

УДК 628.16

**ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ ВОДИ ВІД СПОЛУК ЗАЛІЗА ДЛЯ  
КОТЕДЖНИХ БУДИНКІВ**

**О. В. Геніш**

студент 5 курсу, група ВіВ-51м, Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури  
Науковий керівник – к.т.н., доцент С. Ю. Мартинов

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,  
Україна*

**В статті проведено аналіз наявних методів очищення підземних вод від сполук заліза для індивідуальних систем водопостачання. Вибрано напрям досліджень процесів знезалізнення води для питних цілей.**

**Ключові слова:** підземні води, знезалізнення, зернисте завантаження, аерація.

**В статье проведен анализ имеющихся методов очистки подземных вод от соединений железа для индивидуальных систем водоснабжения. Выбрано направления исследований процессов обезжелезивания воды для питьевых целей.**

**Ключевые слова:** подземные воды, обезжелезивание, зернистая загрузка, аэрация.

**In article is conducted an analysis of underground water purification methods of iron compounds for individual systems of water supply. The choice of research process of extracting iron from of drinking water.**

**Key words:** underground water, iron extraction, grainy load, aeration.

**В багатьох регіонах нашої країни у підземних водах існує перевищений вміст сполук заліза. Це робить воду непридатною для використання в побутових та технологічних цілях [1]. Перевищення вмісту заліза призводить до утворення іржавих патьоків на сантехніці, плям на одязі при пранні. Цю проблему дуже гостро відчувають власники котеджних будинків, де джерелом водопостачання служать індивідуальні свердловини.**

Тривале вживання води з вмістом заліза більше 0,2 мг/л призводить до захворювань печінки, збільшує ризик інфарктів, негативно впливає на центральну нервову систему і репродуктивну функцію організму.

**У практиці знезалізнення використовують кілька типів фільтрів, що відрізняються розмірами, конструктивно, по швидкості фільтрування, крупності і якості фільтруючого матеріалу, конструкціям розподільних і збірних систем, способу промивання і т.д. [2-5].**

За видом фільтрувальної засипки фільтри бувають:

**Іонообмінні фільтри.** Очищення іонообмінним способом, тобто за допомогою катіонітів, не вимагає застосування окислювачів. Катіоніти здатні видаляти з води розчинене двовалентне залізо, а також інші метали, в першу чергу магній і кальцій. Водночас, нерозчинене тривалентне залізо та інші механічні домішки осідаючи на поверхні іонообмінної смоли, можуть істотно знизити ефективність очищення. До появи плівки на поверхні смоли призводить наявність у воді органічних домішок.

Перевагами є високий ступінь очищення (90-98%); низькі експлуатаційні витрати; малі габаритні розміри і вага фільтра; мінімальне шумове навантаження в процесі роботи; мінімальні роботи з монтажу та вводу в експлуатацію. До недоліків іонообмінних фільтрів відносять велику витрату реагентів; води для відмивання іоніту і чималий обсяг стічних вод, склад яких не відповідає вимогам нормативних документів. Крім того, очищення може відбуватися до такої міри, що вода повністю втрачає свій смак, вона стає надмірно м'якою.

Регенерація виконується 10 % розчином кухонної нейодованої солі (100 гр. солі на 1 літр води). При проведенні регенерації необхідно остерігатися попадання розчину для промивання в очі, оскільки це може викликати больові відчуття.

Сорбційні фільтри. Сорбційне очищення води сьогодні є одним з найбільш універсальних та ефективних методів. Фільтр сорбційний являє собою пластикову колону, наповнену сипучим сорбентом. Сорбційний фільтр адсорбує органічні сполуки: гербіциди, пестициди, феноли, ароматичні вуглеводні тощо, нафтопродукти, кольоровість органічної природи (гумінові та фульвокислоти).

Головна перевага сорбційних фільтрів полягає у великій кількості різноманітних сипучих поглинаючих матеріалів, що дозволяє очистити воду практично від будь-якого забруднення. При зміні параметрів забруднення достатньо буде поміняти тип сорбенту. Недоліками є невисока швидкість фільтрування; постійна заміна катриджів, оскільки мікроорганізми можуть використовувати фільтрувальну засипку в якості середовища розмноження; необхідність попереднього знезараження води, якщо вона сильно забруднена бактеріями і мікроорганізмами.

