

**Куницький С. О., аспірант** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ПІДГОТОВКА ПІДЗЕМНИХ ВОД ПРИ КОНТАКТНОМУ ЗНЕЗАЛІЗНЕННІ НА ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИХ ФІЛЬТРАХ**

**Наведені результати знезалізнення залізовмісних вод на пінополістирольних фільтрах з підвищеною крупністю гранул.**

**Ключові слова:** аерація води, пінополістирол, знезалізнення води, втрати напору, фільтри.

Для господарсько-питних потреб всієї питної води близько 31% становлять саме підземні води. При використанні таких вод найбільш часто виникає потреба у необхідності їх знезалізнення, деманганзації і знефторення. Тривале споживання людиною води з підвищеним вмістом заліза призводить до хвороб печінки, збільшує загрозу інфаркту, негативно впливає на репродуктивну функцію організму. Надлишок марганцю надає воді рожеве забарвлення і присмак, і призводить до захворювань кісткової системи. Вода з підвищеним вмістом заліза (більше 0,3 мг/л) і марганцю (більше 0,1 мг/л) спричинює незручності у побуті, неприємна на смак [1].

В останні роки якість водних ресурсів, незважаючи на зниження водоспоживання, поступово погіршується, тому в Україні прийнято довгострокову загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2011–2020 рр., в якій йдеться про заходи щодо забезпечення населення якісною питною водою в достатній кількості та належної якості. Тому водопідготовка є одним з пріоритетних напрямків розвитку водного господарства в наш час.

Україна має ресурс підземних вод обсягом 57,2, з яких затверджено 15,7 млн м<sup>3</sup>/добу. Поверхневі води дуже забруднені отрутохімікатами, нафтопродуктами, солями важких металів, фенолами, біогенними речовинами тощо. Підземні води краще захищені від забруднень стоками і тому в багатьох країнах світу є основним джерелом господарсько-питного водопостачання. Наприклад, в Італії вони становлять 93% загального споживання води з водних джерел, у Литві – 95, Німеччині – 91, Швейцарії – 70, Росії – 45, а в Україні – тільки 25. Більше ніж 50% підземних вод України мають підвищений вміст заліза, особливо це стосується центральних і західних областей [2].

**Ознаки присутності заліза у воді:** металевий присмак, рудий наліт на сантехніці і арматурі. Щойно піднята вода із свердловини має прозорий колір, але вже через декілька хвилин на відкритому повітрі з'являється драглистий рудий осад, який не осідає на дно. Деякі матеріали у воді, що має підвищений вміст заліза, знебарвлюються, напої (компоти) темніють. Рівень заліза 0,3 мг/л і більше призводить до появи рудого нальоту [1].

Майже всі підземні водоносні горизонти України мають підвищений вміст сполук заліза, який коливається від 0,5 мг/л до 30 мг/л і більше (сміт Рокитне – 6,0...32,0 мг/л, орендне підприємство “Санаторій Червона калина” Рівненської області – 12,2...17,8 мг/л, смт Гоща 2-3 мг/л, вода більшості сільських населених пунктів Рівненської області містить залізо в межах 1-10 мг/л), і потребують знезалізнення при використанні води для господарсько-питних цілей.

**Технологія видалення заліза і марганцю** може включати ряд фізико-хімічних процесів:

- окиснення киснем повітря розчинених двохвалентних іонів заліза і марганцю з переведенням їх в нерозчинні сполуки залежно від лужності і рН води;
- реагентне окислення іонів заліза (II) і марганцю (II), коли аераційні способи не дають потрібного результату або не можуть бути використані;
- підлучення води при низькому лужному резерві, що викликає деструкцію залізомарганцеорганічних комплексів;
- десорбція із води вільного вуглекислого газу для підвищення її рН;
- видалення із води сірководню;
- окислення органічних речовин, присутніх у воді;
- коагуляція колоїдних органічних сполук заліза і марганцю з метою їх відділення від води при седиментації чи фільтруванні;
- фільтрування залізомарганцевміщуючої води для затримання заліза і марганцю в зернистій засипці в результаті адсорбції, хемосорбції чи каталітичного окислення [1].

