

2.Делалио А., Гончарук В.В. Корнилович Б.Ю., Пшинко Г.Н., Спасенова Л.Н., Криворучко А.П. Утилизация осадков городских сточных вод // Химия и технология воды. – 2003. – Т.25. – №5. – С.458-464.

3.Чернышев В.Н., Пономаренко А.В., Кижаев В.Ф. К вопросу удаления металлов из осадков городских сточных вод // Вісник ДонНАБА. Вип.2(70). – Макіївка, 2008. – С.60-64.

4.Чернышев В.Н., Чернышева Е.Н., Куликов Н.И. Интенсификация аэробной стабилизации избыточного активного ила // Тезисы докл. науч.-техн. конф. «Микробиологические методы защиты окружающей среды». – Пущино, 1988. – С.124-125.

Получено 07.12.2009

УДК 628.16

В.О.ОРЛОВ, д-р техн. наук, М.М.ТРОХИМЧУК

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне

ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА БАШТ-КОЛОНАХ З ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНИМ ФІЛЬТРОМ

Наведено конструкції, технологічні параметри та ефективність роботи башт-колон з пінополістирольним фільтром для знезалізнення води.

Показаны конструкции, технологические параметры и эффективность работы башт-колон с пенополистирольным фильтром для обезжелезивания воды.

Constructions, technological parameters and efficiency of work options of tower-column type with a pinopolistiroil filter for the liquidation of iron particles from water are shown.

Ключові слова: башти-колони, пінополістирольний фільтр, промивка з різними інтенсивностями, промивна вода, регулювальний об'єм.

На даний час водопостачання більшості невеликих населених пунктів України, а також певних локальних об'єктів здійснюється із забором води з підземних джерел. Підземна вода, зазвичай, характеризується підвищенням вмістом іонів заліза, комплексних сполук дво- або тривалентного заліза (бікарбонати, сульфати, хлориди), тонкодисперсної зависі гідрооксиду заліза. У більшості випадків вміст заліза в підземних водах коливається в діапазоні 1,5-5 мг/л. Крім заліза дана вода може містити значні концентрації сірководню та вільного вуглекислого газу.

У зв'язку з економічною кризою в Україні та браком коштів на будівництво сучасних очисних споруд, найкращим виходом із даної ситуації є суміщення водоочисних фільтрів та інших споруд, комплекс яких забезпечували б очистку води до питної якості.

В даних умовах найбільш перспективними є башти-колони з фільтром, завантаженим фільтруючою засипкою: важкою (цеоліт, кварцовий пісок) або плаваючою (пінополістирол). Фільтрування може бути як з висхідним, так і з низхідним рухом води.

Дослідженнями, пов'язаними з використанням башт-колон, займалися і займаються П.Д.Хоружий, С.В.Дзюба [1, 2] та ін.

При переобладнанні існуючих водопровідних башт у башти-колони зазвичай виникають наступні проблеми: складність конструкції (деякі із запропонованих установок баштового типу є металоємними, обладнані допоміжними пристроями: блоки тонкошарових відстійників, додаткові дренажні системи, біореактори, гідродинамічні кавітатори та ін.; неможливість забезпечення необхідного регульовального об'єму води в баці башти (в окремих випадках регульовальний об'єм взагалі відсутній – це стосується установок, в яких фільтрування відбувається зверху вниз і в баці башти знаходиться неочищена вода); великі витрати промивної води та відсутність способів її утилізації, або повторного використання (дуже часто промивна вода без попередньої очистки скидається безпосередньо в водне джерело, промислову каналізацію або на прилеглі території. Дана проблема призводить до забруднення водойм, погіршення екологічного стану навколишнього середовища на прилеглих територіях або до виникнення підпорів і порогів у каналізаційній мережі, що може призвести до руйнування каналізаційних лотків).

Першими водонапірними баштами, обладнаними пристроями для знезалізнення води, були: башта в с.Бохоники Вінницької області [3, 4] і башта локальної системи водопостачання санаторію „Наш дім” в с.Нові Обиходи Вінницької області [3, 5]. Технологічні параметри запропонованих установок мають наступні показники. Розрахункова тривалість фільтроциклу – не менше 8 год. Максимальна тривалість фільтроциклу не повинна перевищувати три доби, що пов'язано з можливістю кальматації засипки. Тривалість промивки становить 5 хв. Швидкість фільтрування у нормальному режимі становить 5-5,5 м/год., у форсованому режимі – 6,5-7 м/год. В якості фільтрувальної засипки використовувалася суміш спіненого полістиролу типу ПСВ-С (підтип ПСВ-С^N-А).

