

УДК 628.16

Орлов В. О., д.т.н., професор, Мартинов С. Ю., к.т.н., доцент, Корнійчук К. С., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ВОДИ НА ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНОМУ ФІЛЬТРІ В НАПІРНОМУ ТА БЕЗНАПІРНОМУ РЕЖИМАХ РОБОТИ

Наведені результати дослідження знезалізнення підземних вод на фільтрах з пінополістирольною засипкою при напірному та безнапірному режимах фільтрування.

Ключові слова: знезалізнення води, пінополістирольна засипка, напірний фільтр.

Вода – найдивовижніше природне з'єднання – джерело життя на Землі. Вона є невід'ємною умовою існування, здоров'я і активної діяльності людини. Водопостачання більшості невеликих та середніх, за розміром, населених пунктів проводиться із підземних джерел [1]. В Україні це практично все населення північних, західних, північно-східних та деяких інших областей. В більшості випадків, підземна вода містить підвищену кількість заліза (найчастіше до 5 мг/л), сірководню, вільної вуглекислоти [2].

Надмірна кількість заліза у воді не лише спричиняє появу неприємного запаху, каламутності, забарвлення води, заростання водопровідних труб а й негативно впливає на стан здоров'я людини. Тому, перед використанням води для питних цілей необхідно проводити видалення даного компоненту [3].

Метод знезалізнення обирають залежно від хімічного складу води, ступеня знезалізнення, продуктивності водоочисної станції тощо, на основі технологічних випробувань. Найчастіше для знезалізнення води використовують безреагентний метод (спрощена аерація та фільтрування), оскільки він простіший та дешевший, при наступних параметрах вихідної води: рН - не менше 6,7; лужність – не менше 1 мг-екв/л; перманганатна окиснюваність – не більше 9,5 мг O_2 /л; вміст тривалентного заліза $Fe_{(III)}$ – не більше 10% від загального вмісту заліза $Fe_{заг}$; вміст $CO_2 \leq 80$ мг/л і $H_2S \leq 2$ мг/л.

Даний метод базується на здатності води, що містить двовалентне залізо та розчинений кисень, при фільтруванні через зернистий шар

виділяти залізо на поверхні зерен, утворюючи каталітичну плівку з іонів та оксидів дво- і тривалентного заліза. Ця плівка активно інтенсифікує процес окислення та виділення заліза з води. Знезалізнення води в засипці, що покрита плівкою, є гетерогенним автокаталітичним процесом, в результаті чого, забезпечується безперервне оновлення плівки як каталізатора безпосередньо при роботі фільтру. Відсутність спеціальних аераційних пристроїв та контактних емкостей спрощує експлуатацію та знижує вартість очищення. Даний метод може бути застосованим, як в безнапірному, так і в напірному режимі, в залежності від продуктивності установки [4]. На ефективність знезалізнення також суттєво впливає тип фільтруючої засипки. Останнім часом себе добре зарекомендували фільтри з плаваючою пінополістирольною засипкою. Пінополістирол володіє достатньою механічною міцністю і хімічною стійкістю, довговічний в умовах нормальної експлуатації фільтрів [5].

Безнапірні схеми знезалізнення води з пінополістирольними фільтрами показали свою ефективність на практиці. Проте, в індивідуальних схемах водопідготовки вони вимагають додаткового встановлення накопичувача очищеної води та підвищувального насосу, що значно здорожує вартість всієї системи.

Все це робить неможливим широке використання даних пристроїв знезалізнення води для автономних об'єктів котеджного типу.

В лабораторії кафедри “Водопостачання, водовідведення та бурової справи” нами було проведено серію дослідів по знезалізненню води на пінополістирольному фільтрі в напірному та безнапірному режимах фільтрування.

При безнапірному режимі фільтрування робота установки полягала в наступному. Водопровідна вода по трубопроводу попадала в бак постійного рівня, куди по трубочках подавали розчин сірчаноокислого заліза та вапна. Далі модельний розчин, із заданою швидкістю, подавався в повітрявідділювач, а згодом, по трубопроводі, попадав у фільтрувальну колону, де проходив через шар пінополістиролу. Очищена вода збиралась у промивному баку, звідки по трубі відводився фільтрат.

Принцип роботи фільтра при напірному режимі фільтрування відрізнявся тим, що був виконаний герметично, промивний бак був оснащений вантузом, для випуску повітря, модельний розчин подавався під напором, а на трубопровід відведення фільтрату був встановлений вентиль для регулювання швидкості фільтрування.

