

С. Ю. Мартинов¹
Н. Л. Мінаєва²
С. О. Куницький¹

ОЧИСТКА ПІДЗЕМНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ БАШТОВИХ ВОДООЧИСНИХ УСТАНОВОК

¹Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне;

²Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування, Рівне

Запропоновано конструкцію водоочисної установки на основі металевої водонапірної башти з пінополістирольним фільтром, яка дозволяє якісно очищати підземні води від сполук заліза безпосередньо у місці водозабору чи доочищати в місцях її споживання, що є одним із заходів реалізації Загальнодержавної цільової програми «Питна вода України».

Ключові слова: питна вода, водоочисна установка, металева водонапірна башта, знезалізнення, пінополістирольний фільтр.

Вступ

В Україні найбільше розповсюджена схема централізованого водопостачання населення з використанням як поверхневих, так і підземних вод з водоносних горизонтів, що глибоко залягають. Якість водопровідної питної води залежить від різних чинників, основними з яких є стан та якість води джерела питного водопостачання, ефективність роботи водоочисних споруд та технології водопідготовки, санітарно-технічний стан водопровідних мереж [1—2]. В сучасних умовах майже усі ці чинники не відповідають нормативним вимогам, внаслідок чого створюються несприятливі умови для отримання питної води необхідної якості [3].

У сільській місцевості України близько 98 % водопроводів мають підземні водозабори і лише 2 % — з відкритих водойм. Кількість водопроводів, що не відповідають нормативним вимогам, відсутність водоохоронних зон була найхарактернішою для сільських (понад 75 %), відомчих (до 60 %) та комунальних (близько 50 %) водопроводів. Необхідного комплексу очисних споруд в різні роки не мали комунальні (35,6...38,1 %) та відомчі (25,7...28,2 %) водопроводи. На 90 % сільських водопроводів очисні споруди зовсім відсутні, а на 10 % — вони не мають необхідного комплексу водоочищення. Знезаражувальні установки були відсутні на 22,3...36,2 % артезіанських водопроводів в залежності від їх відомчої підпорядкованості. Вказані недоліки відображаються на якості води централізованих систем питного водопостачання, що надходить безпосередньо до користувача. Особливу занепокоєність викликає санітарно-гігієнічний стан централізованого водопостачання сільського населення [4].

Доведення якості питної води в усіх населених пунктах країни до нормативних вимог потребує значного обсягу інвестицій для реконструкції існуючих (це стосується фільтрувальних споруд, блоків дозування реагентів, запровадження технологій і споруд попередньої очистки води перед її надходженням на очисні споруди) або будівництва нових водоочисних станцій. Вирішення цієї проблеми передбачено шляхом реалізації заходів Загальнодержавної цільової програми «Питна вода України» на 2011—2020 роки [5].

Оскільки складна економічна ситуація сьогодення не дозволяє невеликим сільським населеним пунктам будувати окремі блоки очисних споруд, а також враховуючи, що підземні води мають значно менше забруднень, ніж поверхневі, актуальними стають установки, що дозволяють суміщувати декілька різних функцій. Одним з техніко-економічних рішень модернізації діючих водоочисних комплексів (установок) в сільській місцевості є установки для знезалізнення баштового типу, тобто такі, де безпосередньо всередині металевої водонапірної башти вбудовано фільтр для очистки води. Вони виконують роль регульовальної та водоочисної споруди одночасно. Така очисна споруда є компактною, достатньо дешевою та простою в експлуатації.

Метою статті є дослідження конструктивних та експлуатаційних параметрів металевої водонапірної башти з вбудованим в її стовбур пінополістирольним фільтром для очистки води, що дозволить покращити якість питної води у сільській місцевості.

Результати дослідження

Досвід розробки, впровадження, будівництва станцій баштового типу в різних країнах існує з 1978 р. Залежно від призначення розроблені станції баштового типу [6, 7]. Проте всі вони мають багато недоліків, серед них — відсутність регулюючого об'єму, складність в будівництві та експлуатації, значна кількість розподільних та дренажних систем, потреба у промивних насосах та резервуарах для накопичення промивної води і таке інше.

