



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 86257

(13) C2

(51) МПК (2009)

C02F 1/22

B01D 1/22

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

(54) СПОСІБ ОПРІСНЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНОЇ ВОДИ

1

(21) а200703596

(22) 02.04.2007

(24) 10.04.2009

(46) 10.04.2009, Бюл. № 7, 2009 р.

(72) РІЛО ІЛЛЯ ПАВЛОВИЧ, UA, ГУРИН ВАСИЛЬ
АРСЕНТІЙОВИЧ, UA, ГІРОЛЬ МИКОЛА МИКОЛА-
ЙОВИЧ, UA, ВОСТРИКОВ ВОЛОДИМИР ПЕТРО-
ВИЧ, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ,
UA

(56) RU 2095114 C1, 10.11.1997

RU 2206512 C1, 20.06.2003

RU 2230037 C1, 10.06.2004

UA 53492 A, 15.01.2003

FR 2807748, 19.10.2001

JP 09136079, 27.05.1997

US 3614874, 26.10.1971

(57) 1. Спосіб опріснення мінералізованої води, що полягає у виморожуванні прісної води при контакті мінералізованої води з холодним повітрям, який **відрізняється** тим, що процес виморожування ведуть у циркуляційно-проточному вертикально встановленому апараті (льодогенераторі) колонного типу, заповненому насадкою заданої шорсткості із твердих тіл різної форми для створення розвинутої поверхні контакту відразу трьох фаз: твердої поверхні льоду - тонкої стікаючої плівки рідини - газу, зверху апарата подають мінералізо-

2

вану воду для зрошування насадки і утворення гідродинамічного режиму тонкої стікаючої плівки рідини на поверхні льоду прісної води під впливом земного тяжіння, по схемі прямо- чи протитоку газ-рідини у апарат подають холодне повітря із температурою -5°C ... -10°C при тиску, близькому до атмосферного, процес льодоутворення на поверхні насадки заданої шорсткості ведуть за умов - мінімального перепаду температур між холодним повітрям і поверхнею льодоутворення, високого ступеня організації матеріальних потоків води і газу, поступової синхронної зміни температури повітря і води та концентрації солей у воді, росту гідравлічного опору покритої льодом насадки до заданої величини з переключенням льодогенератора у режим регенератора плавлення льоду з отриманням прісної води.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як регулярну насадку використовують завантажені в укладку правильними рядами, зсунутими відносно один одного, кільця Рашига.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що теплоту від зовнішнього джерела та кристалізації води у льодогенераторі підводять за допомогою теплового насоса у регенератор для плавлення льоду.

4. Спосіб за п. 1 або п. 2, який **відрізняється** тим, що кільця Рашига виготовляють із металу, пластмаси чи плавленого кварцу.

Винахід відноситься до очистки дренажних, шахтних, кар'єрних і промислових вод, що скидаються, які забруднені змуленими речовинами, бактеріальними домішками, мінеральними солями, в тому числі, на основі важких металів (цинк, залізо, ванадій, свинець, мідь, хром, нікель та ін.), через що у водойми і ріки щорічно надходить велика кількість мінеральних солей. Вміст розчинених солей у водах змінюється в широкому діапазоні - від $1,5$ до 30кг/м^3 і більше. Пряме скидання соляних вод призводить до суттєвих екологічних збит-

ків пов'язаних з деградацією якості вод природних джерел і засоленням ґрунтів. Тому демінералізація соляних вод є важливою екологічною і народногосподарською проблемою і визнана у державних програмах пріоритетною у галузі охорони оточуючого природного середовища.

У відомих способах демінералізації води переважно використовують процеси дистиляції, зворотного осмосу та електродіалізу [1, 2, 3]. Дистиляція є одним із самих неекономних методів. Виключний недолік методів зворотного осмосу і

(13) C2

(11) 86257

(19) UA

електродіалізу полягає у отруєнні мембран частинами, присутніми у солоній воді, що вимагає частоті заміни мембран, а їх вартість досить велика.

