшою регенерацією фільтру сольовим розчином. Для регенерації катіонітового фільтру використовують суміш відпрацьованого регенераційного розчину, який підкислюється соляною кислотою і обробляють каустичною содою для виділення піпсу і солей, що обумовлюють твердість води. ( А.с. СРСР № 1766846; опубл. 1992 р. Бюл. № 37 - прототип).

Завданням винаходу є вдосконалення способу пом'якшення води, заміна дорогостоячого гостродефіцитного синтетичного іоніту на природний сорбент, зменшення кількості технологічних операцій при регенерації фільтру, пом'якшення води до ступеню, який відповідає технічним вимогам.

Поставлене завдання досягається таким чином, що згідно винаходу спосіб пом'якшення води, який включає її пропускання через катіонітовий фільтр для вилучення іонів кальцію та магнію, регенерацію фільтру сольовим розчином, який відрізняється тим, що як катіонітовий фільтр використовують природний сорбент - модифікований цеоліт, при цьому його модифікацію здійснюють обробкою цеоліту 9 - 10% розчином хлористого натрію протягом 6 годин при температурі 87 - 90°C та постійному перемішуванні і висушуванні при температурі 120 - 500°C, а регенерацію сорбенту проводять 10%-ним розчином хлористого натрію, вилучення іонів кальцію і магнію до межі, що відповідає технічним вимогам 0,02мг-екв/л проводять в три стадії в трьох сорберах, причому в кожному сорбері відповідно нижню решітку завантажують модифікованим сорбентом з розміром гранул 25 - 30мм, середню - з розміром 8 - 10мм з товщиною обох шарів 250 - 300мм, а далі до верхнього зливу їх завантажують гранулами з розміром 3 - 5мм.

Таким чином, запропонований спосіб пом'якшення води має ряд суттєвих переваг над способом - прототипом. Використання легкодоступного природного сорбенту - цеоліту замість дорогостоячого гостродефіцитного синтетичного іоніту як фільтру дає значну економію технологічного процесу пом'якшення води, особливо при пом'якшенні великих об'ємів. Спрощується процес регенерації сорбенту завдяки чому скорочується тривалість процесу пом'якшення води. Запропонований спосіб дає можливість зменшити твердість води від 5,4 до 0,02мг-екв/л, що відповідає технічним вимогам.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Для модифікації сорбенту використовують цеоліт Сокирницького родовища Закарпатської області. Процес модифікації проводять попередньою обробкою цеоліту для видалення іонів кальцію, магнію, заліза тощо, які містяться в природному цеоліті, і заміною їх на легко обмінні іони, в даному випадку на іони натрію

Приклад 1. Модифікація сорбенту на основі природного цеоліту Сокирницького родовища Закарпатської області проводиться за технологічною схемою: вихідну цеолітвміщуючу породу, подрібнену до розмірів гранул 3 - 5мм, відмивають від пилу, обробляють 9%-ним розчином хлористого натрію при температурі 87°C протягом 6 годин при постійному перемішуванні. Через кожні 30 хвилин додається свіжий розчин реагенту для обробки після охолодження розчину аліквоти відділяють від осаду сорбенту декантуванням. Сорбент відмивають від іонів хлору. Висушування проводять при 120°C. Одержана натрієва форма сорбенту.

Проведено фізико-хімічний аналіз на вміст іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$ , а також визначено якість термічної обробки по величині загального об'єму пор, що не повинна змінюватись з часом, а також по витраті маси сорбенту, яка не повинна змінюватись при подальшому прожарюванні.

Результати фізико-хімічного аналізу на вміст іонів кальцію та магнію, а також якість термічної обробки приведені в таблиці 1.

Приклади 2 - 12 проводили аналогічно прикладу 1, змінюючи температуру процесу модифікації, концентрацію хлористого натрію і температуру термічної обробки (температуру висушування).