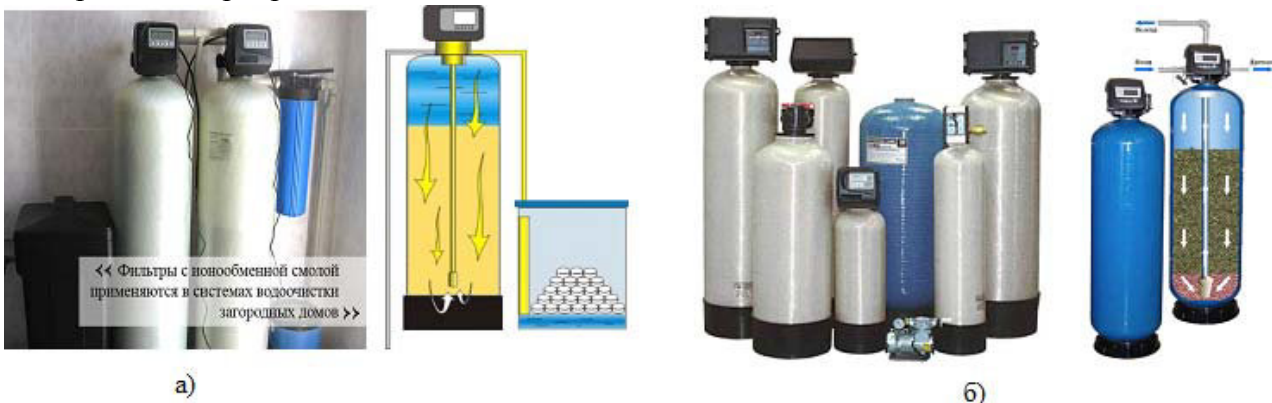


Рис.1. Фільтри: а. іонообмінні; б. сорбційні.

Зернисті фільтри. Напірні фільтри з зернистим фільтруючим середовищем, що служить катализатором реакції окислення, при якій розчинене у воді залізо і марганець переходять в нерозчинну форму і випадають в осад. Осад затримується в шарі фільтруючого завантаження і надалі вимивається в дренаж при зворотному промиванні. Перед надходженням на фільтри цієї серії, вихідна вода, в більшості випадків повинна піддаватися попередній обробці для окислення заліза і марганцю: аерація повітрям; дозування перманганату калію або гіпохлориту натрію; озонування; введення коагулянтів і т.п. Робота фільтрів може бути повністю автоматизована.

Подрібнені фільтруючі матеріали відрізняються більшою пористістю, ніж пісок і інші завантаження з окатаною поверхнею зерен. Крім того, розвинена поверхня зерен зламаними формами швидше покривається каталітичної плівкою, що активно впливатиме на процес знезалізнення при аераційних методах знезалізнення. Однак названа перевага проявляється лише в початковий період експлуатації фільтрів. Надалі зерна покриваються більш товстим шаром окислів, які згладжують поверхню, перетворюючи зерна за формою у близькі до куль.

До зернистих фільтрів також відносять пінополістирол. Пінополістирол є принципово відмінною засипкою, що плаває у воді й у фільтрі утримується в притопленому стані. Пінополістирол використовується практично у всіх областях народного господарства, як звуко-теплоізоляційний матеріал, а полістирол – як матеріал, що замінює метал, картон і т.п.

За способом руху води фільтри бувають:

Напірний режим роботи. У робочому стані вода надходить з колектора вихідної води на верхній розподільний пристрій, зверху вниз проходить через фільтруючу завантаження, очищена від домішок фільтрована вода збирається в нижньому розподільчому пристрої і далі надходить в колектор очищеної води. По мірі роботи фільтра втрати тиску на фільтруючому завантаженні зростають і при досягненні деякого граничного значення, при якому якість фільтрату близько до ГДК, фільтр вимагає промивання від забруднень. Промивання фільтра здійснюється інтенсивним зворотним потоком очищеної води з бака чистої води за допомогою промивних насосів.

Безнапірний режим роботи. Вода від свердловини надходить у аераційний пристрій, де збагачується повітря і одночасно вільним виливом над поверхнею води фільтра звільняється від надмірної кількості розчинених газів (вуглекислоти і сірководню). Далі вода проходить через безнапірний фільтр. Знезалізнення відбувається спадаючим потоком в об'ємі фільтруючої засипки. Очищена вода після фільтра надходить в резервуар, з якого подається насосом на установку знезараження води і далі в мережу споживача.