Створення установок виморожування мінералізованої води з використанням природного холоду методами її розбризкування чи намівання вимагає великих капзатрат на будівництво льодоплощадок та інших споруд за умови прийнятного солевмісту у прісній воді [4].

Основними стримуючими факторами впровадження демінералізації солоних вод виморожуванням із застосуванням компресорних установок є висока технічна вартість холодильних систем [5].

За відомим способом демінералізація води здійснюється виморожуванням із застосуванням природного холоду [6]. Цей процес представляє інтерес для багатьох галузей народного господарства, де вимагається очистка води від мінеральних солей або отримання води високої якості. Отримання прісної води цим способом поєднано з великими капзатратами на створення установок (будівництво льодоплощадок та інших споруд) та енерговитратами у процесі їхньої експлуатації. З підвищенням виходу прісної води ці витрати ростуть, оскільки необхідні облаштовані спеціальні канали для відповідної організації потоків повітря, прісної води і мінералізованої води. Без врахування цих факторів зростають енерговитрати у процесі експлуатації, обумовлені високим вмістом солей у льоді.

Задача винаходу - стрибкоподібне зменшення швидкості утворення кристалічних солей при контакті холодного повітря і мінералізованої води у проточно-циркуляційному апараті колонного типу заповненого твердою насадкою з використанням теплового насоса.

Технічний результат досягається тим, що у способі опріснення мінералізованої води, який полягає у виморожуванні прісної води при контакті мінералізованої води з холодним повітрям, процес виморожування ведуть у циркуляційно-проточному вертикально встановленому апараті (льодогенераторі) колонного типу заповненого насадкою із твердих тіл різної форми, зверху апарату подають мінералізовану воду для зрощування насадки та утвореного на її поверхні льоду прісної води у гідродинамічному режимі тонкої плівки рідини, по схемі прямо - чи протитoku газ - рідина, у апарат подають холодне повітря із мінусовою температурою, створюючи поверхню контакту трифазної системи лід-мінералізована вода-повітря, процес льодоутворення на поверхні насадки заданої шорстковатості ведуть за умов - мінімального перепаду температур між холодним повітрям і поверхнею льодоутворення, високої ступені організації матеріальних потоків води і газу, стабілізації швидкості льодоутворення, поступової синхронної зміни температури повітря і води та концентрації солей у воді, оптимальної густини зрощування насадки, росту гідравлічного опору покритої льодом насадки до заданої величини з переключенням льодогенератора у режим регенератора-плавлення льоду з отриманням прісної води; у якості регулярної насадки використовують завантаженні в укладку правильними рядами, зсунутими по відношенню один до одного, кільця Рашига; кільця Рашига мо-

жуть виготовляти із металу, пластмаси чи плавляного кварцу; теплоти від зовнішнього джерела та льодогенератора кристалізації води можна підводити за допомогою теплового насоса у регенератор для плавлення льоду.

На Фіг.1 показана схема (модуль) для здійснення способу опріснення мінералізованої води, на Фіг.2 показана схема передачі енергії у теплового насосі.

Схема опріснення мінералізованої води складається з: льодогенератора 1, у нижню частину якого газодувкою (вентилятором) 2 подають повітря, циклона 3 для сепарації бризків мінералізованої води, ємності 4 для розсолу, насоса 5 для його подачі у льодогенератор, розподільного пристрою 6, насадки 7, теплообмінника 8, заслінки 9, теплообмінника 10, перерозподільної решітки 11, теплообмінника (калорифера) 12.

Тепловий насос складається з компресора, конденсатора, випаровувача та терморегулюючого вентиля (ТРВ).

