

Обробку води за принципом дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційному апараті рекомендовано використовувати при реалізації низки хімічних методів пом'якшення для зменшення витрати реагентів та підвищення ступеня очищення.

Висновки

Доведено ефективність видалення гідрокарбонату кальцію і зменшення жорсткості води за рахунок застосування дискретно-імпульсного введення енергії. Експериментально встановлено технологічні параметри обробки води в роторно-пульсаційному апараті.

Доведено можливість використання запропонованого обладнання в технологіях водопідготовки підприємств теплоенергетики та інших галузей промисловості.

Література

1. Vakkilainen, E. K. (2017). Availability and Reliability. Steam Generation from Biomass, 180–202. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804389-9.00008-3>

ВИКОРИСТАННЯ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВОДИ

Ободович О.М., Целень Б.Я., Сидоренко В.В., Степанова О.Є.

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна, м. Київ, tdsittf@ukr.net

Питна вода – один із найцінніших стратегічних ресурсів кожної країни. Від її якості безпосередньо залежить здоров'я та життя людей [1]. Крім збалансованості хімічного складу, питна вода, щоб бути корисною для людини, має бути незабрудненою – тобто, не містити жодних патогенних мікроорганізмів, а також сторонніх продуктів людської діяльності, зокрема радіоактивних і токсичних хімічних речовин. Забезпечення населення і виробництва якісною водою є основою гармонійного соціально-економічного розвитку суспільства. Актуальність даної проблеми зростає під час військової агресії, коли в результаті аварії на Каховській ГЕС, руйнувань енергооб'єктів, водозабірних і водоочисних споруд порушується робота централізованих систем водопостачання, відведення та очищення стічних вод, також внаслідок деградації природних водойм через значний антропогенний тиск.

Близько 80 % води українці споживають з поверхневих джерел (річок, озер та водосховищ; насамперед – з річок Дніпро і Дністер), а 20 % – із підземних. Як вважають експерти, якість дніпровської та дністрової води є доволі низькою. У ці річки, як і в більшості інших українських водойм, скидають велику кількість неочищених стічних вод, побутових і промислових відходів, сюди ж змиваються дощами пестициди, нітрати, нітроти, солі важких металів тощо [2]. Майже всі поверхневі джерела водопостачання в Україні за рівнем забруднення наближаються до 3 класу якості (розбавлені стічні води), а за міжнародною класифікацією – до 4 класу (стічні води) [3].

За словами директора Інституту колоїдної хімії та хімії води імені А.В. Думанського НАН України В.В. Гончарука (академік НАН України), артезіанські підземні води є найбільш надійно захищеним від антропогенного впливу джерелом питної води [3]. Менш схильними до сезонних коливань, краще захищеними від небезпеки забруднення та інфекції, більш рівномірно поширені по території, на відміну від поверхневих вод, являються підземні води. Вони представляють собою складні багатокомпонентні системи,

що містять цілий комплекс неорганічних і органічних речовин, газів, мікрофлори. Концентрація мінеральних солей у цих водах залежить від умов їх утворення.

Водні джерела артезіанського типу знаходяться на глибині 100-1000 м. Артезіанська вода може знаходитись під кількома водоносними шарами [4]. Артезіанська вода міститься в глибоких шарах землі і зазвичай виходить на поверхню під тиском. Запаси артезіанської води зосереджені в западинах, флексурах або інших геологічних структурах, що утворюють артезіанські басейни (рис. 1).

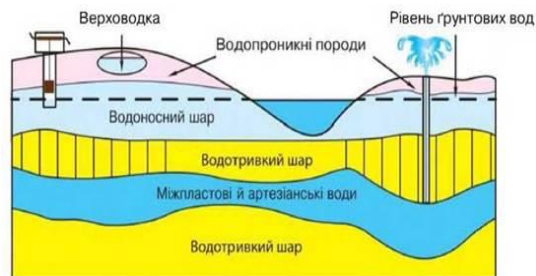


Рис. 1. Схема поширення підземних вод

Склад шарів земної кори і час перебування між ними артезіанської води дуже впливає на її якість. Серед недоліків цього типу води слід відзначити те, що при контакті з підземними мінералами, вона збагачується різними солями, мікро- і макроелементами в концентраціях, які зазвичай перевищують гранично допустимі норми (ГДК). Найчастіше артезіанська вода містить велику кількість заліза, марганцю, сірководню, вуглекислого газу, фтору. Для її очищення від цих сполук зазвичай використовують аераційно-окислювальні методи з подальшою фільтрацією.

До основних методів аерації знезалізнення води відносяться: аерація з наступною фільтрацією через гранульований наповнювач; “глибока аерація” з подальшою фільтрацією; метод “Віредокс” (фільтрування в підземних умовах з попередньою подачею у пласт окислюваної води).

Спрощений спосіб аерації заснований на здатності води, що містить залізо (II) і розчинений кисень, при фільтруванні через зернистий шар (пісок, керамічну крихту, антрацит) виділяти залізо на поверхню зерен, в результаті чого утворюється каталітична плівка гідроксидів двовалентного і тривалентного заліза. Каталітична плівка інтенсифікує процеси окислення та виділення заліза з води [5].

Мета досліджень – вдосконалення процесів очищення води від заліза, марганцю, сірководню, вуглекислого газу та інших речовин за рахунок використання методу дискретно-імпульсного введення енергії, що інтенсифікує процеси масо- і теплопереносу. В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблено аераційно-окислювальну установку роторного типу (АОРТ), використання якої дозволяє досягти поставленої мети.

Для досліджень використовували воду зі свердловини глибиною 250 м. Очищення води здійснювали в аераційно-окислювальній установці роторного типу (АОРТ), в якій реалізується метод дискретно-імпульсного введення енергії.