Науковцями Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне) під керівництвом д-ра техн. наук, професора В. О. Орлова розроблена баштова установка, яка дозволяє не тільки якісно очищувати воду, а й створює регульований об'єм та необхідний напір у водопровідній мережі.

На рис. 1 показана схема башти-колони з пристроєм для знезалізнення води. Така установка може застосовуватися за вмісту загального заліза у вхідній воді до 5 мг/дм^3 , при цьому двовалентного повинно бути не менше 70 %; рН більше 6,5; лужність не менше $(1 + \text{Fe}^{2+}/28) \text{ ммоль/дм}^3$; вільної вуглекислоти CO_2 менше 80 мг/дм^3 [8].

Впровадження цього об'єкта проводилося на реконструйованій башті з пінополістирольним фільтром, яка розташована у с. Бохоники Вінницького району Вінницької області [9].

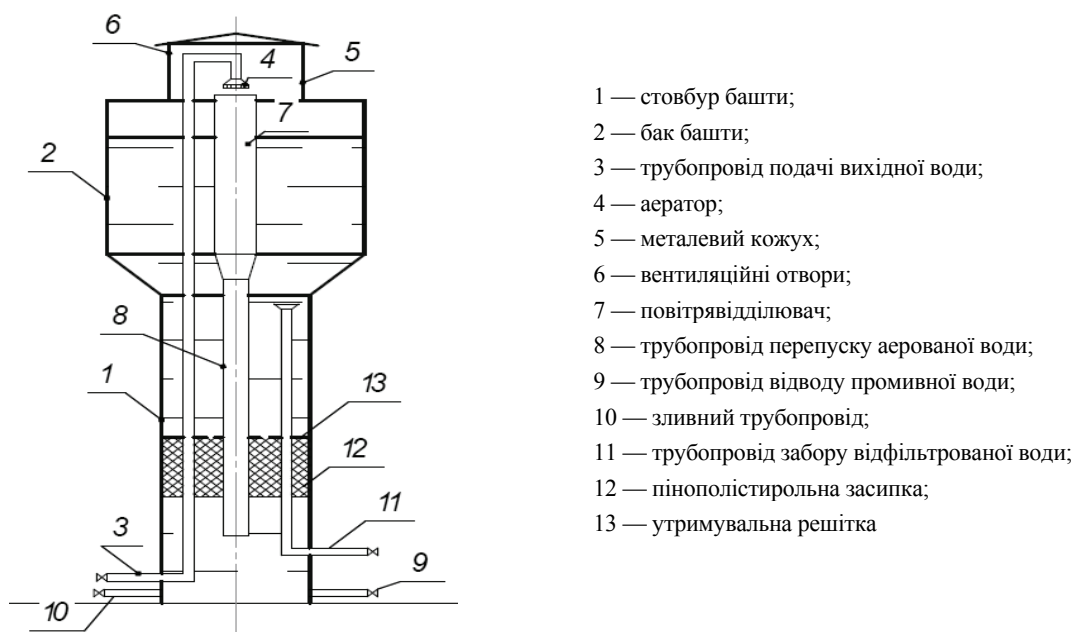


Рис. 1. Конструктивна схема башти-колони з пінополістирольним фільтром

Бак водонапірної башти із зовнішньої та внутрішньої сторони обладнають сходами, люком, датчиками рівня і водозливною трубою, яка запобігає перенаповненню бака водою. На водопроводі ставлять манометр і засувки. Основним параметром управління у такій установці є рівень води в баку башти, контрольований електродними датчиками рівня чи тиск води у напірному трубопроводі, який контролюється електроконтактним манометром.

Процес водопідготовки проходить так. Вихідна вода по трубопроводу через аератор потрапляє у повітрявідділювач, при цьому взаємодіючи з киснем повітря, відбувається окислення заліза та вилучення розчинених газів. Під час окиснення розчинених сполук оксиду заліза утворюються пластівці гідроксиду заліза [10]. В повітрявідділювач суміш аерованої води разом з окисненими в ній пластівцями сполук заліза знаходить в нижню частину стовбура башти. Рухаючись висхідним потоком, ця вода проходить крізь пінополістирольну фільтрувальну засипку й, вже очищеною, подається в бак башти. З баку очищена вода по трубопроводу забирається споживачам.