Спосіб здійснюють наступним чином. У циліндричному льодогенераторі 1 (далі генератор) колонного типу діаметром до 2м і висотою 15-20м розміщена насадка 7 із циліндричних кілець Рашига (100x100) виготовлених, наприклад, із поліетиленової труби, які вкладені шарами у строго вертикальному положенні. Знизу апарату подають вентилятором 2 холодне, з мінусовою температурою, повітря, а зверху - мінералізовану воду (розсіл), які рухаються проти - або прямотоком. Температуру повітря у контурі циркуляції, на вході генератора, регулюють дозуванням повітря із атмосфери через регулюючий клапан і підтримують на рівні відповідної концентрації солей у воді. Повітря після генератора направляють у циклон 3, де відбувається його сепарація від бризків мінералізованої води (розчину солей), що стікають у ємність 4. Концентрований розчин із ємності 4 насосом 5 подають через розподільний пристрій 6 у генератор 1. Вода (розчин) розподіляється по насадці 7, омиваючи тонкою плівкою поверхню її поліетиленових кілець, на якій відбувається процес льодоутворення. Тепло, яке виділяється у процесі кристалізації прісної води, передається незамерзаючій рідині теплового насоса (наприклад розчину хлористого кальцію), і переноситься у паралельно працюючий генератор 1, у якому відбувається плавлення льоду з утворенням прісної води (коли він працює у режимі плавителя, тобто, регенератора). З цією метою встановлюють теплообмінник 8, який за допомогою заслінок 9 підключають у контур циркуляції води для її підігріву або охолодження незамерзаючою рідиною (робочим тілом) теплового насоса, у залежності від процесу, що протікає - утворення льоду або його плавлення. Відбувається паралельна робота двох модулів, які працюють у різних режимах - утворення льоду і його плавлення, тобто, коли вимагається одночасне охолодження генератора і нагрівання регенератора за допомогою теплового насоса (трансформатор тепла), при цьому теплова енергія (що виділяється у процесі льодоутворення, тобто, кристалізації води) передається від холодного розчину до розчину з більш високою температурою (плавлення льоду). По суті, тепловий на-

сос "перекачує" тепло від низькопотенціального до високопотенціального джерела. Надлишок цієї енергії можна використовувати для інших цілей.

Враховуючи потужності певних виробничих об'єктів циркулюючої води, наприклад водооборотних циклів (володіючих великими запасами енергії), можна забезпечити "перекачку" необхідної кількості теплової енергії (не тільки на опріснення води, але і інші підгреби). За умови достатньої кількості циркулюючої води на об'єкті ефективність такого рішення буде залежати від того, наскільки велика потужність випаровувача теплового насосу.

Відомо багато типів теплових насосів, серед яких найбільш вживані є компресорні парорідинні теплові насоси (див. додаток 1). Всі апарати теплового насосу заповнені легкокиплячим холодильним агентом, для якого температура оточуючого середовища є настільки високою, що у випарнику починається кипіння рідкого холодоагента. Утворену пару відсмоктують компресором. При стиску пари у компресорі її температура підвищується настільки, що у конденсаторі, який омивається теплоносієм системи нагріву, пара зріджується, а тепло конденсації передається теплоносію, який при цьому нагрівається. На шляху до випарника рідкий холодоагент проходить через терморегулюючий вентиль (ТРВ), де різко знижується тиск рідини, після чого і починається її кипіння у випарнику, де цикл замикається. Відношення виробленої теплової енергії до затраченої у компресорі роботи називають коефіцієнтом перетворення теплового насосу. Коефіцієнт залежить від різниці температур джерел. Ця різниця відносно невелика для генератора і регенератора, в результаті величина коефіцієнта перетворення рівна 3 і більше. З урахуванням прив'язки (по наведеній схемі) до конкретних умов експлуатації технічна та економічна ефективність роботи установки, в цілому, буде високою, оскільки використовують природні джерела холоду та енергії (джерела низькопотенціальної енергії).

Тепловий режим у генераторі регулюють за рахунок: прямого контактування холодного повітря, яке подають вентилятором 2, з водою, тепловідводу незамерзаючою рідиною, що поступає від теплового насосу. Для підвищення ступеня організації потоків повітря і води та кращого контакту між ними застосовують перерозподільчу решітку 11 спеціальної конструкції.

