

УДК 628.14

**Орлов В. О., д.т.н., проф., Мартинов С. Ю., к.т.н., доц.,
Куницький С. О., к.т.н.** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ ВОДООЧИСНОГО КОМПЛЕКСУ СМТ ГОЩА

В статті розглянуто та обґрунтовано спосіб контактного знезалізнення підземної води, наведено результати експериментальних досліджень процесу знезалізнення води на пінополістирольних виробничих фільтрах при різних параметрах роботи. Розглянуто процес контактного знезалізнення води на водоочисному комплексі смт Гоща.

***Ключові слова:* фільтрування, втрати напору, контактне знезалізнення води, швидкість фільтрування, осад, каталітична плівка, висхідне фільтрування, пористість засипки, пінополістирол.**

Постановка проблеми статті. Населення України використовує воду для задоволення своїх господарсько-питних потреб з поверхневих та підземних джерел. В малих населених пунктах, особливо в північно-західних регіонах, здебільшого мають пріоритет саме підземні джерела, оскільки ступінь забруднення їх нижчий, ніж в поверхневих, й вартість водопідготовки є нижчою. Залежно від типу джерела водопостачання та забруднень, присутніх у воді, підбираються методи та споруди для водопідготовки [1]. Компоновка таких споруд залежить від супутніх небажаних компонентів в природній воді, які потрібно вилучати чи понижувати їх концентрацію згідно нормативних вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [2]. Головним завданням є підібрати оптимальні параметри споруд, щоб забезпечити нормативну якість води на виході.

Головною метою даної статті є дослідження параметрів знезалізнення природних підземних вод на пінополістирольних фільтрах, що дозволить підготувати воду для споживачів нормативної якості.

Аналіз досліджень і публікацій. Все більш актуальним постає питання удосконалення існуючих технологій і споруд для водопідготовки та розроблення нових ефективних ресурсозберігаючих методів очищення природних вод від забруднень. Основними критеріями при підготовці води споживачам є ресурсозаощадження та економічна складова процесу [4-9].

Значний вклад в розвиток питання знезалізнення води та фільтрування зробили вітчизняні та зарубіжні вчені, такі як М.Д. Минц, О.Я. Олійник, Г.І. Ніколадзе, В.О. Орлов, М.Г. Журба, М.М. Гіроль, П.О. Грабовський, П.Д. Хоружий, О.М. Квартенко, С.Ю. Мартинов, Є.В. Юрков, С.К. Кисельов, Fewtrell, Bartram, Holl, Livingstone, R.O. Hallberg, Gehringer, Zalewski та інші [4; 7].

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Ефективність процесу знезалізнення води в досить великій мірі залежить від типу параметрів фільтруючої засипки. Окремого вихідного матеріалу, який виготовлявся б промисловістю як засипка для пінополістирольних фільтрів, немає. Спінювання полістирольних гранул до потрібного діаметру проводиться в лабораторних умовах.

Виготовити засипку потрібного гранулометричного складу можна у невеликих кількостях, які не можуть бути достатніми для завантаження фільтрів станції знезалізнення. Процес спінювання засипки у лабораторних умовах доволі довготривалий та складний. Вартість засипки, виготовленої під замовлення, є вищою, ніж при серійному виробництві, тому потрібно переходити на виробничий продукт, який отримується з відсіву полістиролу на підприємствах з виготовлення пінополістирольних теплоізоляційних плит. На даний час налагоджено серійний випуск пінополістирольної засипки промислового виробництва найменшим еквівалентним діаметром 2,8 мм [8].

Постановка завдання. На водоочисному комплексі смт Гоща у фільтри завантажена пінополістирольна засипка промислового виробництва еквівалентним діаметром 2,8 мм й виникає потреба провести аналіз роботи таких фільтрів, щоб відкоригувати експлуатаційні параметри фільтрів, які можуть варіювати в процесі знезалізнення.

Основні результати дослідження. Щодо хімічного складу природних підземних вод, то вони можуть мати підвищений вміст сірководню, вуглекислоти, марганцю, сульфідів, заліза та інші речовини, які спричинюють її забруднення.

Сірководень (H_2S) – безбарвна газоподібна речовина, що має досить специфічний запах. У питній воді не повинно бути присутнім більше 0,002 мг газу. Негативний вплив сірководню на організм людини через рідину буде непомітним, але практично незворотнім. Води, концентрація сірководню в яких перевищує санітарні норми, мають неприємний солодкуватий присмак і запах тухлих яєць. При споживанні таких вод в людей притупляться нюх і смакові сприйняття. Шкода наноситься не тільки організму, але і комунікаціям й технологічному обладнанню. Газ H_2S роз'їдає металеву поверхню трубопроводів, призводячи до іржі і утворюючи щілини з подальшим руйнуванням металевих компонентів.

