

УДК 628.1.147

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

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ ГОРБАКІВСЬКО-ГОРИНЬГРАДСЬКОГО ВОДОЗАБОРУ

Наведено технологічну схему роботи фільтрів, завантажених шебеневою засипкою; показані технологічні режими включення свердловин; представлені дані по якості води, що надходить із водозабірних свердловин та якість фільтрату після очистки природної води на фільтрах.

Ключові слова: фільтр, свердловина, аераційна система, промивка, знезалізнення, фільтрат, вихідна вода.

Для підземних вод характерне тісне контактування з найрізноманітнішими породами, ускладнений річний обмін між водоносними горизонтами, відсутність зв'язку з атмосферою й обмежена взаємодія з поверхневими водами. Підземні води включають складний комплекс газів, іонів, часток мінерального й органічного походження. Наявність і взаємодія цих компонентів обумовлюють властивості й особливості води, відмінність підземних вод між собою як за загальною мінералізацією, так і за іонним та газовим складом [1, 2, 4, 6, 7].

Воду підземних джерел споживає практично все населення сільських населених пунктів північних, західних, північно-східних та деяких інших регіонів України. У підземних водах багатьох водоносних горизонтах Хмельницької (с. Плужне), Вінницької (м. Шепетівка, с. Бохонники), Донецької (м. Слов'янськ), Київської (смт Березань, смт Барішівка, Сквиря, Володарка), Рівненської (Новий Двір, с. Горбаків, с. Франівка, с. Терентіїв, с. Дерев'яне, с. Нові Обіходи, с. Грабів, смт Гоща) та інших областей України, вміст заліза складає до 2 мг/дм³ і може бути присутній сірководень та надлишкова вуглекислота [3, 5, 8].

За більш ніж сто років існування технологій знезалізнення води було запропоновано і впроваджено велику кількість методів, проте їх можна згрупувати таким чином: безреагентні, реагентні, катіонообмінні, біохімічні. Залежно від фізико-хімічних показників вихідної води, продуктивності водоочисної станції, технологічних режиму фільтрів, конструктивних особливостей та ряду інших причин для конкретного випадку вибирають свій метод.

Одним з простих і дешевих методів водопідготовки є безреагентний метод, що ґрунтується на спрощеній аерації з наступним фільтруванням. Даний метод можна використовувати, якщо вміст заліза становить до 10 мг/дм^3 [1-7].

Щоб забезпечити споживачів питною водою нормативної якості необхідно передбачати в системах водопідготовки станції знезалізнення води. Для покращення органолептичних показників води перед фільтруючим блоком встановлюється аераційний блок, в якому, крім окиснення двовалентного заліза, відбувається і віддувка розчинених супутніх газів, що присутні у підземних водах [7].

На стадії фільтрування у фільтруючій засипці, залежно від її типу та крупності, проходить процес затримання сформованих пластівців гідроксиду заліза. В більш дрібних засипках (по гранулометричному складі) пластівці гідроксиду заліза затримуються в перших шарах, що призводить до зростання градієнта втрат напору з часом. У крупніших засипках процес знезалізнення може проходити у товщі засипки. По мірі фільтрування на зернах засипки з'являється плівка із колоїдів заліза, що має значно більші сорбційні властивості, ніж зерна «чистої» засипки. Така плівка слугує каталізатором фізико-хімічного процесу знезалізнення води. Про присутність плівки на зернах засипки свідчить зміна кольору зерен [5, 7].

В процесі знезалізнення підземних вод при надходженні води (з вмістом заліза до 2 мг/дм^3 та високих значеннях рН) у фільтруючу засипку, після окиснення розчиненого заліза киснем повітря, – процес затримання пластівців заліза проходить безпосередньо в засипці одночасно з його активною фазою окиснення, тобто відбувається так зване контактне знезалізнення.

Процес фільтрування може здійснюватися з допомогою фільтра будь-якої конструкції з різною зернистою засипкою – гравієм, щебенем, кварцовим піском, антрацитом, гранульованою пластмасою, пінополістирол тощо. Ефективність очищення води досить суттєво залежить від природи фільтруючої засипки та її фракційного складу.

Водопостачання м. Рівне на 1/3 забезпечується з Горбаківсько-Гориньградського водозабірно-очисного комплексу.

Проектна максимальна продуктивність комплексу складає $80000 \text{ м}^3/\text{добу}$. Останнє десятиліття у зв'язку зі скороченням водоспоживання фактична добова витрата води, що знезалізнюється на водоочисному комплексі, складає $41000\text{-}43000 \text{ м}^3/\text{добу}$. Тому постає проблема перевірки та уточнення технологічних режимів роботи споруд і їх конструктивних елементів.

Для нормального функціонування водоочисного комплексу та

забезпечення споживачів водою нормативної якості необхідно здійснити перевірку й налагодити технологічні режими роботи споруд; встановити технічну придатність конструктивних елементів водоочисних споруд для забезпечення відповідних режимів фільтрування та промивки; провести дослідження якості природної води та фільтрату, проаналізувати роботу існуючого комплексу водопідготовки.