Знезалізнення води – процес масообміну, ускладнений хімічними реакціями. Швидкість переносу речовини і теплоти до зони реакції та швидкість реакції визначають параметр швидкості хімічного перетворення. Процеси масо- і теплообміну, що супроводжуються хімічною реакцією, можуть проходити в дифузійній, кінетичній або проміжній областях. В області дифузії процес обмежений швидкістю переносу теплоти і речовини в зоні реакції та реалізується при високих швидкостях хімічної реакції. І навпаки,

процеси в кінетичній області, обмежені швидкістю хімічної реакції і відбуваються при високих швидкостях переносу теплоти та речовини в зону реакції.

Відповідно до зазначеного вище, процес знезалізнення води залежить від швидкості окислення заліза (II) киснем повітря у водному розчині, що, у свою чергу, залежить від швидкості масопереносу (розчинення і транспорт кисню) в області дифузії.

Аналіз літератури показав, що метод дискретно-імпульсного введення енергії інтенсифікує процеси масо- і теплопереносу [6]. Тому, на основі цього методу для вдосконалення процесів очищення води від заліза, марганцю, сірководню, вуглекислого газу та інших речовин в Інституті технічної теплофізики НАН України розроблено роторну аераційно-окислювальну установку роторного типу (АОРТ) (рис. 2) [7].



Рис. 2. Аераційно-окислювальна установка роторного типу (АОРТ):

1 – збірник-накопичувач; 2 – аератор-окислювач; 3 – фільтраційно-окислювальна колона; 4 – розпилювальна головка; 5 – лічильник води; 6 – манометр; 7 – вакуумметр; 8 – кран подачі повітря; 9 – двоходовий кран.

Очищення води за розробленою схемою здійснюється наступним чином (рис. 2). В збірник-накопичувач 1 подається артезіанська вода, яка надходить на очистку. Вода надходить в аератор-окислювач 2 після відкриття двоходового крана. Подача повітря в приймальну трубу приладу здійснюється шляхом відкриття крана 8. Тому, в аератор-окислювач роторного типу надходить водно-повітряна суміш, в якій кисень розчиняється, а також частково реагує з окисненням Fe^{2+} до Fe^{3+} і гідролізом до $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Після цього водно-повітряна суміш надходить у фільтраційно-окислювальну колону 3, що заповнена піском або вугіллям різних фракцій (знизу крупна, зверху дрібна). У колоні відбуваються процеси остаточного окислення, гідролізу та очищення води від $\text{Fe}(\text{OH})_3$, що випадає в осад. Після колони вода, що очищена від заліза, проходить через розпилювальну головку для видалення вуглекислого газу. Знезалізована вода з нижньої частини ємності 1 через двоходовий кран 9 надходить у збірник очищеної води, а потім йде на реалізацію.

Звертаємо увагу, що знезалізнення води відбувається прямотоком за один прохід через роторний аератор-окислювач, фільтраційно-окислювальну колону і розширювальний бак. Для більш високого рівня очищення води від заліза установка може працювати в режимі рециркуляції.

Установка АОРТ випробувана в промислових умовах на Червонослобідському спиртзаводі концерну “Укрспирт”. Для технологічних потреб підприємство використовує

воду з артезіанських свердловин глибиною 200...250 м, яка за фізико-хімічними показниками не відповідає вимогам ДСТУ до води питної. Вміст заліза у досліджуваній воді сягав 3,5 мг/л, а ГДК – 0,3 мг/л. Для зниження вмісту заліза у воді на заводі використовувалася аераційно-окислювальна установка роторного типу.

Висновки. Отримані дані переконливо доводять, що використання АОРТ для очищення води порівняно з вищезгаданими пристроями дає змогу зменшити споживання енергії в 15-20 разів. Такий технологічний та енергетичний ефект від очищення води в аераційно-окислювальній установці роторного типу пояснюється тим, що вона працює за методом дискретно-імпульсного введення енергії. Робота АОРТ полягає в тому, що водоповітряна суміш, проходячи через щілини і зазори РПУ аератора-окислювача, зазнає дії ударних хвиль, міжфазної турбулентності, мікрокавітації, кумулятивних струменів, вихорів, які викликають нестійкості Релея-Тейлора або Кельвіна-Гельмгольца на міжфазних поверхнях, що призводить до інтенсивного дроблення повітряних бульбашок, значного збільшення загальної поверхні контакту фаз, інтенсифікації процесів масо- і теплопереносу. Подібних ефектів зазвичай неможливо досягти при використанні традиційних методів обробки дисперсних середовищ, навіть у разі значно більшого рівня питомих енерговитрат.

Список літератури

1. Значення води в природі та житті людини. Державне агентство водних ресурсів України. – 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rovkrhm.gov.ua/znachenie-vody-v-prirode-i-zhizni-cheloveka-ee-poleznye-svoystva>.
2. Якісна питна вода – основа здоров'я людини. *Preventive medicine*. № 2 (108). 2014. С. 40-42.
3. Гончарук В.В. Наука о воде. К.: Наук. думка, 2010.
4. Артезіанська вода – найчистіша вода на планеті? – 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://waterguide.com.ua/uk/artezianska-voda-najchystisha-voda-na-planeti/>.
5. Драгинский В.Л. Очистка подземных вод от соединений железа, марганца и органических загрязнений. *Водоснабжение и сантехника*. 1997. № 12. С. 16.
6. Долінський А.А. Принцип дискретно-імпульсного введення енергії та його використання в технологічних процесах. *Вісн. АН УРСР*. 1984. № 1. С. 39-46.
7. Пат. України № 114143. Долінський А.А., Ободович О.М., Резакова Т.А., Фіщенко А.М. Установка для аераційного знезалізнення підземних вод. Опубл. 27.02.2017, бюл. № 4.