Надлишок розчиненого марганцю особливо згубний для організму. Якщо доза марганцю в день складає від сорока міліграмів на день, то це призводить до порушення в роботі організму, такі як: щоденна втрата апетиту, поява галюцинацій, пониження активної діяльності людини, поява болю в м'язах, постійна втомлюваність і сонливість, а також вічна депресія, атрофія м'язів і поразка легенів.

Розчинене залізо, концентрація якого перевищує $0,2 \text{ мг/дм}^3$, спричинює захворювання крові, печінки, алергійні реакції, загальну слабкість організму. Крім того, надмірні концентрації заліза надають воді буруватого забарвлення, неприємного металічного присмаку, спричинюють заростання водопровідних труб та арматури [1].

Для вилучення вищеописаних компонентів існують реагентні та безреагентні методи, які залежать від типу й концентрації забруднень.

Здебільшого підземні води України характеризуються невисоким вмістом заліза (здебільшого до 5 мг/дм^3 , інколи вміст може досягати $10...25,5 \text{ мг/дм}^3$ (Рівненська обл.)) та сірководню (більше 2 балів).

Спосіб знезалізнення природніх підземних вод вибирається залежно від хімічного складу води (лужності, рН), необхідного ступеня знезалізнення й дегазації води, продуктивності водоочисної станції, технологічних випробовувань та параметрів споруд процесу. Для вод з невисокою концентрацією заліза, марганцю та сірководню можна використати безреагентний метод знезалізнення шляхом спрощеної аерації. Такий метод є досить дешевим та енергоощадним. Суть методу полягає в наступному: в аераційних пристроях вода насичується киснем, вилучається сірководень й окислюється розчинене залізо, утворюючи пластівці гідроксиду заліза, які мають певний заряд й затримуються в фільтруючій засипці. Фільтруючою засипкою фільтрів можуть бути: кварцові піски, керамзит, аглопорит, шлакова пемза, погорілі породи, вулканічні шлаки, базальтові та мармурові піски, гранодіорит, гранітний щебінь, магнетитові кварцити, цеоліт, пінополістирол [2-9].

Перспективним є використання фільтрів для знезалізнення води, в якості засипки яких використовується спінений пінополістирол. Простота конструкції пінополістирольних фільтрів з висхідним рухом води дозволяє в короткі терміни здійснити реконструкцію існуючих або будівництво нових фільтрів з невеликими матеріальними затратами. Конструкція фільтрів є раціональною та ресурсозберігаючою, що дає можливість її серійного виробництва та використання для знезалізнення води в багатьох регіонах України.

Ефективність знезалізнення на пінополістирольних фільтрах з висхідним фільтраційним потоком встановлювалася на водопровід-

142

них станціях та в баштах-колонах різних міст України, зокрема на водопровідних станціях Київської, Хмельницької, Вінницької та Рівненської областей, в баштах-колонах сільських населених пунктів Волинської, Вінницької та Рівненської областей. На всіх об'єктах якість фільтрату після очистки відповідала нормативним вимогам [2; 7; 8].

23 серпня 2011 року була введена в експлуатацію реконструйована станція знезалізнення та знезараження питної води смт Гоща Рівненської області. Ще з 90-х років на станції використовувався для водопідготовки підземної природної води 1 двошаровий пінополістирольно-щебеневий фільтр діаметром 2700 мм, який вийшов з ладу й не забезпечував водопідготовку згідно нормативних показників.

Якість фільтрату на об'єкті не відповідала нормативним вимогам санітарних регламентуючих документів. Тому було прийнято рішення реконструювати в дві черги станцію знезалізнення. Перша черга передбачала встановлення одного повітрявідділювача та чотирьох пінополістирольних фільтрів з висхідним фільтраційним рухом води (три фільтри діаметром 1400 мм, один – 1200 мм) розрахунковою швидкістю фільтрування 7 м/год., з сумарною максимальною розрахунковою добовою продуктивністю 840 м³/добу. В I, II та III фільтрах фільтруюча засипка утримується у притопленому стані спеціальною решіткою, а в IV фільтрі шар засипки утримує – полімербетон, який встановлений кафедрою водопостачання ОДАБА (рис. 1).

Дана технологія ґрунтується на принципі контактного знезалізнення.

Контактне знезалізнення – це процес знезалізнення води спрощеною аерацією та фільтруванням в об'ємі пористих середовищ при високих значеннях рН та лужності, що передбачає подачу аерованої води відразу на фільтри без попереднього її відстоювання [5; 8].

По мірі фільтрування пластівці заліза затримуються у засипці, кальмуючи її. Затримання забруднень відбувається за рахунок налипання забруднень на зернах засипки під дією адгезійних сил.