Водоочисний Горбаківсько-Гориньградський комплекс включає в себе каскад водозабірних свердловин, з яких вода подається насосною станцією першого підняття на дві станції знезалізнення.

Після стадії очистки вода надходить в РЧВ, з яких подається споживачам на місто Рівне та на навколишні села Гощанського району. Розподіл води за витратами наступний: м. Рівне – 95% (41000-43000 м³/добу), села Подоляни, Горбаків, Мнишин, Чудниця, Воскодави – 5% (1000-1500 м³/добу).

Забір води здійснюється із 23 свердловин, які об'єднані в три вітки: Подолянську (21, 21а, 20, 20а, 19, 18, 18а, 16, 16а), Горбаківську (15, 15а, 14, 13, 10, 9, 8, 7) та Воскодавську (27, 26, 25, 24, 23, 22). Свердловини 1, 1а та 2 розташовані безпосередньо на території водоочисного комплексу. Робота свердловин є несталою і навантаження на вітки також різним. Кожна вітка має дві-три свердловини, що працюють цілодобово без вимикання. Цілодобово працюючими свердловинами є: 14, 15а, 17, 19, 21, 22, 23, 10. Додатково у нічний час вмикаються – 1, 1а, 2, 7, 9 та 20 (вмикається автоматично з 00.00 до 07.00).

Кількість одночасно працюючих свердловин в різних тарифних зонах наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Кількість одночасно працюючих свердловин в різних тарифних зонах

Час/ Дата	22.05.14	21.05.14	20.05.14	19.05.14	18.05.14	17.05.14	16.05.14
00.00÷ 06.00	11+СЗВ*	10+СЗВ	11+СЗВ	10+СЗВ	10+СЗВ	10+СЗВ	11+СЗВ
06.00÷ 08.00	12	12	12	12	12	12	12
08.00÷ 11.00	8	8	8	8	8	8	8
11.00÷ 20.00	10	10	10	10	10	10	10
20.00÷ 24.00	8	8	8	8	8	8	8

Примітка. СЗВ* – станція зворотних вод, що дає витрату води так, як 2 свердловини.

Знезалізнення води на Горбаківсько-Гориньградському водозаборі забезпечується двома водоочисними станціями. На рисунку 1 показана фільтрувальна зала станції № 1.

Кожна із станцій налічує по вісім фільтрів із щебеневою засипкою та низхідним рухом води.



Рис. 1. Фільтрувальна зала водоочисної станції № 1 Горбаківсько-Гориньградського водозабору

Принцип роботи станцій базується на спрощеній аерації – підземна вода надходить в аераційний блок, в якому проходить перша ступінь аерації. Блок аерації із чашоподібною конструкцією представлений на рисунку 2.



Рис. 2. Блок аерації із чашоподібною конструкцією

Далі вода витікає з чашоподібною конструкції, аеруючись киснем повітрям подається в жолоби, з яких вільно виливається у фільтр –

друга стадія аерації. Жолоб та фільтр № 3 водоочисної станції № 2 показані на рисунку 3.



Рис. 3. Аераційний жолоб та фільтр № 3 водоочисної станції № 2

Товщина шару засипки фільтра складає 1,5...1,6, а товща шару води у фільтрі – 4,3...4,4 м. Фракція щебеневої засипки: верхні шари – 5-10 мм, нижні – 20...40 мм.

Кожен фільтр станції побудований із двох однакових секцій, кожна з яких має розміри 5,5*2,8 м. Система забору води представлена мережею променів діаметром 60 мм, які відходять від спільного колектора.

Кожен промінь представляє собою трубу, в нижній частині якої просвердлені отвори під кутом 45° та діаметрами по 10 мм. Навколо труби, так званого каркасу, виконана оболонка товщиною 20 мм із щільного порового поліетилену, який утримується сіткою 4,0*2,0 мм.

Промені розміщені один від одного на відстані 150 мм й під'єднані до спільного колектора, яким вода відводиться за межі фільтра. Під водозабірною системою прокладена аераційна мережа, що використовується при промивці фільтрів. Фрагмент водозабірної та аераційної системи зображені на рисунку 4.

Підведення природної води до лотків забезпечується трубопроводом діаметром 600 мм. Промивний трубопровід має діаметр 800 мм. Витрати води на промивку одного фільтра складають 250 м³.

Послідовність промивки фільтрів наступна представлена в таблиці 2.

Фільтри на станції № 1 та № 2 промивають один раз на чотири доби. Промивка здійснюється із башти, що здатна подати 500 м³ за один раз промивки. Тривалість промивки одного фільтра складає 1,5 год.

Таблиця 2

Послідовність промивки фільтрів

1, 7, 13, 16	3, 5, 11, 12	2, 6, 10, 15	4, 8, 9, 14
--------------	--------------	--------------	-------------



Рис. 4. Фрагмент водозабірної та аераційної системи фільтра

Концентрація заліза у вихідній воді подаючого колектора в середньому становить 1,83-2,08 мг/дм³. Проби води відбираються о 9⁰⁰ з фільтрів, що виводяться на промивку, а з 10⁰⁰ проби беруться з решти фільтрів.

