

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 628.16

**Орлов В.О., д.т.н., професор, Мартинов С.Ю., к.т.н., доцент,
Куницький С.О., аспірант кафедри водопостачання і бурової справи**
(Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ФІЛЬТРУВАННЯ ЗНЕЗАЛІЗНЮЮЧОГО ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНОГО ФІЛЬТРА

Наведені результати та аналіз роботи виробничого пінополістирольного фільтра в різних режимах фільтрування. Запропоновано спосіб підвищення ефективності його роботи.

The results and the analysis of work industrial the expanded polystyrene filter in various modes of a filtration are resulted. It is offered a way of increase in efficiency of its work.

Приведены результаты и анализ работы производственного пенополистирольного фильтра в различных режимах фильтрации. Предложено способ увеличения эффективности его работы.

Ключові слова: знезалізнення, фільтрування, пінополістирол.

Сьогодні вода розцінюється не лише як природний ресурс, вона має виражену соціальну значущість, оскільки наявність достатньої кількості води належної якості є одним з основних чинників безпечних умов життя та стало-го розвитку держави.

Внаслідок незадовільної водогосподарської діяльності погіршується якість води основних джерел централізованого водопостачання. Тому, покращення якості води – одне з найважливіших народногосподарських завдань сьогодення. Стаття 7 Закону України «Про питну воду та питне водопостачання» передбачає, що Держава гарантує забезпечення кожної людини питною водою нормативної якості.

Централізованим водопостачанням в Україні забезпечено населення всіх міст і 86,4% селищ міського типу. Близько 30% населення України споживає підземну воду, причому сільське населення – 90% [1].

Підземні води нашої країни часто характеризуються підвищеними концентраціями заліза: приблизно в 50% підземних водозаборів спостерігається підвищена концентрація заліза. І ця цифра має тенденцію до зростання. Надмірні концентрації заліза надають воді буруватого забарвлення, неприємного

металічного присмаку, викликають заростання водопровідних труб та арматури [1]. Хоча залізо виконує важливі функції в організмі людини (основна з них – перенесення кисню), проте надмірна його концентрація в організмі людини призводить до руйнування клітин печінки.

Вибір методу знезалізнення та його технологічних параметрів є досить складною техніко-економічною задачею та залежить від хімічних властивостей води, продуктивності тощо [1, 2, 3]. В Україні найпоширеніші безреагентні аераційні методи знезалізнення води, які передбачають насичення киснем повітря води, з метою отримання закисного заліза, та подальшого його затримання в зернистій засипці фільтрів. Тип фільтруючої засипки та її параметри суттєво впливають на ефективність знезалізнення води. В якості засипки фільтрів можуть використовуватися зернисті матеріали з густиною більшою або меншою за густину води [1, 2]. Відповідно такі засипки називають «важкими» та «плаваючими». До «плаваючих» засипок відносять пінополістирол, використання якого дозволяє отримати ряд переваг порівняно з іншими засипками [1, 2]. Фільтрування води на пінополістирольних фільтрів може здійснюватися в різних режимах: висхідним, низхідним потоками, двопоточе фільтрування, що впливає на конструктивні особливості та технологічні показники фільтрів.

Нами проведено дослідження у виробничих умовах (Гоцанський водоочисний комплекс) знезалізнення води на пінополістирольному фільтрі в різних режимах фільтрування. Показники якості води наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Показники якості артезіанської води