Промивка фільтрувального елемента баштової установки проводиться очищеною водою таким чином: вода з баку башти під вільним напором проходить крізь утримувальну решітку та фільтру-

вальну засипку, розширюючи її та відмиваючи з поверхні пінополістирольних гранул затримані сполуки заліза. Промивна вода по відповідному трубопроводу скидається в каналізаційну мережу або спеціальний накопичувач. Для запобігання виносу пінополістиролу зверху над фільтром встановлена утримувальна решітка, виконана у вигляді коміркової конструкції. Комірочки закриваються рамками, які затягнуті нержавіючою сталеву сіткою.

Розрахункову тривалість фільтроциклу приймають не менше 8 год. Максимальна тривалість фільтроциклу не повинна перевищувати 3 доби, що пов'язано із можливістю цементації засипки [11]. Тривалість промивки та її інтенсивність залежить від густини гранул пінополістиролу.

Як фільтрувальну засипку доцільно використовувати суміш спіненого полістиролу типу ПСВ-С (підтип ПСВ-С^N-А). Розрахункова товщина фільтрувальної засипки складає 1,0 м [9].

Згідно з Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» концентрація загального заліза у фільтраті при подачі її в господарсько-питний водопровід не повинна перевищувати 0,2 мг/дм³.

В процесі роботи установки проведені натурні дослідження параметрів роботи пінополістирольного фільтра в режимі фільтрування та промивки. Результати досліджень наведені в таблиці.

Результати хімічного аналізу проб води до та після знезалізнення, взятих безпосередньо із відбірника проб після башти за весь період фільтроциклу

Показники	Одиниці вимірювання	Підземна (артезіанська вода)	Очищена вода (фільтрат)		
			2 год	48 год	96 год
рН	од. рН	7,35	—	—	7,3
Лужність	моль/м ³	8,1	—	—	7,8
Жорсткість	моль/м ³	6,8	—	—	6,7
Залізо загальне	мг/дм ³	2,17	0,12	0,09	0,05
Залізо тривалентне	мг/дм ³	0,85	0,1	0,08	0,05
Залізо двовалентне	мг/дм ³	1,32	0,02	0,01	—
Нітрати	мг/дм ³	1,93	—	—	1,72
Окисність перманганатна	мгО ₂ /дм ³	0,74	—	—	0,88
Сухий залишок	мг/дм ³	510	—	—	505

Після тривалих зупинок (в нічну пору) спостерігається незначне погіршення якості фільтрату. Проте регулювальний об'єм установки досить великий, що забезпечує інтенсивне перемішування води в баку башти і сприяє зниженню концентрації гідрооксиду заліза, що потрапляє з очищеною водою у водопровідну мережу населеного пункту (рис. 2).

Отже, навіть за чотиридобового фільтроциклу вміст заліза в очищеній воді задовольняє норми та становить

0,05 мг/л. Ефект знезалізнення перед промивкою становив 98 %. Проте використання таких тривалих фільтроциклів може призвести до цементації засипки, якщо проводити промивку неякісно. В процесі фільтрування вміст пластівців залізистих сполук між гранулами засипки зростає про, що свідчить збільшення втрат напору й зниження пропускної здатності водоочисної установки. Тому такі пристрої слід перевести в режим промивки [10].

На рис. 3 наведено графік залежності концентрації заліза від тривалості промивки після фільтроциклу тривалістю 3 доби.