В процесі фільтрування зростають втрати напору, які можуть досягати граничного значення, або якість фільтрату перестає відповідати нормативним вимогам [2]. Тому, періодично необхідно проводити промивку фільтрів. Тривалість роботи фільтрів між промивками встановлюється дослідним шляхом. Промивка фільтрів здійснюється наступним чином: очищена вода рухається крізь пінополістирольну засипку, розширює та відмиває її від накопичених забруднень, шляхом тертя зерен одне об одне.

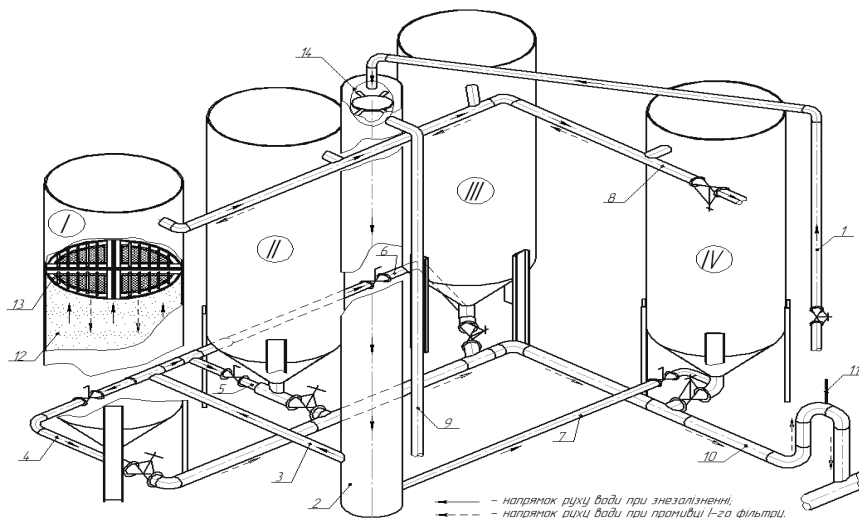


Рис. 1. Схема знезалізнення підземної води:

I, II, IV – фільтри Ø1400 мм; III – фільтр Ø1200 мм;

1 – трубопровід подачі вихідної води; 2 – регулятор швидкості фільтрування; 3 – трубопровід аерованої води; 4, 5, 6, 7 – трубопроводи подачі води на знезалізнення відповідно на I, II, III, IV фільтри; 8 – трубопровід відведення знезалізненої води в РЧВ; 9 – переливний трубопровід; 10 – трубопровід відведення промивної води; 11 – трубопровід зриву вакууму; 12 – пінополістирольна засипка; 13 – утримуюча решітка; 14 – аераційний вузол

В досліджуваній воді визначався вміст загального заліза $Fe^{заг}$, двовалентного Fe^{2+} , тривалентного заліза Fe^{3+} , вільної вуглекислоти CO_2 , сірководню H_2S , вмісту розчиненого кисню O_2 , температура води t та водневий показник води pH. В аераторі та повітрявідділювачі відбувається видалення надлишкової вуглекислоти та зниження вмісту сірководню. Як показують дослідження, підземна вода в повітрявідділювачі насичується киснем, що розчинений в повітрі, який в свою чергу окислює двовалентне залізо Fe^{2+} у тривалентну форму Fe^{3+} . Подальше затримання гідроокису заліза відбувається на зернах гранул засипки, яка вкрита зарядженою каталітичною плівкою із сполук заліза.

Вихідна вода до аерації та після має хімічні характеристики складу, наведені в таблиці.

Згідно дослідних даних у повітрявідділювачі зростає рівень pH від 7,15 до 7,30 за рахунок аерації води, зменшується вміст вільної вуглекислоти з 12 до 6,8 мг/дм³, вода насичується киснем з 2,1 до 3,2 мг/дм³, що пришвидшує процес коагуляції колоїдів заліза та їх подальшу адсорбцію на поверхні пінополістирольних гранулах засипки. Вміст сірководню у вихідній воді незначний, тому проходить в аераторі зниження його концентрації з 0,46 до 0,25 мг/дм³.

Порівняльна характеристика вихідної та аерованої води

Показник	Вхідна вода	Аерована вода
Температура, °С	7,0	7,0
pH	7,15	7,30
Лужність, ммоль/дм ³	6,8	7,2
CO ₂ , мг/дм ³	12	6,8
H ₂ S, мг/дм ³	0,46	0,25
O ₂ , мг/дм ³	2,1	3,2
C ^{Fe3+} , мг/дм ³	0,59	1,31
C ^{Fe2+} , мг/дм ³	1,5	0,78
C ^{Feзаг} , мг/дм ³	2,09	2,09

Дослідні дані свідчать, що хімічні показники якості води після фільтрів перебувають у нормативних межах при підвищених швидкостях фільтрування і процес очиски протікає досить повно і якісно.

