

- Абрамов и др. / под общ. ред. И.А.Назарова. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с. – (Справочник проектировщика).
16. Епоян С.М., Сухоруков Г.И., Яркін В.А. Існуючі споруди змішування природних вод і методи їх удосконалення // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2015. – № 2 (80). – С. 201-205.
  17. Эпоян С.М., Сухоруков Г.И., Яркин В.А. Условия гидравлического моделирования смесителей // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2015. – № 3 (81). – С. 110-113.
  18. Пат. 112131 Україна, МПК ВО1F 5/02 (2006.01). Перегородчастий змішувач.
  19. Эпоян С.М., Сухоруков Г.И., Яркин В.А. Метод повышения эффективности смешения природной воды с реагентом и методика проведения исследований // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2016. – № 1 (83). – С. 187-193.
  20. Эпоян С.М., Яркин В.А. Особенности смешения природных вод на станциях подготовки воды в современных условиях // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки: Наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2016. – Вип. 26. – С. 15-20.
  21. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. – М.: Энергия, 1976. – 396 с.

УДК 628.16

**Мартинюв С.Ю., Орлова А.М., Куницький С.О.**

*Національний університет водного господарства та природокористування*

### **ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНІ ФІЛЬТРИ В СХЕМАХ КОНТАКТНОГО ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ВОДИ**

**Вступ.** Україна відноситься до країн з невеликими природними запасами вод [1, 2]. За даними регіональної оцінки прогнозні ресурси підземних вод України становлять близько 61,7 млн. м<sup>3</sup>/добу, з них з мінералізацією до 1,5 мг/дм<sup>3</sup> – 57,5 млн. м<sup>3</sup>/добу [3]. Розподіл прогнозних ресурсів підземних вод по площі країни досить нерівномірний, що обумовлено відмінностями геолого-структурних та фізико-географічних умов різних регіонів. Основна частина ресурсів зосереджена у північних та північно-західних частинах країни, які відзначаються сприятливими умовами формування значних об'ємів підземних вод. Безпеченість підземними водами на одну людину коливається в межах 0,3...5,0 м<sup>3</sup>/добу.

Майже 50% води з підземних джерел подається комунальними водопроводами із відхиленнями від вимог стандарту по загальній жорсткості, вмісту сухого залишку, заліза, марганцю, фтору, нітратів і сполук аміаку [4]. Як правило, переважна більшість захищених підземних джерел має підвищену концентрацію заліза, що

досить часто супроводжується підвищеним вмістом розчинених газів [5-8]. Близько 90% сільського населення використовує воду підземних горизонтів, серед яких практично все сільське населення північних, західних та північно-східних регіонів України.

**Мета і завдання.** Робота направлена на розробку науково обґрунтованих ресурсо- та енергоощадних схем контактного знезалізнення підземних вод на пінополістирольних фільтрах з врахуванням особливостей експлуатації діючих споруд водопостачання.

**Результати досліджень.** За останні роки спостерігається зниження водоспоживання [4]. В зв'язку цим діючі водозабори працюють не на повну потужність, і для забезпечення підтримання свердловин в робочому стані вони експлуатуються групами. Крім того, на режим роботи водопроводів впливають економічні фактори, до яких, в першу чергу, потрібно віднести зміну вартості електроенергії впродовж доби, що пов'язано з використанням багатозонних тарифів на електроенергію.

Така мінливість роботи водозаборів призводить до коливань показників якості води в них, що потребує врахування при проектуванні та експлуатації станцій знезалізнення води і, в першу чергу, фільтрувальних споруд.

В якості зернистого завантаження фільтрів використовуються природні та штучні матеріали [9, 10, 11]. Нами досліджувалися важкі завантаження (пісок, щебінь, цеоліт) та плаваючі (пінополістирол), для яких потрібно призначити певний гранулометричний склад, товщину шару і, відповідно цьому, швидкість фільтрування. Пінополістирольне завантаження має ряд переваг в порівнянні з «важким» завантаженням. Тому, використання фільтрів з пінополістирольним завантаженням є економічно обґрунтованим [5].

При знезалізненні води для середніх та великих споживачів доцільно використовувати безнапірні пінополістирольні фільтри підвищеної крупності гранул з висхідним фільтруванням (рис. 1 а) [5]. Використання в якості завантаження гранул пінополістиролу промислового виготовлення дозволяє зменшити витрати на закупівлю завантаження в 4,5 рази.