Таблиця 1 – Результати хімічного аналізу проб води, взятих із свердловини та після знезалізнення на установці с. Нові Обиходи

Показники	Одиниці виміру	с. Нові Обиходи	
		свердловина	фільтрат
pH	од.	7,5	7,65
Fe^{3+}	мг/дм ³	1,5	0,24
Fe^{3+}	-«-	0,9	0,24
CO_2	-«-	відсутній	відсутній
H_2S	-«-	-«-	-«-

Впровадження даних установок дозволяє отримати наступні переваги: простота конструкції, що не потребує складних операцій при виготовленні та монтажі деталей, економія матеріалів, що дозволяє проводити оснащення існуючих водонапірних башт та впровадити установку у серійне виробництво, при будівництві та реконструкції систем водопостачання. Незважаючи на всі ці переваги, залишається проблема із забезпеченням необхідного регульовального об'єму води в баці (в даних установках аераційний блок розміщений в середині баку башти, що спричиняє зниження максимального рівня води в баці, що в свою чергу впливає на зменшення регульовального об'єму води в баці башти) та великі витрати промивної води.

В селищі Плужне для видалення із води сполук заліза і розчинних газів було запропоновано реконструювати існуючу водонапірну башту з розміщенням в ній пінополістирольного фільтра [6]. Технологічні параметри запропонованої установки є наступними. Розрахункова тривалість фільтроциклу – не менше 21 год. Максимальна тривалість фільтроциклу не повинна перевищувати три доби, що пов'язано з можливістю цементування засипки. Швидкість фільтрування у нормальному режимі становить 3,8 м/год., витрата води, що подається на очистку складає 6,8 м³/год. Тривалість промивки при інтенсивності 13 л/(с·м²) складає 7 хв. Ефективність роботи башти колони селища Плужне наведено в табл.2, де вказано основні характеристики якості води до і після очистки.

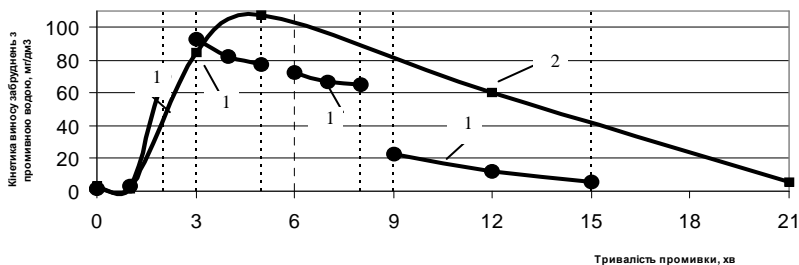
Таблиця 2 – Показники якості води у вихідній воді і фільтраті

Показник	Одиниці виміру	Результати лабораторних вимірювань					
		вих. вода	філ.	вих. вода	філ.	вих. вода	філ.
		жовтень 2008р.	жовтень 2008р.	06.05.09р.-08.05.09р.	06.05.09р.-08.05.09р.	12.05.09р.-15.05.09р.	12.05.09р.-15.05.09р.
<i>pH</i>	--	7,7	7,85	7,2	7,38	7,1	7,24
Жорсткість	мг-екв/дм ³	8,2	8,0	6,1-6,5	5,8-6,2	7,1-7,4	6,9-7,2
<i>Fe^{заг}</i>	мг/дм ³	1,64	0,09	1,5-2,63	0,09-0,22	1,38-2,75	0,06-0,125
Загальна лужність	мг-екв/дм ³	7,4	6,6	6,7-7,2	6,2-6,7	6,7-7,4	6,5-7,1
<i>H₂S</i>	мг/дм ³	0,92	від.	0,28	від.	0,34	від.
<i>CO₂</i>	-«-	від.	від.	від.	від.	від.	від.

Башта-колона, впроваджена в селищі Плужне Хмельницької області, обладнана аераційним блоком, що включає аератор вакуумно-ежекційного типу з можливістю регулювання витрати повітря [7], а також двома промивними трубопроводами для забезпечення промивки з різними інтенсивностями. Після проведення досліджень аератора з регулюванням витрати повітря було встановлено, що при зменшенні