Відбір проб води здійснювався через пробовідбірники, які розташовані таким чином, щоб вода забиралася з центральної частини ко-

лони і не захоплювала пристінкові потоки. Кількість води, яка забиралася з допомогою пробовідбірників не перевищувала 5% від загальної витрати, що проходила через пінополістирольний фільтр.

В процесі досліджень через 0,5...1,0 год визначалися швидкість фільтрування, втрати напору в колоні, вміст заліза у вихідній воді та фільтраті. З інтервалом 2-3 год визначали значення рН модельного розчину та фільтрату.

При безнапірному режимі фільтрування діапазон швидкостей, що ми досліджували, становив від 5 до 14м/год, вхідна концентрація заліза при цьому приймалася $[Fe_{вх}] = 1,0; 1,5; 2,0$ мг/дм³. Тривалість фільтроциклу становила не менше 8 год.

При напірному режимі діапазон швидкостей становив від 3 до 14м/год, вхідна концентрація заліза при цьому приймалася $[Fe_{вх}] = 1,0; 1,5; 2,0$ мг/дм³. Тривалість фільтроциклу становила від 10 год і більше.

Параметри засипки фільтра в обох режимах були аналогічними.

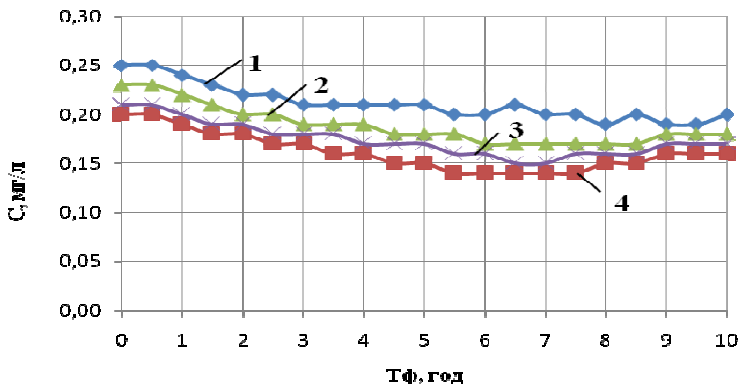


Рис. 1. Графік залежності концентрації заліза у фільтраті від тривалості фільтрування:

1 – $[Fe_{вх}] = 2,0$ мг/л, $V = 8$ м/год; 2 – $[Fe_{вх}] = 1,5$ мг/л, $V = 11$ м/год;

3 – $[Fe_{вх}] = 2,0$ мг/л, $V = 10$ м/год; 4 – $[Fe_{вх}] = 1,0$ мг/л, $V = 14$ м/год

На рис. 1 крива 1 – безнапірний режим, криві 2, 3 та 4 – напірний. Як видно з кривої 1 рис. 1 при концентрації заліза на вході 2,0 мг/л та швидкості фільтрування 8 м/год в безнапірному режимі, вміст заліза у фільтраті перевищує норму [6]. В разі напірного фільтрування якість фільтрату за вмістом заліза відповідає нормі навіть при швидкості фільтрування 10м/год (крива 3).

Втрати напору при цьому представлені на рис. 2.

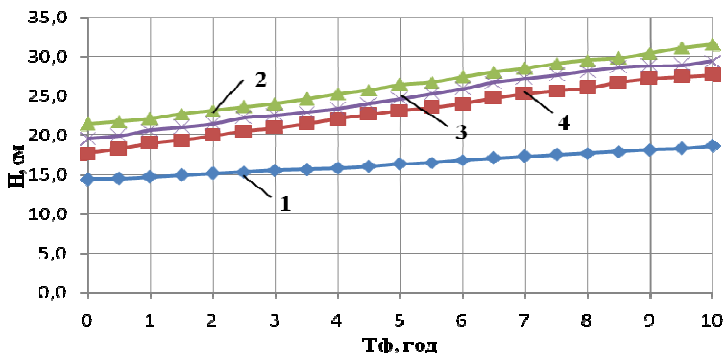


Рис. 2. Графік залежності втрат напору від тривалості фільтрування:

1 – $[Fe_{Bx}] = 2,0$ мг/л, $V = 8$ м/год; 2 – $[Fe_{Bx}] = 1,5$ мг/л, $V = 11$ м/год;

3 – $[Fe_{Bx}] = 2,0$ мг/л, $V = 10$ м/год; 4 – $[Fe_{Bx}] = 1,0$ мг/л, $V = 14$ м/год

Темп приросту втрат напору для безнапірного режиму (крива 1) менший в порівнянні з напірним (криві 2, 3 та 4) і становлять відповідно 0,4 см/год та 1,0 см/год. Різний темп приросту втрат напору можна пояснити мешою ефективністю знезалізнення води в безнапірному режимі та меншою початковою пористістю засипки при фільтруванні в напірному режимі.