№ з/п	Показники	Одиниці виміру	Значення
1	Запах при 20 ⁰ С	бал	3...5 (сіководень)
2	рН	--	6,96...7,1
3	Залізо загальне:	мг/дм ³	1,66...3,55
4	Залізо двовалентне	мг/дм ³	0,06...0,12
5	Залізо тривалентне	мг/дм ³	1,6...3,43
6	Жорсткість загальна	моль/м ³	6,9
7	Кальцій	моль/м ³	5,2
8	Магній	моль/м ³	1,7
9	Сульфати	мг/дм ³	9,4...16,4
10	Хлориди	мг/дм ³	7,0...10,0
11	Аміак	мг/дм ³	0,37...0,96
12	Нітрати	мг/дм ³	<0,1
13	Марганець	мг/дм ³	0,15...0,16
14	Вільна вуглекислота	мг/дм ³	52,4...76,7
15	Лужність	моль/м ³	6,9
16	Калій+натрій	мг/дм ³	12,0...13,5
17	Мінералізація	мг/дм ³	368...372

Аналізуючи дані наведені в табл. 1, можна зробити висновок про те, що якість води не відповідає вимогам до питної води за концентраціями загального заліза та марганцю, запахом, що пов'язано з наявністю у воді сірководню.

Знезалінення води на виробничому фільтрі виконувалося наступним чином (рис. 1). Артезіанська вода по трубопроводу 1 подавалася на верх фільтра та аерувалася шляхом вільного виливу води з висоти 0,5 м на відбійний щит. Далі попадала в надфільтровий простір проходила шар засипки та відводилася в колектор фільтрату 10. Фільтр промивався артезіанською водою шляхом відкриття засувки на трубопроводі 11.

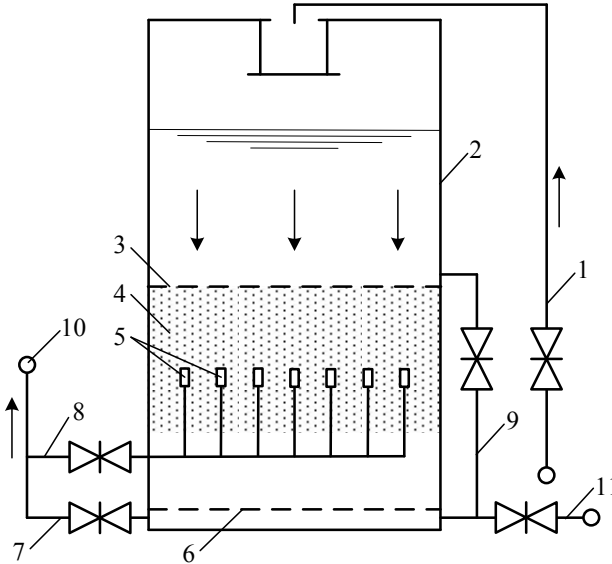


Рис. 1. Схема знезалінення води:

1 – трубопровід артезіанської води; 2 – корпус пінополістирольного фільтра; 3 – утримуюча конструкція; 4 – пінополістирольна засипка; 5 – ковпачкова дренажна система; 6 – нижня розподільна система; 7, 8 – трубопроводи відведення фільтрату (знезаліненої води); 9 – трубопровід подачі води при двопоточному фільтруванні; 10 – колектор фільтрату; 11 – трубопровід відведення промивної води

Відкриття чи закриття засувок на трубопроводах 7, 8, 9 дозволяє виконувати фільтрування води в трьох режимах.

Перший режим фільтрування: низхідне фільтрування із збором води через нижню розподільну систему. В даному режимі засувки на трубопроводах 8, 9 закриті, а на трубопроводі 7 – відкрита. Показники якості води наведені в табл. 2.

