Недашковський І. П., Василюк А. В., Хоружий В. П.
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м.Одеса

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ СПОРУД ОЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Як відомо, найпоширенішим елементом в підземних водах після заліза і сірководню є марганець. В Україні більше половини запасів підземних вод мають підвищений вміст заліза, середній вміст якого становить 3-5 мг/дм^3. Згідно нормативів [1] у питній воді вміст заліза не повинен перевищувати 0,2 мг/дм^3, а марганцю – 0,05 мг/дм^3.

Для зменшення питомих капітальних і експлуатаційних витрат при очищенні залізовміщуючих підземних вод слід застосовувати методи інтенсифікації цих процесів, для чого рекомендуються [4] такі заходи:

- аерація вихідної води;
- біологічні методи видалення заліза із підземних вод;
- контактна коагуляція в зернистому фільтрувальному завантаженні;
- використання сил гравітації при висхідному фільтруванні води через плаваюче фільтрувальне завантаження;
- початкова "зарядка" фільтрів і оптимізація їх промивки для збільшення тривалості фільтроциклу і зменшення питомих витрат промивної води;
- розміщення фільтрів для очищення води локальних водопроводів в сталевих водонапірних баштах Рожновського та автоматичних водонапірно-регулюючих установках заводського виготовлення.

Нині найбільшого розповсюдження набули безреагентні методи видалення заліза, що здійснюються шляхом спрощеної аерації і фільтрування. Суть методу полягає у тому, що вода, яка вміщує двохвалентне залізо і розчинений кисень, при фільтруванні через зернистий шар здатна виділяти залізо на поверхні зерен, утворюючи каталітичну плівку з іонів і оксидів дво- і тривалентного заліза. Ця плівка активно інтенсифікує процес окислення і виділення заліза з води за хімічною реакцією

$$4Fe^{2+} + 8HCO_3^- + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3\downarrow + 8\,CO_2\uparrow. \qquad (1)$$

Для видалення заліза з підземних вод можна застосовувати фізико-хімічний або біологічний методи [2]. Традиційним способом знезалізнення води донедавна був фізико-хімічний метод переведення Fe^{2+} у Fe^{3+} шляхом попередньої аерації води та затримання утвореного осаду з $Fe(OH)_3$ на відкритих або напірних фільтрах. Нині все частіше застосовують біологічний метод знезалізнення води [3,4], при якому специфічні бактерії дуже швидко окислюють Fe^{2+}, а продукти окислення компактно ущільнюють. Цей метод має низку суттєвих переваг порівняно з фізико-хімічним:

- завдяки своїй каталітичній дії специфічні залізобактерії Gallionellaferruginea швидко окислюють Fe^{2+}, використовуючи

звільнену енергію для своєї життєдіяльності, а отриманий гідроксид заліза $Fe(OH)_3$ накопичують у компактній формі, що значно збільшує брудомісткість фільтра і тривалість фільтроциклу;

- оскільки швидкість окислення Fe^{2+} з переведенням його у Fe^{3+} значно збільшується, то можна збільшити швидкість фільтрування води, а отже значно зменшити площу фільтрів і їх будівельну вартість;
- тривалість промивки фільтрів становить всього 1-2 хвилини, в результаті витрата промивної води зменшується в три рази, тобто значно зменшуються експлуатаційні витрати;
- у промивній воді знаходиться густіший і щільніший мул з гідроксиду заліза $Fe(OH)_3$, який швидко випадає в осад у відстійниках, при цьому значно спрощується експлуатація водоочисної станції.

Для біологічного знезалізнення підземних вод необхідно виконувати такі умови:

- насичення вихідної води киснем здійснювати у точній відповідності зі стехіометричною кількістю, необхідною для окислення Fe^{2+}, що випливає з рівняння (1):

$$[O_2] : 4[Fe^{2+}] = 32 : 224 = 0{,}143, \quad (2)$$

тобто для окислення 1 мг заліза необхідно 0,143 мг кисню;

- створити сприятливе середовище для закріплення у фільтрувальному завантаженні залізобактерій.

При продуванні води повітрям і значному перевищенні необхідної кількості розчиненого кисню пригнічується життєдіяльність залізобактерій і буде переважати хімічне окислення заліза. При біологічному методі очищення води відбувається повне видалення з води заліза і марганцю навіть при швидкостях фільтрування води до 100 м/год [3,4].