**Залежно від вмісту** заліза, марганцю, сірководню, лужності та каламутності, температури води, рН середовища, загальної і карбонатної твердості та окиснюваності визначають спосіб очищення води. Визначальними чинниками при компонуванні водоочисних споруд є хімічний склад води, необхідний ступінь знезалізнення та продуктивність станції.

При знезалізненні води використовують реагентний метод знезалізнення з введенням у воду спеціальних окислювачів або безреагентний

метод, залежно від хімічного складу води. Безреагентний метод простіший та дешевший і базується на принципі аерації води. Суть методу полягає в тому, що в аераційних пристроях підземна вода насичується киснем, при цьому частково видаляється вугільна кислота та частково окислюється залізо з двовалентної в тривалентну форму. Цей метод ефективний при умові, що вміст двовалентного заліза у воді складає більше 70%,  $pH \geq 6,8$ , вміст сірководню не більше 2 мг/л [2, 3].

В практиці будівництва станцій знезалізнення найбільш широкого розповсюдження отримав спосіб спрощеної аерації, який використовується для окислення розчиненого заліза при безреагентному методі. В основі його покладено численні практичні дослідження роботи станцій знезалізнення. Будівництво об'єктів за вищенаведеною технологією дешевше і більш просте у порівнянні з реагентними методами набуло широкого поширення в багатьох країнах СНД [1].

**Важливим критерієм при проектуванні водоочисних споруд** є тип фільтрів і вид засипки для них. Параметри фільтруючої засипки суттєво впливають на ефективність процесу знезалізнення води. В якості фільтруючих засипок доцільно використовувати пісок, шлак, туфи, гравій, цеоліт, аглопорит, пінополістирол та інші.

На кафедрі водопостачання та бурової справи НУВГП досвід проектування та використання фільтрів із зернистих матеріалів перевищує 20 років. Запроєктовані фільтри під керівництвом проф. Орлова В.О. експлуатуються на об'єктах Київської, Хмельницької, Вінницької, Житомирської та Рівненської областей [3]. Питаннями дослідження фільтрів з пінополістирольною засипкою займалися Орлова А.М., Мартинов С.Ю., Мінаєва Н.Л., Зошук В.О. та інші автори.

Найвідомішими способами виготовлення пінополістирольної засипки є обробка товарного полістиролу паром, гарячим повітрям або гарячою водою. Слід зауважити, що процес спінення пінополістиролу складний, бо існує проблема по виготовленню пінополістирольної засипки потрібного діаметру. На підприємствах з виготовлення пінополістирольних плит було налагоджено виробництво засипки з підвищеною крупністю гранул еквівалентним діаметром 2,8 мм. Досліджувалася ефективність контактного знезалізнення води на кафедрі водопостачання та бурової справи НУВГП.

Дослідження проводилися на лабораторній установці, що являє собою скляну колону діаметром 150 мм і висотою 2700 мм. Верхня частина колони приєднана до промивного баку за допомогою фланців. У верхній частині промивного баку діаметром 500 мм знаходиться перелив. Між верхом фільтрувальної колони і низом баку розташована утримуюча решітка, яка виконана з мідної сітки з розмірами комірок

0,7x0,7 мм. Повітрявідділювач виконаний з пластмасової труби діаметром 50 мм та висотою 1740 мм. Гранули засипки представляють собою зерна еквівалентним діаметром 2,8 мм. Товщина засипки встановлювалася дослідним шляхом і оптимальна висота складала 100 см. Тип фільтрування – висхідний.