В процесі експлуатації встановлено, якщо фільтри пропускають розрахункову добову витрату, то вміст заліза у фільтраті складає менше 0,2 мг/дм³ і запах сірководню відсутній.

Якість фільтрату змінювалася залежно від швидкості фільтрування і концентрації заліза у вихідній воді.

Згідно результатів досліджень, якщо добова витрата складала більше 900 м³/добу, то швидкості фільтрування перевищували розрахункову швидкість і якість фільтрату не завжди відповідала нормативним вимогам.



Рис. 2. Пінополістирольні фільтри з технологічними трубопроводами

На якість фільтрату впливає водорозбір, який визначається цілим рядом причин.

Висновки. Пінополістирольні фільтри з висхідним фільтраційним рухом води, робота яких ґрунтується на способі контактного знезалізнення, здійснюють очищення підземних вод від сполук заліза та сірководню до нормативних значень. Нерівномірність водоспоживання в різні дні місяця обумовлена аваріями на мережах, більшим споживанням води у святкові дні, а в літні місяці додаткові витрати води будуть необхідні для поливу присадибних ділянок та прибудинкових територій. Постає потреба в розширенні станції, щоб споживачі були забезпечені водою необхідної якості і в необхідній кількості.

1. Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням / В. О. Орлов. – Рівне : НУВГП, 2008. – 158 с. **2.** ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». **3.** Орлов В. О. Дослідження процесу знезалізнення підземної води на зернистих фільтрах з підвищеною крупністю гранул / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, С. О. Куницький, М. М. Меддур // Вісник НУВГП: Технічні науки. Збірник наукових праць. – Випуск 4(60). – Рівне : НУВГП, 2012. – 268 с. **4.** Орлов В. О. Контактное обезжелезивание вод на пенополистирольных фильтрах : монографія / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов. – LAP LAMBERT Academic Publisher ist ein., 2015. – 130 с. **5.** Куницький С. О. Обґрунтування параметрів роботи пінополістирольних фільтрів з підвищеною крупністю гранул при контактному знезалізненні підземних вод: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.04 „Водопостачання, каналізація” / С. О. Куницький – Рівне, 2013. – 26 с. **6.** Орлов В. О. Дослідження контактного знезалізнення на пінополістирольних фільтрах / В. О. Орлов, М. М. Меддур, В. В. Куницький, С. В. Гаврилюк // Вісник ОДАБА. – Вип. 50. – Ч. 2. – Одеса, 2013. – С. 132–136. **7.** Florescu C. Buletinul stiintific al Universitatii "Politehnica" din Timisoara, Romania seria hidrotehnica. Tomul 55(69), Fascicola1: Optimization of the open fast filters exploitation from surface drinking water station / Florescu Constantin, Podoleanu Corneliu Eusebiu // 2010. – P. 185–189. **8.** Тугай А. М. Водопостачання : підручник / Тугай А. М., Орлов В. О. – К. : Знання, 2009. – 735 с. **9.** Орлов В. О. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водо підготовки / Орлов В. О., Зошук А. М., Мартинов С. Ю. – Рівне : РДТУ, 1999. – 144 с. **10.** Орлов В. О. Дослідження режимів фільтрування знезалізнюючого пінополістирольного фільтра / Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Куницький С. О. // Вісник НУВГП: Технічні науки. Збірник наукових праць. – Випуск 4(52). – Рівне : НУВГП, 2010 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Ковальчук В. А. (НУВГП)

**Orlov V. O., Doctor of Engineering, Professor, Martynov S. Y.,
Candidate of Engineering, Kunitskyi S. O., Candidate of Engineering**
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

RESEARCH AND ANALYSIS OF GOSHCHA WATER TREATMENT COMPLEX WORK

In the article the contact and grounded way iron removal of underground water, the results of experimental studies on the process of iron removal water filters polystyrene production at the different options work. The process of iron removal of water contact on water treatment station of Goshcha.

***Keywords:* filter, pressure loss, contact iron removal of water, rate of filtration, sediment, catalytic film, rising filter porosity filling, polystyrene.**

**Орлов В. О., д.т.н., проф., Мартынов С. Ю., к.т.н., доц.,
Куницкий С. О., к.т.н. (Национальный университет водного хозяйства
и природопользования, г. Ровно)**

ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ РАБОТЫ ВОДООЧИСТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПГТ ГОЩА

В статье рассмотрено и обоснованно способ контактного обезжелезивания подземной воды, приведены результаты экспериментальных исследований процесса обезжелезивания воды на пенополистирольных производственных фильтрах при различных параметрах работы. Рассмотрен процесс контактного обезжелезивания воды на водоочистных комплексе пгт Гоща.

***Ключевые слова:* фильтрование, потери напора, контактное обезжелезивания воды, скорость фильтрования осадок, каталитическая пленка, восходящее фильтрации, пористость засыпки, пенополистирол.**