Установка з біологічним методом знезалізнення води порівняно з установками інших конструкцій [5] має наступні переваги:

- завдяки використанню залізобактерій у волокнистому завантаженні досягається висока ефективність очищення води від заліза (до 98%);
- надійність роботи, оскільки відсутні в конструкції сітки, що утримують пінополістирол від спливання і які, як показує практичний досвід, часто прориваються, що призводить до виносу гранул пінополістиролу у бак башти;
- більші питома брудомісткість фільтра та тривалість фільтроциклу і менші витрати промивної води.

Наші дослідження [2] показали, що при однакових значеннях вмісту заліза у вихідній воді $C_в$ і швидкості фільтрування води $V_ф$ максимальна тривалість фільтроциклу $T_{ф.max}$ при біологічному методі знезалізнення майже у 2 рази більша, ніж при фізико-хімічному, а при значеннях $C_в$ до 3 мг/дм^3 і $V_ф$ до 10 м/год вона перевищує 80 год.

Знезалізнення підземних вод біологічним методом можна застосовувати в напірних водознезалізнювальних установках (рис. 1), в яких насичення вихідної води киснем можна здійснювати шляхом подачі повітря від

компресора або ежектора, а в баштових водознезалізнювальних установках виконувати методом спрощеної аерації шляхом розбризкування води на дрібні крапельки при проходженні її через аератор та вільному падінні з висоти не менше ніж 0,5 м.

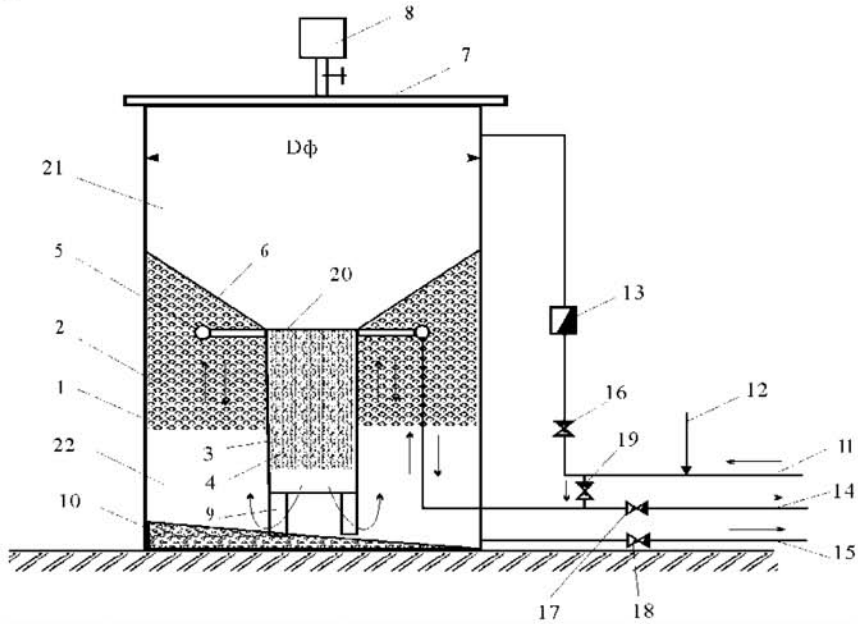

Рис. 1. Технологічна схема напірної водознезалізнювальної установки:

1 – корпус установки; 2 – пінополістирольне завантаження; 3 – біореактор; 4 – тонковолокнисте завантаження; 5 – ковпачковий дренаж; 6 – конусна перегородка; 7 – кришка; 8 – вантуз; 9 – опора; 10 – похиле дно; 11 – подача вихідної води; 12 – подача повітря; 13 – змішувач; 14 – відведення очищеної води; 15 – відведення промивної води; 16 – 19 – засувки; 20 – решітка; 21 – надфільтровий простір; 22 – підфільтровий простір

Література

1. СанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічнівимогидо водипитної, призначеної для споживаннялюдиною. Затверджено наказом МОЗУ 12.05.2010 № 400. Зареєстровано в МЮУ 1.07.2010 №452/17747.
2. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – К: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
3. Badjo I., Mouches P. Technologies appropriees. L'exempled'unegrande instullation dedeferrasation biologiqueau Togo, т. 38, № 3, p. 197 – 206.
4. Grochmann A., Gollasch R., Chumacher G. Biologis cheenteisenungundentmanganungeinesmethanhaltigengrundwasserinspeyir, GWF. Wasser, Abwasser, 1989, 9, s. 441 – 447.
5. Орлов В.О. Установка баштового типу з пінополістирольним фільтром для знезалізнення води / В.О. Орлов, М.М. Трохимчук // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2009, вип. 13. – С. 11-18.