За період спостереження якість води після фільтрування на такій установці за вимірюваними показниками повністю відповідала стандартам ДержСанПіну «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (концентрація заліза у фільтраті не перевищувала допустиму норму 0,2 мг/л, при чому концентрація заліза у вихідній воді коливалась від 1,25 до 3,04 мг/л,

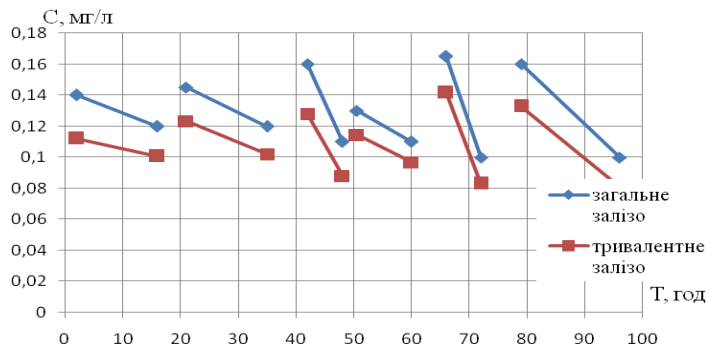


Рис. 2. Графіки вмісту загального та тривалентного заліза у очищеній воді протягом фільтроциклу

а ефект знезалізнення становив 96...98 %), що ілюструє ефективність запропонованої технології для підготовки залізовмісних підземних вод в сільських місцевостях України.

В результаті транспортування води водопровідними мережами якість її погіршується — збільшується кількість заліза, підвищується мутність і кольоровість. Вказане явище традиційно пов'язують із корозійною активністю води, яка, як правило, зумовлена її хімічним складом. Доведено, що повторне забруднення води є результатом заселення стінок трубопроводів залізобактеріями і нерівномірністю гідравлічного режиму водопровідної мережі.

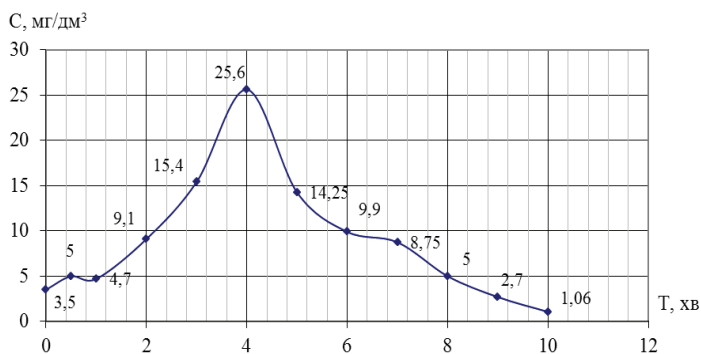


Рис. 3. Графік залежності концентрації заліза у промивній воді від тривалості промивки

Висновки

Досить часто для створення необхідного напору чи регульованого об'єму перед окремими об'єктами водоспоживання (підприємствами, групами багатоквартирних будинків, лікарнями, базами відпочинку тощо) влаштовуються металеві водонапірні башти. Реконструювання таких споруд під водоочисну установку з пінополістирольним фільтром дозволить значно покращити якість питної води у водопроводах, зменшивши вплив повторного її забруднення.