Показники якості фільтрату

№ з/п	Показники	Одиниці виміру	Значення в режимі фільтрування		
			перший	другий	третій
1	Запах при 20 ⁰ С	бал	4	2	3
2	pH	--	7,1	7,5	7,33
3	Залізо загальне	мг/дм ³	0,16	0,08	1,41
4	Залізо двовалентне	мг/дм ³	0,1	0,05	0,58
5	Залізо тривалентне	мг/дм ³	0,06	0,03	0,83
6	Жорсткість загальна	моль/м ³	6,9	6,9	6,9
7	Кальцій	моль/м ³	5,1	5,2	5,2
8	Магній	моль/м ³	1,7	1,7	1,7
9	Сульфати	мг/дм ³	11,9	7,6	16,4
10	Хлориди	мг/дм ³	10	10	7,0
11	Аміак	мг/дм ³	0,09	0,23	0,06
12	Нітрати	мг/дм ³	<0,1	<0,1	<0,1
13	Марганець	мг/дм ³	0,03	0,01	0,12
14	Вільна вуглекислота	мг/дм ³	26,2	26,2	47,5
15	Лужність	моль/м ³	6,9	6,9	6,9
16	Калій+натрій	мг/дм ³	13,3	11,0	13,5
17	Мінералізація	мг/дм ³	370	365	372

Отже, у фільтраті концентрації заліза та марганцю відповідають вимогам до питної води, але запах сірководню практично не зникає, що може свідчити про недостатність спрощеної аерації артезіанської води. Такі показники води характерні при швидкості фільтрування близько 2,9 м/год. При підвищенні швидкості фільтрування спостерігається погіршення якості фільтрату, що очевидно пов'язане із збільшенням пористості засипки при її псевдозрідженні.

Другий режим фільтрування: низхідне фільтрування із збором води через ковпачкову дренажну систему. В даному режимі засувки на трубопроводах 7, 9 закриті, а на трубопроводі 8 – відкрита.

Результати досліджень (табл. 2) показують, що якість фільтрату відповідає вимогам до питної води за виключенням підвищеного запаху. Загалом ефективність очищення води в даному режимі дещо вища порівняно з першим режимом фільтрування, проте швидкість фільтрування в даному режимі сягала 1,2...2,9 м/год. Збільшити вказану швидкість не вдалося навіть при напорі води перед засипкою близько 3 м. Причиною цього, очевидно, є недосконалість ковпачкової дренажної системи. Ковпачки швидко забиваються гранулами пінополістиролу, що значно збільшує їх гідравлічний опір. Довготривала експлуатація фільтра в даному режимі фільтрування показала, що дрібні зерна засипки проскакують через щілини в ковпачках та попадають у

водопровідну мережу. Це призвело до зменшення висоти шару засипки та зміни її гранулометричного складу.

Третій режим фільтрування: двопоточне фільтрування із збором води через ковпачкову дренажну систему. В даному режимі засувка на трубопроводах 7 закрита, на трубопроводах 8, 9 – відкриті.

Як показують результати хімічного аналізу якості води (табл. 2) фільтрат не відповідає вимогам до питної води за тими ж показниками, що й артезіанська вода. Ефективність знезалізнення становить 15%, деманганациї – 20%. Це, очевидно, пов'язано із складністю точного розподілу витрат води для висхідного та низхідного фільтрування. Крім того, частина засипки вимилася через дренажну систему, що призвело до зменшення загальної висоти шару і, відповідно, висоти засипки для висхідного фільтрування (частини засипки, яка знаходиться нижче ковпачків).

Отже, всі досліджені режими фільтрування не забезпечують необхідної швидкості фільтрування при отриманні фільтрату питної якості. Крім того, фільтр промивається артезіанською водою, що вимагає скиду першого фільтрату (від засипки до дна фільтра), збільшення тривалості промивки та гіршої ефективності промивки в порівнянні з промивкою знезалізненою водою. Все це негативно впливає на техніко-економічні показники роботи фільтра.

Для забезпечення нормативної якості води при розрахунку продуктивності фільтра (швидкості фільтрування) нами запропоновано застосувати режим висхідного фільтрування. Позитивний досвід роботи таких фільтрів з подібним хімічним складом води нами перевірений в лабораторних умовах та на знезалізняючих установках, розташованих в населених пунктах Гоцанського і Рівненського районів. Для інтенсифікації процесу аерації артезіанської води пропонується використання ежекційного аератора [4]. Схема знезалізнення води наведена на рис. 2.