кількості повітря, що подається аератором зменшується концентрація розчиненого кисню у проаерованій воді. Так, при виливі води без аерації безпосередньо у повітрявідділювач концентрація розчиненого кисню складала $5,2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, а при роботі аератора на повну потужність – $9,94 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Крім того, спостерігається підвищення ефекту знезалізнення при підвищенні ступеня аерації вихідної води. Так, при вихідній концентрації заліза у воді $1,5\text{-}1,69 \text{ мг}/\text{дм}^3$ концентрація заліза у фільтраті без проходження аератора складає $0,22\text{-}0,24 \text{ мг}/\text{дм}^3$, а після проходження аератора – $0,06\text{-}0,09 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Для окислення 1 мг закисного заліза потрібно $0,143 \text{ мг}$ кисню, проте після проведення досліджень було виявлено наступне: при концентрації загального заліза у воді $1,69 \text{ мг}/\text{дм}^3$ його двовалентна частина складала $1,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$, при цьому у воді містився розчинний сірководень концентрацією $0,3 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Вода після проходження аератора отримувала $6,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ розчиненого кисню, в свою чергу залишкова концентрація кисню у фільтраті складала $3,8 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Для видалення 1 мг сірководню з води необхідно в середньому $2,5 \text{ мг}$ кисню [3], в результаті цього для видалення з води $0,3 \text{ мг}$ сірководню необхідна концентрація кисню складе $0,75 \text{ мг}/\text{дм}^3$, тоді на окислення 1 мг закисного заліза витрачається $1,45 \text{ мг}/\text{дм}^3$ кисню.

Для регенерації фільтрувальної засипки використовувалась промивка з різними інтенсивностями. Після відкриття промивного трубопроводу вода починає опускатися донизу башти колони розширюючи фільтрувальну засипку і вимиваючи з неї затримані забруднення. Коли основна маса забруднень вимивається із засипки, промивний трубопровід закривається. Оскільки вимиті забруднення мають щільність значно більшу ніж щільність води, вони під дією сили тяжіння починають осідати на дно стовбура башти колони. Наступний цикл промивки проводиться при забезпеченні значно меншої її інтенсивності, це необхідно для зменшення відносного розширення засипки та досягнення кращого ефекту очищення пінополістирольної засипки, оскільки промивка проводиться в об'ємі менш брудомісткої води. У зв'язку з тим, що основна маса забруднень вимивається із засипки після перших циклів промивки, наступні цикли необхідні для виносу вимитих забруднень за межі фільтра та забезпечення кращого розташування засипки під утримуючою решіткою. Такий спосіб промивки веде до зменшення корисної тривалості промивки. Проводилась повна водяна промивка з сталою інтенсивністю ($7,5 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{м}^2$) і промивка з різними інтенсивностями ($5,2\text{-}7,5 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{м}^2$) пінополістирольного фільтра башти колони селища Плужне. На рисунку показано кінетику виносу забруднень з промивною водою.



Кінетика виносу забруднень з промивною водою:

1 – промивка з різною інтенсивністю; 2 – повна водяна промивка зі сталою інтенсивністю.

Таким чином, використання установок баштового типу з пінополістирольним фільтром забезпечує значний ефект видалення із води сполук заліза ($E=94,5\%$), а також розчиненого сірководню ($E=100\%$); дана установка дозволяє збільшити регульований об'єм води в баці башти шляхом розміщення аераційного блоку над баком башти; конструкція аератора дозволяє регулювати інтенсивність аерації для забезпечення оптимальних параметрів окислення двовалентної форми заліза; промивка з різними інтенсивностями дозволяє в середньому зекономити 50 % промивної води [6].

Промивна вода, що накопичується в промивному резервуарі, може використовуватися для поливу присадибних ділянок, зелених насаджень, газонів і квітників.

1.Хоружий П.Д., Муромцев Л.П. Знезалізнєння підземних вод на баштових установках // Водне господарство України. – 1997. – №1. – С.12-17.

2.Патент № 46297 (UA) Дзюба С.В. Пристрій очищення води. Опубл. 15.01.2004р.

3.Орлов В.О. Знезалізнєння підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. – Рівне: НУВГП, 2008. – 158 с.

4.Орлов В.О., Мартинов С.Ю., Мінаєва Н.Л. Знезалізнєння води на установці баштового типу // Вісник НУВГП: Зб. наук. праць. Вип.4 (28). Ч.1. – Рівне, 2005. – С.307-315.

5.Орлов В.О., Мартинов С.Ю., Мінаєва Н.Л. Впровадження установок для знезалізнєння води баштового типу в системах водопостачання сільських населених пунктів // Вісник НУВГП: Зб. наук. праць. Вип.2 (38). – Рівне, 2007. – С.257-263.

6.Орлов В.О., Мартинов С.Ю., Трохимчук М.М. Очищення підземної води від сполук заліза та розчиненого сірководню за допомогою установки баштового типу з пінополістирольним фільтром // Вісник НУВГП: Зб. наук. праць. Вип.1 (41). – Рівне, 2008. – С.252-258.

7.Патент № 43149 (UA) Орлов В.О., Трохимчук М.М., Мартинов С.Ю. Аератор з регулюванням витрати повітря. Опубл.10.08.09.

Отримано 11.01.2010