Залежність якості модифікованого цеоліту від параметрів процесу модифікації приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

№	Температура модифікації, °C	Концентрація NaCl (%)	Температура термообробки, °C	Ступінь заміни іонів $\text{Ca}^{2+}$ і $\text{Mg}^{2+}$ на $\text{Na}^{+}$	Якість термообробки модиф. цеоліту
1	87	9	120	Повний	Величина загального об'єму пор змінюється з часом
2	88	9,3	460	Повний	
3	88	9,5	480	Повний	
4	89	9,5	490	Повний	Цеоліт потребує подальшої термічної обробки
5	90	0	500	Повний	
6	92	11	500	Неповний	
7	93	11	500	Неповний	Величина загального об'єму пор не змінюється з часом, маса постійна
8	94	12	500	Неповний	
9	95	12	505	Неповний	
10	99	15	510	Незначний	- "-
11	99,5	15,5	510	Незначний	- "-
12	100	16	510	Не проходить	- "-

З таблиці видно, що найбільш повно процес модифікації проходить при підборі таких фізико-хімічних параметрів: температура модифікації – 87 - 90°C, концентрація хлористого натрію – 9 - 10% та температура висушування (термічної обробки) – 120 - 500°C. Саме такий підбір температури і концентрації процесу модифікації дає найбільш повний обмін іонів кальцію і магнію на іони натрію в цеоліті. Температура

термообробки 120 - 500°C відповідає повному видаленню конституційної і кристалізаційної води з сорбенту, що дає можливість одержати сорбент з ідеальними фізико-хімічними властивостями.

Модифікований природний цеоліт (натрій - форма) має наступні фізико-хімічні властивості:

Густина, (г/см <sup>3</sup> )	2,15
Обмінна ємність, (мг-моль/г)	1,95
Вміст води, (%)	13,4
Об'єм, зайнятий водою (%)	28,8
Сорбційна здатність по відношенню до іонів Ca <sup>2+</sup> і Mg <sup>2+</sup> , (моль/кг)	0,19

Кінетичні криві зміни твердості води від часу на модифікованому зразку природного цеоліту знімалися в статичних умовах. Для цього в колбу ємністю 500мл засипали 150г прожареного цеоліту, додавали 500мл води, твердість якої була відома. Через 120хв від початку досліду твердість води змінилася від 9мг-екв/л до 4,7мг-екв/л при паралельного зменшенні рН середовища від лужного до нейтрального.

Для пом'якшення води до межі, що відповідає технічним вимогам, запропоновано технологічний процес у три стадії.

Вихідна вода з загальною твердістю 5,4мг-екв/л оброблюється на натрієвій формі сорбенту масою 200г (об'єм води становить 1000мл). При збільшенні маси сорбенту в 4 рази, а об'єму води а 2 рази досягається пом'якшення до 0,66мг-екв/л вже на першій стадії процесу.

Після цього пом'якшена вода оброблюється порцією свіжого сорбенту (II стадія), при цьому досягається зниження твердості води від 0,66 до 0,14мг-екв/л. Після третьої обробки тієї ж самої води свіжою порцією цеоліту досягається пом'якшення води від 0,14 до 0,02мг-екв/л, тобто після трьох стадійної обробки вода відповідає всім вимогам Держстандарту.

В таблиці 2 приведено дані пом'якшення води, здійсненого запропонованим способом.

Таблиця 2

№ пп	Час (тривалість процесу), хв	Твердість води (мг-екв/л)		
		I - стадія	II - стадія	III - стадія
1	0	5,4	0,66	0,14
2	20	2,9	0,27	0,11
3	40	1,8	0,22	0,07
4	60	1,5	0,18	0,05
5	90	1,1	0,14	0,03
6	120	0,66	0,14	0,02

Для пом'якшення великих об'ємів води, наприклад у промисловості, спосіб здійснюють наступним чином. Подрібнену породу модифікованого цеоліту завантажують у три сорбери об'ємом 5м кожний. Завантаження проводиться різними фракціями (фіг.1). На нижню решітку сорберів завантажуються порода розміром гранул 25 - 30мм, товщина шару якого становить 250 - 300мм (шар 1).

На цей шар насипають рівним шаром породу розміром 8 - 10мм, товщиною 250 - 300мм (шар 2). Після цього сорбент завантажуються до верхнього зливу гранулами розміром 3 - 5мм (шар 3) Таке завантаження забезпечує мінімальний опір циркулюючій воді і утримання сорбенту на решітці.