Отже, запровадження баштових установок для очищення підземних вод дозволяє проводити не тільки якісну водопідготовку відразу в місцях водозбору, а й її доочищення в місцях безпосереднього споживання, що є одним з головних заходів реалізації Загальнодержавної цільової програми «Питна вода України» на 2011—2020 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семчук Г. М. Забезпечення населення України питною водою високої якості: проблеми та перспективи / Г. М. Семчук // збірник доповідей за матеріалами Міжнародного конгресу «ЕТЕВК-2007». — Ялта, 2007. — С. 1—5.
2. Ситенко М. А. Забезпечення населення України якісною питною водою — один з головних пріоритетів державної політики і національної безпеки держави / М. А. Ситенко // Водопостачання та водовідведення. — Спецвипуск, 2008. — С. 15—17.
3. Прокопов В. А. Централизованное питьевое водоснабжение населения Украины: гигиенический анализ ситуации / В. А. Прокопов, О. В. Зорина, О. Н. Кузьминец // Водопостачання та водовідведення. — Спецвипуск, 2008. — С. 18—24.
4. Прокопов В. О. Стан та якість питної води централізованих систем водопостачання України в сучасних умовах (погляд на проблему з позицій гігієни) / В. О. Прокопов // Гігієна населених місць. — 2014. — № 64. — С. 56—67.
5. Загальнодержавна цільова програма «Питна вода України» на 2006—2020 роки, затверджена Законом України від 03.03.2005 р. № 2455-IV // Офіційний вісник України. — 2005. — № 13. — 655 с.
6. Дзюба В. С. Нове життя водонапірним баштам оригінально, просто, ефективно / С. В. Дзюба // Вода і водоочисні технології. — 2003. — № 3. — С. 21—24.
7. Юрков Е. В. Обезжелезивание подземных вод на локальных установках небольшой производительности / Е. В. Юрков, В. Е. Юрков // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. — 2006. — Вип. 6. — С. 33—39.
8. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5-74:2013 : Видання офіційне / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. — Чинний від 01.01.2014. — К., 2013.
9. Орлов В. О. Розробка технологічної схеми знезалізнення води на установці баштового типу / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, Н. Л. Мінаєва // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. пр. — Рівне, 2005. — Вип. 3 (31). — С. 307—315.
10. Очищення природної води на пінополістирольних фільтрах : монографія / [В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, А. М. Орлова та ін.] ; під заг. ред. В. О. Орлова. — Рівне : НУВГП, 2012. — 172 с. : іл.
11. Coj`ocariu P. Buletinul stiintific al Universitatii «Politehnica» din Timisoara, Romania seria hidrotehnica. Tomul 55(69), Fascicola1: Groundwater quality and pollution countrol / Paula Coj`ocariu, Mihail Luca. — 2010. — P. 67—70.

Рекомендована кафедрою екології та екологічної безпеки ВНТУ

Стаття надійшла 21.11.2016

Мартинов Сергій Юрійович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи;

Куницький Сергій Олегович — канд. техн. наук, старший науковий співробітник.

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне;

Мінаєва Наталія Леонідівна — канд. техн. наук, викладач, голова циклової комісії «Будівництво», e-mail: MinaevaN-82@mail.ru .

Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування, Рівне

S. Yu. Martynov¹
N. L. Minaieva²
S. O. Kunytskyi¹

Purification of Groundwater with Tower Water Treatment Installations

¹National University of Water Management and Nature Resources Use;

²Technical College of National University of Water Management and Nature Resources Use

There has been proposed the construction of water treatment plants based on water tower with a metal foam filter that allows to efficiently purify groundwater from iron compounds directly to the site of the water treatment intake in areas of consumption, which is one of the activities of the State Program «Drinking Water of Ukraine».

Keywords: drinking water, water treatment plant, metal water tower, de-ironing, polystyrene filter.

Martynov Serhii Yu. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Water-Supply, Draining and Drilling Engineering;

Minaieva Natalia L. — Cand. Sc. (Eng.), Lecturer of Technical College, Dean of Cyclic Board, e-mail: MinaevaN-82@mail.ru;

Kunytskyi Serhii O. — Cand. Sc. (Eng.), Senior Research Fellow

С. Ю. Мартинов¹
Н. Л. Минаева²
С. О. Куницький¹

Очистка подземных вод с помощью башенных водоочистительных установок

¹Национальный университет водного хозяйства и природопользования;

²Технический колледж Национального университета водного хозяйства и природопользования

Предложена конструкция водоочистной установки на основе металлической водонапорной башни с пенополистирольным фильтром, позволяющая качественно очищать подземные воды от соединений железа непосредственно в месте водозабора или доочищать в местах ее потребления, что является одним из мероприятий реализации Общегосударственной целевой программы «Питьевая вода Украины».

Ключевые слова: питьевая вода, водоочистная установка, металлическая водонапорная башня, обезжелезивания, пенополистирольный фильтр.

Мартинов Сергей Юрьевич — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения, водоотвода и бурового дела;

Минаева Наталья Леонидовна — канд. техн. наук, преподаватель, председатель цикловой комиссии «Строительство», e-mail: MinaevaN-82@mail.ru ;

Куницький Сергей Олегович — канд. техн. наук, старший научный сотрудник