По мірі роботи фільтра збільшується кількість затриманих їм забруднень: наростає товщина плівки на поверхні фільтруючого завантаження, збільшується кількість забруднень, що відклалися в товщі завантаження, і глибина їх проникнення в пісок, зростає опір фільтра.

Відновлення фільтруючих властивостей засипки досягається застосуванням зворотного промивання.

За способом аерації фільтри бувають:

З використанням компресора (напірний варіант). Використовується компресор і напірна аераційна колона, після якої встановлений фільтр. При цьому компресор включається по сигналу від водолічильника і працює тільки при розборі води. Аераційна колона забезпечена насадкою для барботування та повітревідділювальним клапаном. Дана схема працює більш надійно, ніж попередня, проте вище за вартістю через наявність компресора і додаткової колони.

Під землею. Аерація проводиться в пласті до підйому води з свердловини.

З використанням повітряного ежектора без проміжного бака. Цей спосіб аерації дозволяє виключити зі схеми бак і поверхневий насос. Вода подається свердловинним насосом безпосередньо на фільтр, проходячи до нього через повітряний ежектор. Ежектор налаштовується таким чином, щоб потік води створював на ньому розрядження, в результаті чого відбувається засмоктування повітря і підмішування його в воду. Додатковою перевагою такого способу є можливість отримувати рівноважну концентрації розчиненого кисню (більше 5,6 мг/л при 20 С) і таким чином підвищувати швидкість роботи фільтра.

На жаль, аерація ежектором в напірному варіанті має і серйозні недоліки, що перешкоджають її широкому застосуванню: ежектор сильно знижує робочий потік води через наявність вузького сопла, втрата напору на ежекторі повинна бути не менше 1-1,2 атм; повинна забезпечуватися витрата води через ежектор не менше розрахункової; при промиванні фільтра вода повинна йти повз ежектор, інакше потоку не буде вистачати.

Спрощена аерація. Даний спосіб застосовується при невисокому вмісті розчиненого заліза (до 10 мг/л), рН води не менше 6,8 та інших обмеженнях. Метод реалізується за

допомогою зливу води в центральний канал або кишеню відкритих фільтраційних систем з зернистим шаром завантаження. Устаткування для спрощеної аерації забезпечує окислення двовалентного заліза киснем з видаленням вуглекислоти, що зменшує тривалість окислення і подальшого гідролізу. Перевагою станцій аерації спрощеного типу є висока швидкість фільтрування і відсутність необхідності в контактному резервуарі.

**При використанні** в індивідуальних системах водопостачання безнапірних схем знезалізнення крім знезалізнювального фільтру додатково потрібно встановлювати накопичувач очищеної води та підвищувальний насос, що здорожує вартість всієї системи. При цьому, аерація води може бути здійснена звичайним виливом води. Безнапірні схеми знезалізнення води з пінополістирольними фільтрами на практиці доказали свою ефективність, при цьому вартість їх будівництва та експлуатації порівняно нижча.

При використанні напірних схем знезалізнення ускладнюється влаштування аерації води. В таких схемах повітря у воду може вводитися з використанням компресора або ежектора. Стабільна робота ежекційного аератора можлива при розрахунковій витраті та значному перепаду тиску води, що робить неможливим його використання в системах знезалізнення, які працюють в залежності від роботи санітарно-технічних приладів.

Можливо частину підземної води насичувати киснем повітря з подальшим його розчиненням в основній масі води. Для цього часина підземної води насичується повітрям через ежекційний аератор та відводиться в свердловину (рис. 2).