Для порівняння зміни якості фільтрату з тривалістю фільтрування були проведені фільтроцикли швидкістю 14 м/год, при вхідній концентрації 1,0 мг/л, для напірного та безнапірного режимів фільтрування. Тривалість фільтрування становила 18,5 год. Графіки наведені нижче на рис. 3.

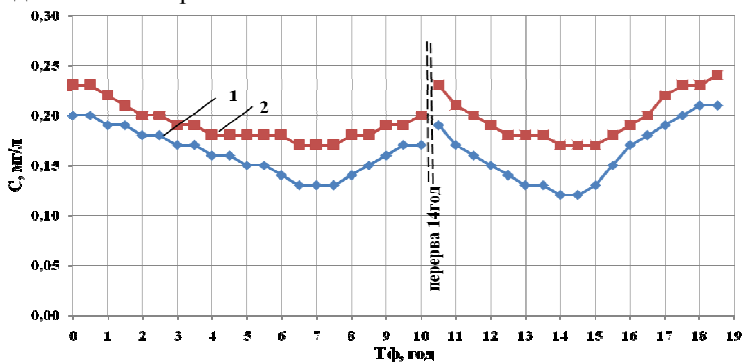


Рис. 3. Графік залежності концентрації затриманого заліза від тривалості фільтрування при $V = 14$ м/год, $[Fe_{Bx}] = 1,0$ мг/л:

1 – напірний режим; 2 – безнапірний режим фільтрування

На початку фільтроциклу якість фільтрату була невисокою, але з часом фільтрування поступово покращувалась. Проте, як видно з графіків, якість фільтрату при напірному режимі (крива 1) краща за якість при безнапірному (крива 2). Після перерви ефективність знезалізнення знижується в обох режимах фільтрування, що, очевидно, пов'язано з старінням осаду і зменшенням каталітичних властивостей.

Втрати напору для даних режимів фільтрування представлені на рис. 4.

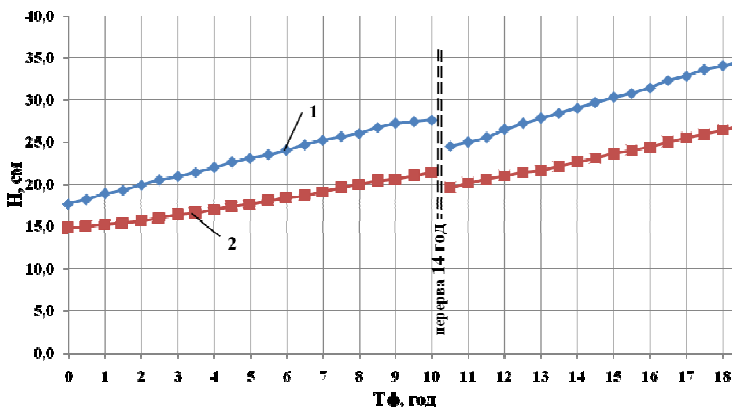


Рис. 4. Графік залежності втрат напору від тривалості фільтрування при $V=14$ м/год, $[Fe_{BX}]=1,0$ мг/л

1 – напірний режим; 2 – безнапірний режим фільтрування

Темп приросту втрат напору до перерви для безнапірного режиму (крива 2) становить 1,8 см/год, для напірного (крива 1) – 2,3 см/год, після перерви втрати помітно зростають та для безнапірного вже становлять 2,7 см/год, а для напірного – 3,5 см/год. Втрати напору в засипці після перерви в роботі дещо більші ніж до неї, що можна пояснити ущільненням осаду.

В процесі досліджень визначали розподіл забруднень по висоті засипки. Для цього у фільтрувальній колоні через 20 см було вмонтовано п'ять пробовідбірників, через які кожну 1-1,5 відбирали проби в кожному шарі засипки. Ефект очищення з висотою засипки представлений на рис. 5.