Знезалізнення води здійснюється наступним чином. Артезіанська вода трубопроводом 1 надходить у вакуумно-ежекційний аератор 2, де відбувається насичення води киснем повітря та часткове видалення розчинених газів, які погіршують ефективність знезалізнення води. Далі вода потрапляє в повітревідділювач, який являє собою сталеву трубу із заглушеною нижньою частиною. В повітревідділювачі відбувається видалення бульбашок повітря і трубопроводом 4 вода самопливом надходить у нижню розподільну систему 8. При надходженні води в засипку 7 після аерації процес затримки заліза проходить безпосередньо в засипці, одночасно з окисленням. Зерна засипки можуть мати більший розмір ніж при глибокій аерації, але при надто великих розмірах зерен, що має місце в існуючому фільтрі, ефект знезалізнення знижується. Очищена вода збирається у надфільтровому просторі фільтра 5 і трубопроводом 9 відводиться в резервуар чистої води, куди подаються розчини гіпохлориту натрію для знезараження. Вода питної якості забирається з резервуару насосами і подається у водопровідну мережу населеного пункту.

Промивка пінополістирольної засипки виконується очищеною водою з надфільтрового простору фільтра шляхом відкриття засувки на трубопроводі 10.

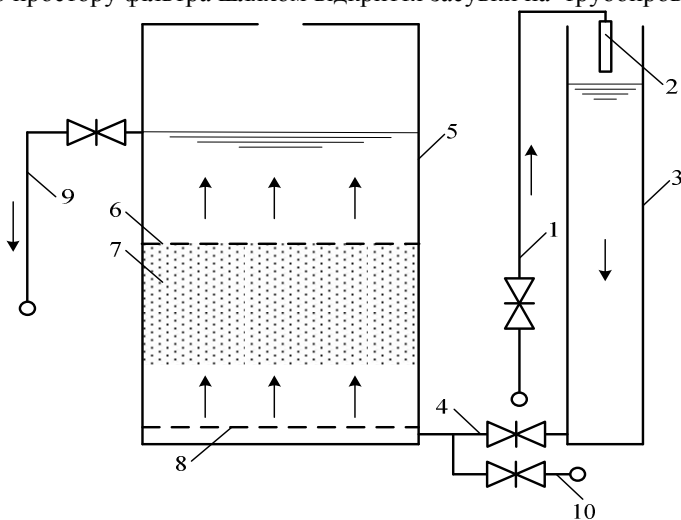


Рис. 2. Схема знезалізнення води на пінополістирольному фільтрі з висхідним режимом фільтрування:

1 – трубопровід артезіанської води; 2 – аератор; 3 – повітревідділювач; 4 – трубопровід аерованої води; 5 – корпус пінополістирольного фільтра; 6 – утримуюча конструкція; 7 – пінополістирольна засипка; 8 – нижня розподільна система; 9 – трубопровід відведення фільтрату (знезалізованої води); 10 – трубопровід відведення промивної води

Отже, проведені дослідження різних режимів роботи пінополістирольного фільтра для знезалізнення води дозволило виявити ряд недоліків в його роботі. На основі раніше проведених досліджень на інших об'єктах з подібним хімічним складом води запропоновано переобладнати існуючий фільтр на фільтр з висхідним потоком води, що дозволить забезпечити нормативну якість фільтрату при розрахунковій продуктивності фільтра.

1. Орлов В.О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. Монографія. – Рівне: НУВГП, 2008. – 158 с. 2. Орлов В.О., Зошук А.М., Мартинов С.Ю. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки. – Рівне: РДТУ, 1999 – 144 с. 3. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стойиздат, 1985, – 135 с. 4. Орлов В.О., Мартинов С.Ю., Трохимчук М.М. Патент на корисну модель «Аератор-дегазатор» № 50767 від 25.06.2010р. бюл. №12, 2010 р.

Рецензент: д.т.н., професор Филипчук В.Л. (НУВГП)