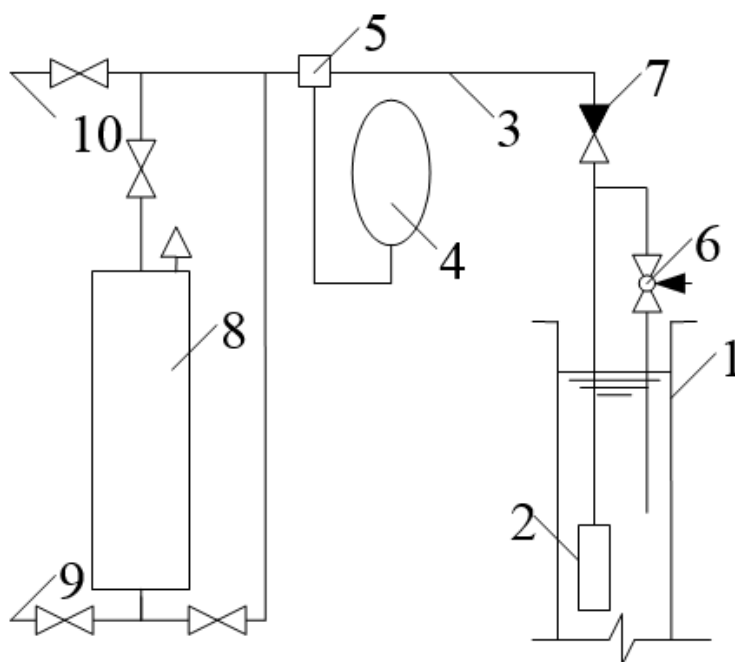


Рис. 2 Напірна схема знезалізнення води з пінополістирольним фільтром: 1 – свердловина; 2 – насос; 3 – трубопровід аерованої води; 4 – гідроакумулюючий бак; 5 – автоматика роботою насоса; 6 – ежекційний аератор; 7 – зворотній клапан; 8 – напірний пінополістирольний фільтр; 9 – трубопровід відведення промивної води; 10 – трубопровід відведення знезалізненої води

Аерована вода надходить в гідроакумулюючий бак і при досягненні максимального тиску відключається насос. При відкритті споживачами санітарно-технічних приладів, вода під тиском поступає на напірний пінополістирольний фільтр, що являє собою герметичну місткість у верхній частині якого встановлено сітку, яка запобігає винесенню засипки за його

межі. Для зменшення загальної висоти напірного фільтра доцільно використовувати більш дрібну засипку, оскільки її необхідна висота буде меншою. В засипці затримуються сполуки заліза, а знезалізнена вода по трубопроводу 10 надходить до санітарно-технічних приладів. Для запобігання зворотного руху води при відключеному насосі, передбачено зворотній клапан. Отже, фільтрування води відбувається в режимі, який залежить від роботи санітарно-технічних приладів, а насичення води киснем повітря відбувається при роботі насоса і не залежить від роботи санітарно-технічних приладів. Промивання пінополістирольної засипки виконується підземною (неочищеною) водою низхідним потоком. Брудна промивна вода по трубопроводу 9 скидається в каналізацію [6].

Підвищений тиск у напірному фільтрі дозволяє забезпечити більшу розчинність кисню, що, відповідно, покращує окислення двовалентного заліза. Крім того, з підвищенням тиску відбувається незначне стискання пінополістиролу, що також позитивно впливає на ефективність знезалізнення води. Це дозволяє знезалізнювати воду на напірних фільтрах з більшими швидкостями порівняно з безнапірним фільтруванням.

**Отже, на сьогоднішній день** відома велика кількість методів видалення заліза. Як показано вище, деякі з них є складними в експлуатації або ненадійними, інші ж – мають високу будівельну чи експлуатаційну вартість. Враховуючи ці недоліки, в якості магістерського дослідження було обрано метод знезалізнення води на напірних пінополістирольних фільтрах. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення даного методу та пошук нових способів подачі повітря та влаштування систем аерації. Завданнями цих досліджень є визначення оптимальних умов роботи таких установок при різних концентраціях заліза та швидкостях фільтрування.

1. Мамонтов К. А. Обезжелезивание воды в напорных установках - 2-е изд., перераб.- М.:Стройиздат, 1964.
2. Очищення природної води на пінополістирольних фільтрах. Монографія / Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Орлова А. М. та ін. ; під ред. В. О. Орлова. – Рівне : НУВГП, 2012. – 172 с.
3. Epuraton des eaux avec des filtres composés des billes de polystyrène expansé / V. Orlov, S. Martynov, M. Meddour, S. Kunitsky // revue semestrielle internationale scientifique et technique, № 22. Ecole nationale superieur d'hydraulique. 2013 – Algerie. – С. 68-78.
4. Кульський Л.А. та ін. Довідник за властивостями, методів аналізу та очищення води. Частина 2. Вид. «Наукова думка», Київ, 1980.
5. Николадзе Г.И. Знезалізнення природних і оборотних вод. Стройиздат, Москва, 1978.
6. Мартинов С. Ю., Меддур М. М, Мамчур К. С Вода. Екологія. Суспільство – Знезалізнення води на напірних пінополістирольних фільтрах, 2014, Рівне.