Установка працює наступним чином: вода по трубопроводі подається через бачок постійного рівня у повітрявідділювач, попередньо змішавшись у змішувальній лійці із розчинами вапна та заліза, що дозується зі спеціальних ємностей і через дозатор потрапляє трубопроводом у нижню частину фільтрувальної колони. Профільтрувавшись через пінополістирольну засипку, фільтрат збирається над утримуючою решіткою і відводиться. Втрати напору у засипці визначаються за допомогою п'езометрів.

В таблиці 1 наведені основні хімічні показники модельного розчину (вихідна вода), який подавався на лабораторну установку.

Таблиця 1

Основні параметри модельного розчину води

Показники	Одиниці виміру	Вихідна вода
Температура, °С	°С	9-12
- рН	-	7,0-8,5
- залізо загальне:	мг/л	1.5 - 2.0
- жорсткість загальна	мг-екв/л	6,8-7,0
- лужність	мг-екв/л	6,8-7,1

Дослідження охоплювали наступний діапазон: інтервал швидкостей фільтрування 3-8 м/год; концентрація заліза у вихідній воді підтримувалася на приблизно одному рівні і для різних фільтроциклів діапазон за концентрацією заліза становив 1,0-2,5 мг/л; тривалість фільтроциклів складала близько 8 годин. Лабораторні результати досліджень дали позитивний результат і перспективу використання засипки з еквівалентним діаметром 2,8 мм на промислових водоочисних об'єктах.

В 2011 році було реконструйовано станцію знезалізнення та знезараження питної води. В основу роботи станції було покладено принцип знезалізнення води методом спрощеної аерації та фільтрування. Водоочисний комплекс смт Гоща представлений 3-ма пінополістирольними фільтрами діаметром 1400 мм та 1-м діаметром 1200 мм. Фільтруюча засипка має товщину 1 м, максимальний діаметр гранул – 5 мм, мінімальний – 2 мм.

Принцип роботи станції наступний: вода із свердловини подається

через аератор у повітрявідділювач діаметром 630 мм. Аерована вода надходить у фільтри, і знезалізняється до нормативних показників [4]. Артезіанська вода має характеристики, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристика артезіанської води із свердловини № 6 (14.11.2012)

Показник	Одиниці виміру	Вхідна вода
Температура	°С	7,5
pН	-	7,20
Лужність	мг-екв/л	6,8
O <sub>2</sub> , мг/л	мг/л	2,1
C <sup>Fezag</sup> , мг/л	мг/л	2,20

На рис. 1 наведені графіки залежності якості очищеної води від тривалості фільтрування для виробничих і лабораторних умов (фільтр № 3 Vф= 11,2 м/год, фільтр № 2 Vф= 7,2 м/год, модельна установка Vф= 7,0 м/год).

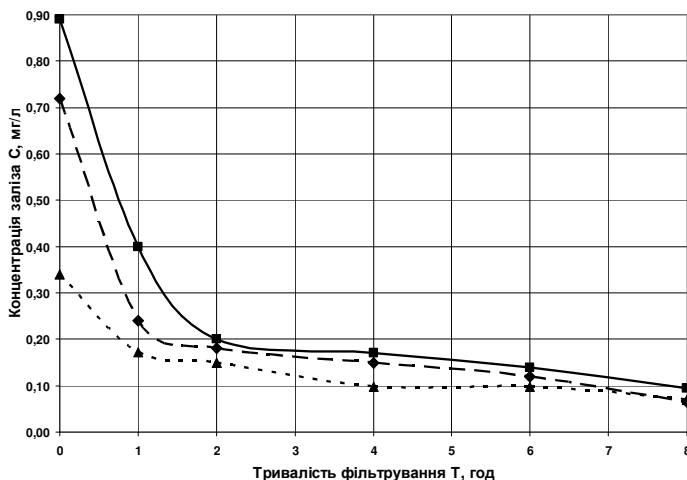


Рис. 1. Графіки залежності якості очищеної води від тривалості фільтрування

◆ Фільтр №2    ■ Фільтр №3    ▲ Модельна установка

Дані графіки демонструють, що перші порції води засипка не очищує до нормативних показників [4], але вже через дві години фільтрування якість відповідає нормативним вимогам. Причому, на виробничих фільтрах ефект очистки вищий ніж на лабораторній установці. Вміст заліза на вході у модельному розчині складав 1,5 мг/л, а у артезі-

анській воді свердловини – 2,2 мг/л, хоча перші порції води після фільтрів є більш забрудненими, ніж після лабораторної установки.