Очищена вода збирається і відводиться фільтропроводами з кожної станції окремо й надходить за їх межі у магістральний фільтропровід. Аналізи води відбираються як з фільтропроводів, так і з магістрального фільтропроводу.

Усереднені показники якості вихідної води наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Показники якості вихідної води

№ з/п	Показник	Одиниці виміру	Значення
1	Концентрація заліза	мг/дм ³	1,83 ÷ 2,08
2	Лужність	мг/дм ³	0,35 ÷ 0,44

Водоочисний комплекс працює по чотирьох сезонах протягом року, що дозволяє фільтрам знезалізнювати води із різним навантаженням протягом доби.

Залежно від вартості електроенергії фільтри навантажують у різні години доби по різному. Найдешевша електроенергія в тарифній зоні «ніч» і навантаження на фільтри спостерігаються також найбільшими з 00⁰⁰ по 06⁰⁰.

З 13.05 по 16.05.2014 р. було відібрано проби води по всіх шістнадцяти фільтрах в першій половині дня. Концентрації заліза у фільтраті

протягом чотирьох днів після шістнадцяти фільтрів водоочисного комплексу представлено на рисунку 5.

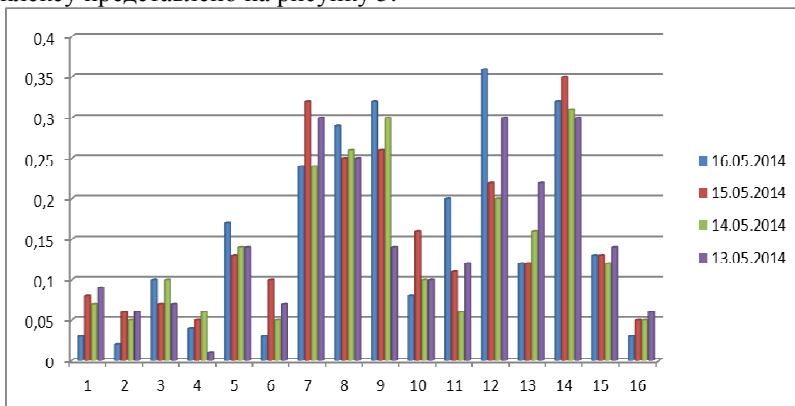


Рис. 5. Концентрація заліза у фільтраті протягом чотирьох днів після шістнадцяти фільтрів водоочисного Горбаківсько-Гориньградського водоочисного комплексу

Проведені дослідження показують, що фільтри працюють із різною пропускнуною здатністю та різним навантаженням. Тому технологічний режим роботи станції потребує уточнення режиму фільтрування та промивки кожного фільтра.

1. Тугай А. М. Водопостачання : підручник для вузів / Тугай А. М., Орлов В. О. – Рівне : РДТУ, 2001. – 429 с., іл. **2.** Кульський Л. А. Технологія очистки природних вод / Кульський Л. А., Строкач П. П. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1986. – 352 с. **3.** Орлов В. О. Сільськогосподарське водопостачання / Орлов В. О. – К. : Вища шк., 1998. – 182 с. **4.** Орлов В. О. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водо підготовки / Орлов В. О., Зошук А. М., Мартинов С. Ю. – Рівне : РДТУ, 1999. – 144 с. **5.** Орлов В. О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою / Орлов В. О. – Рівне : НУВГП, 2005. – 163 с. **6.** Знезалізнення підземних вод для питних цілей / Орлов В. О., Квартенко О. М., Мартинов С. Ю., Гордієнко Ю. І. – Рівне : УДВГП, 2003. 155 с., іл. **7.** Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. Монографія / Орлов В. О. – Рівне : НУВГП, 2008. – 158 с. **8.** Дослідження кінетики вивільнення гідроксиду заліза із засипки піно полістирольних фільтрів / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, С. О. Куницький, М. М. Меддур // Вода і водоочисні технології. – 2011. – № 4(6). – 2012. – № 7(7). – С. 14–20.

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

**Orlov V. O., Doctor of Engineering, Professor, Martynov S. Y.,
Candidate of Engineering, Associate Professor, Kynytskyi S. O.,
Candidate of Engineering, Mahel V. V., Engineer (National University of
Water Management and Nature Resources Use, Rivne)**

STUDY OF THE FILTERS OF HORBAKIV-HORYNHRAD INTAKES

The article shows the technological scheme of filters loaded crushed stone filling; technological modes shown include wells; presents data on the quality of water that comes from wells and leachate quality after treatment for natural water filters.

Keywords: filter, well, aeration system, washing, iron removal, filtrate water output.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ ГОРБАКИВСКО- ГОРИНЬГРАДСКОГО ВОДОЗАБОРА

Приведено технологическую схему работы фильтров, загруженных щебеночной загрузкой; показаны технологические режимы включения скважин; представлены данные по качеству воды, поступающей из водозаборных скважин и качество фильтрата после очистки природной воды на фильтрах.

Ключевые слова: фильтр, скважина, аэрационная система, промывка, обезжелезивания, фильтрат, исходная вода.