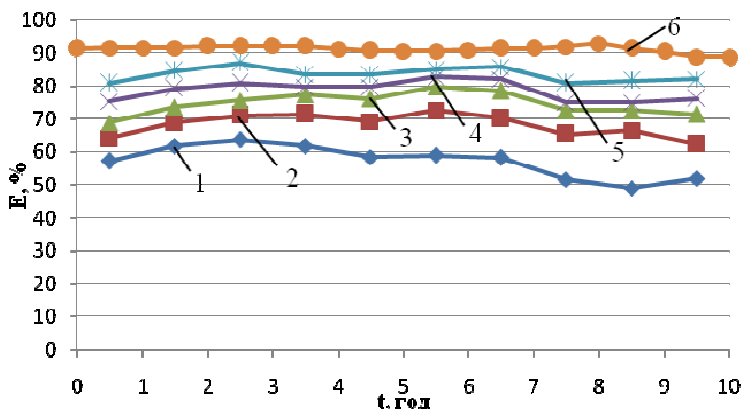


Рис. 5. Графік залежності ефекту очищення від тривалості фільтрування по висоті засипки:

1 – 20 см; 2 – 40 см; 3 – 60 см; 4 – 80см; 5 – 100 см; 6 – фільтрат

Основна кількість забруднень затримується в перших шарах засипки, а середній ефект очищення в них становить 57-52%.

Також у фільтрувальній колоні, для визначення втрат напору по висоті засипки, було встановлено чотири п'єзометри через 20 см. Значення втрат напору представлено на рис. 6.

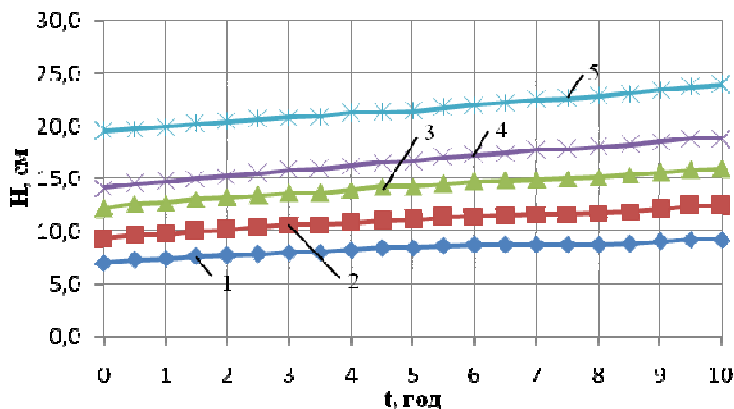


Рис. 6. Графік залежності втрат напору від тривалості фільтрування по висоті засипки:

1 – 0-30 см; 2 – 0-50 см; 3 – 0-70 см; 4 – 0-90 см; 5 – 0-130 см

Найбільші втрати напору прослідковуються в перших шарах засипки по ходу руху води, і становлять близько 62% від загальних.

Отже, при напірному режимі підвищений тиск забезпечує кращу розчинність кисню, що, відповідно, покращує окислення двовалентного заліза. Крім того, з підвищенням тиску відбувається незначне стиснення пінополістиролу, що також позитивно впливає на ефективність знезалізнення води. Це дозволяє знезалізнювати воду на напірних фільтрах з більшими швидкостями порівняно з безнапірним фільтруванням, забезпечуючи при цьому нормативну якість фільтрату.

1. Орлов В. О. Водопостачання та водовідведення. Підручник / В. О. Орлов, Я. А. Тугай, А. М. Орлова. – К. : Знання, 2011. – 359 с.
2. Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. Монографія. – Рівне : НУВГП, 2008. – 158 с.
3. ДБН В.2.5-74:2013 “Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування”. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
4. Фрог Б. Н. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – М. : Издательство МГУ, 1996. – 680 с.
5. Орлов В. О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. – Рівне : НУВГП, 2005. – С. 163.
6. Державні санітарні норми та правила “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

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

Orlov V. O., Doctor of Engineering, Professor, Martynov S. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor, Korniiichuk C. S., Post-graduate Student (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

RESEARCH OF IRON REMOVAL WATER FOAM FILTER IN THE PRESSURE AND THE FREE-FLOW MODES

The resulted results of research deferrization groundwater on filter with polystyrene backfilling under pressure and free-flow filtration mode.

Keywords: deferrization of water, foampolystyrene filling, pressure filter.

Орлов В. О., д.т.н., профессор, Мартынов С. Ю., к.т.н., доцент, Корнийчук Е. С., аспирант (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ НА ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНОМ ФИЛЬТРЕ В НАПОРНОМ И БЕЗНАПОРНОМ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Приведенные результаты исследования обезжелезивания подземных вод на фільтрах с пенополистирольной засыпкой при напором и безнапорном режимах фильтрования.

***Ключевые слова:* обезжелезивания воды, пенополистирольная засыпка, напорный фильтр.**