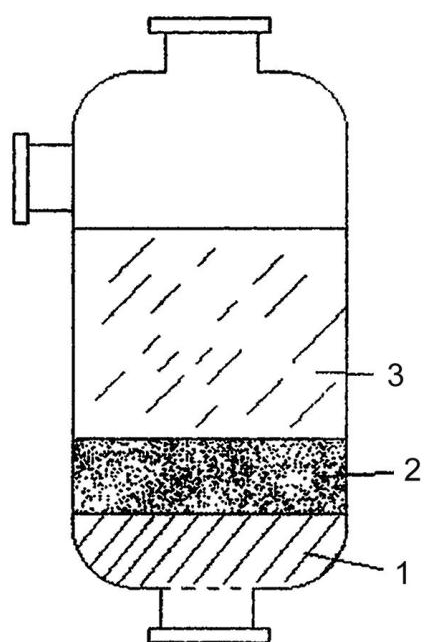
Після повного завантаження сорбенту проводиться послідовне відмивання пилу (фіг.2) Для цього протягом 10 - 15хв подається струмінь води, яка разом із зріженими частинками пилу після проходження через сорбент, зливається у резервуар для відстою від завислих (суспендованих) частинок цеоліту.

Після відмивання від пилу через шар сорбенту пропускають гарячий розчин хлористого натрію (10%-ий) протягом 10хв. Після закінчення процесу регенерації промивають шар сорбенту 5-ти кратною кількістю води (від загального об'єму завантаження сорбентом), після цього подають на сорбери технічну воду для усунення її твердості.

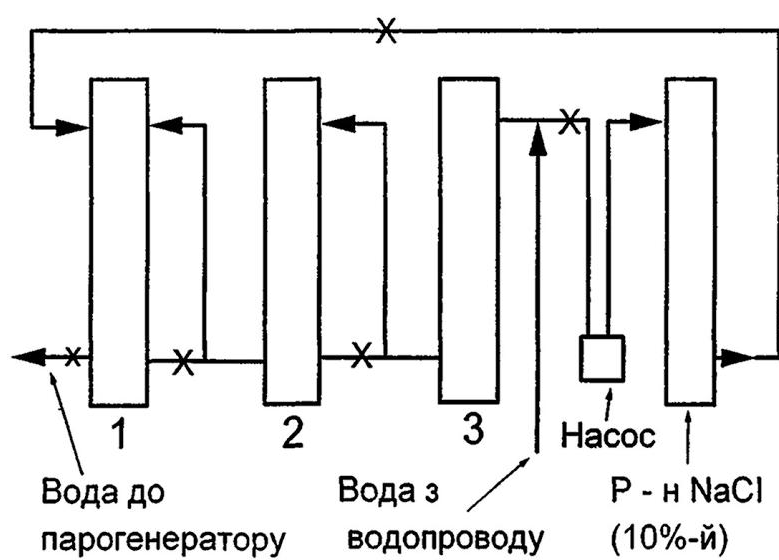
Процедуру модифікації повторюють кожен раз після того, як сорбент перестає активно працювати (тобто недостатньо пом'якшує воду).

Здійснення технологічного процесу пом'якшення воді запропонованим способом дає значну економію в порівнянні з відомими способами, зокрема в порівнянні зі способом-прототипом, завдяки заміні гостродефіцитного дорогостоячого синтетичного іоніту на природний сорбент - модифікований цеоліт Сокирицького родовища Закарпатської області. Спрощується процес регенерації сорбенту, а значить скорочується тривалість процесу пом'якшення води, що має велике значення при пом'якшенні великих об'ємів води, тобто в промисловості. Пом'якшена запропонованим способом вода відповідає технічним вимогам Держстандарту - 0,02мг-екв/л.

Винахід може бути використаний в хімічних лабораторіях, в промисловості, на очисних спорудах, на підприємствах, які потребують великої кількості чистої м'якої води, в харчовій промисловості, на водосховищах тощо.



Фиг. 1



Фиг. 2