Концентрацію розсолу у ємності 4 регулюють автоматичною подачею через теплообмінник 10 свіжої води із маневрової ємності, а рівень - відкачкою розсолу на переробку чи зберігання. Концентровані розчини солей (розсолів), які утворюють безперервний ряд твердих розчинів, можна розділити фракціонованою їх кристалізацією.

Інтенсивне утворення центрів кристалізації та льоду прісної води відбувається на поверхні заданої шорховатості стінок кілець Рашига. При цьому зменшується живий переріз генератора, що призводить до росту опору насадки рухові повітря у апараті, який фіксують диференціальним манометром. При досягненні певної норми, яка свідчить про граничну кількість утвореного льоду, апарат переключають у режим регенерації (плавлення

льоду). Перші порції талої води, які володіють підвищеним солевмістом, зливають з апарату у спеціально передбачену для цих цілей ємність (на схемі не показано). Після задовільних аналізів на вміст солей (по встановленому на ємності концентратоміру чи даних лабораторії), воду зливають у ємність прісної води.

Температуру у генераторі підтримують на рівні $-5^{\circ}\text{C} \dots -10^{\circ}\text{C}$, у регенераторі $+5^{\circ}\text{C} \dots -5^{\circ}\text{C}$, а тиск - близьким до атмосферного.

Таким чином, процес опріснення мінералізованої води ведуть з переважним використанням атмосферного холодного повітря чи холодильної установки, в залежності від пори року.

Генератор працює у плівковому режимі при невеликих густинах зрошування насадки водою (розсолем) і малих швидкостях газу. Кількість затримуваної на насадці рідини при цьому режимі практично не залежить від швидкості газу.

Отримання прісної води запропонованим способом дозволяє досягти високих техніко-економічних показників - кількість необхідного тепла для отримання 1 кг чистої води у 8-10 разів менша, ніж при випаровуванні чи дистиляції. Демінералізація виморожуванням не чутлива до мінерального складу, показник якості питної води по сухому залишку (менше 1,0 кг солей на 1 м^3 води) може бути досягнутий у всіх випадках. Таким чином, процес виморожування доцільно проводити способом прямого контактування холодного повітря із розсолем солей у спеціально сконструйованих апаратах, використовуючи тепловий насос. За рахунок цього досягається висока технічна і економічна ефективність процесу виморожування.

Джерела інформації:

1. Номер публикации 2230037 (RU). Способ обессоливания воды / Б.В. Пилат - Заявл. 16.01.2003, №2230037; опубл. 10.06.2004. МПК C02F 1/469.

2. Номер публикации 2000133209 (RU). Установка для обессоливания воды посредством обратного осмоса, снабженная выполненными с возможностью работы под повышенным давлением первичными камерами с непрерывным кинетическим циклом / А.М. Баретто - Заявл. 25.06.1999, №P9801381; опубл. 20.03.2003. МПК B01D 1/06.

3. Номер публикации 2095114 (RU). Устройство для обессоливания жидкости / А.С. Коротеев и др. - Заявл. 01.08.1994, №940287/25; опубл. 10.11.1997. МПК B01D 1/26.

4. Номер публикации 2002127145 (RU). Установка для опреснения минерализованной воды / И.И. Которович - Заявл. 10.10.2002, №2002127145/15; опубл. 20.04.2004. МПК C02F 1/22.

5. Аверин Г.В., Матлак Е.С., Голубева Л.Г. О новых направлениях в техническом решении проблемы деминерализации соленых вод вымораживанием. - Донецкий национальный университет, 2003.

6. Патент 2206512 (RU). Способ опреснения минерализованных вод и установка для его осуществления / А.Г. Алимов и др. - Заявл. 8.04.2002, №2002108938/12; опубл. в Б.И., 1997, №17, МПК C02F 1/22.