**Концентрація загального заліза** в артезіанській воді впродовж року не була постійною і змінювалася від 0,9 до 2,5 мг/л. Якість фільтрату після контактного знезалізнення то покращувалася, то погіршувалася, очевидно, це пов'язано з ступенем зарядки фільтруючої засипки, якістю та інтенсивністю промивки фільтра, вмісту заліза у вихідній воді, потреби у водоспоживанні, кількості аварій на мережах. Важливим параметром, що характеризує фільтроцикл є втрати напору у засипці, адже від втрат напору залежить тривалість роботи фільтрів. На рис. 2 показано графіки залежності відношення втрат напору ( $h$ ) до початкових втрат ( $h_0$ ), залежно від тривалості фільтрування  $t$ .

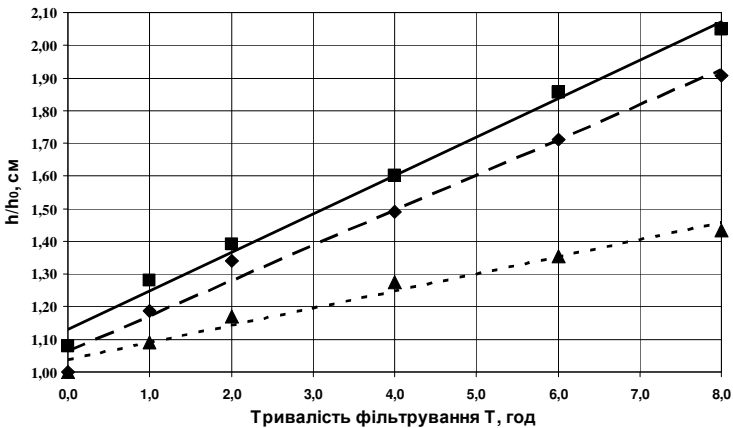


Рис. 2. Графіки залежності втрат напору від тривалості фільтрування

◆ Фільтр №2 ■ Фільтр №3 ▲ Модельна установка

Втрати напору у засипці зростають прямо пропорційно тривалості фільтрування води. Графіки демонструють: чим більша швидкість фільтрування і концентрація розчинених сполук заліза у вихідній воді, тим ліній графіка має більший кут нахилу до горизонту. Тому кальматція засипки настане швидше і корисна тривалість роботи фільтра буде нижчою. Для відновлення нормальної роботи фільтра його необхідно буде переводити в режим регенерації.

**Отже, вищенаведені графіки** демонструють адекватність процесу контактного знезалізнання, тому зерниста засипка еквівалентним діаметром 2,8 мм промислового виробництва очищує залізовмісні води до нормативних показників.

**1.** Седлухо Ю. П. Анализ рынка технологий и оборудования для обезжелезивания подземных вод / Ю. П. Седлухо, С. А. Иванов, А. В. Рудак // Вода и экология. – 2006. – № 2. – С. 55-62. **2.** Яворський В. Т. Перспективні напрямки очищення свердловинних вод від сполук феруму / В. Т. Яворський, Л. В. Савчук, О. І. Рубай // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" [збірник наукових праць]. – Л. : 2011. – № 700. – С. 50-54. **3.** Орлов В. О. Знезалізнання підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. Монографія / В. О. Орлов – Рівне : НУВГП, 2008. – 158 с. **4.** Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" : ДСанПіН 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010-05-12]. – К. : МОЗ України, наказ № 400. – (Нормативний документ).

Рецензент: д.т.н., професор Орлов В. О. (НУВГП)