Підземна вода по трубопроводу 1 надходить в аераційний вузол. В залежності від необхідного ступеня аераційно-дегазаційної обробки води можуть застосовуватися різні типи аераторів – звичайний вилив води з висоти не менше 0,5 м, струменевідбійні пристрої або ежекційні апарати. Далі вода надходить в повітровідділювач 2. При використанні одного повітровідділювача на декілька фільтрів, останні працюють з різними швидкостями.

Далі аерована вода надходить в нижню дренажно-розподільну систему. Вона може проектуватися трубчатою великого опору, з використанням перфорованих листів. Результати досліджень роботи фільтрів на діючих станціях знезалізнення дозволили зробити висновок про недопустимість використання малих отворів в дренажних системах, що контактують з аерованою незнезалізненою водою, оскільки вони швидко заростають сполуками заліза, що погіршує рівномірність розподілу

води по площі фільтра [5]. Тому, мінімальний діаметр отворів повинен прийматися рівним 20 мм. При невеликій площі фільтрів доцільно влаштовувати нижню частину конічною.

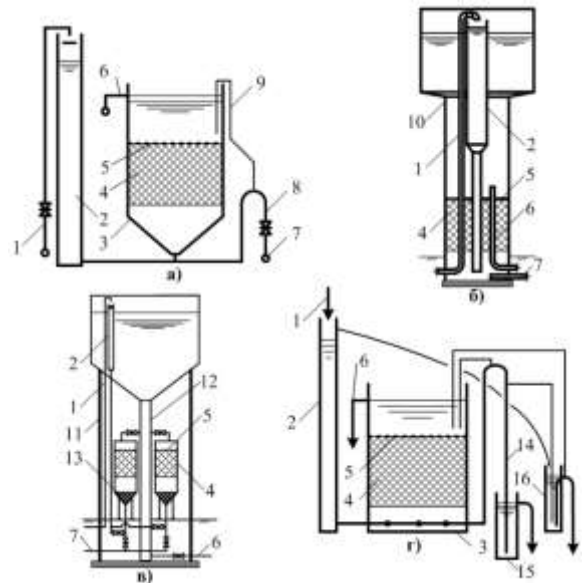


Рис. 1. Схеми контактного знезалізнення води з пінополістирольним завантаженням:

- а) з безнапірними пінополістирольними фільтрами підвищеної крупності гранул;
- б) баштові установки;
- в) з напірними пінополістирольно-щебенивими фільтрами;
- г) самопромивна фільтрувальна установка з допоміжним гідрозатвором та сифоном;

- 1 – трубопровід підземної води;
- 2 – повітровідділювач; 3 – корпус фільтра; 4 – пінополістирольне завантаження; 5 – утримуюча решітка; 6 – трубопровід знезалізненої води; 7 – промивний трубопровід; 8 – гідрозатвор; 9 – трубка зриву вакууму; 10 – сталева водонапірна башта; 11 – водонапірна башта з цегляним стволом; 12 – подавально-забірний стоек; 13 – шар щебеню; 14 – промивний сифон; 15 – гідрозатвор; 16 – допоміжний гідрозатвор

Вода з підфільтрового простору проходить шар завантаження 4, де затримуються сполуки заліза. При контактному знезалізненні води для безнапірних фільтрів швидкість фільтрування встановлюється 7...10 м/год.

Пінополістирольне завантаження 4 утримується в притопленому стані спеці-

льною конструкцією – утримуючою решіткою 5, яка складається з сітки, що кріпиться на каркасі.

Знезалізнена вода збирається в надфільтровому просторі фільтра, і по трубопроводу 6 відводиться в резервуари чистої води.

Пінополістирольне завантаження промивається знезалізненою водою з надфільтрового простору. Для запобігання виносу завантаження при його промиванні влаштовується на промивному трубопроводі гідрозатвор 8 із трубкою зриву вакууму 9.

Для зменшення висоти надфільтрового простору фільтрів, він робиться спільним для декількох фільтрів. Об'єднання надфільтрового простору декількох фільтрів може виконуватися по його верху або низу. В першому випадку зменшення надфільтрового простору забезпечується за рахунок надходження знезалізненої води з інших фільтрів, а в другому – ще, додатково, за рахунок наявного запасу води в надфільтрових просторах працюючих фільтрів. В першому випадку це може забезпечуватися трубопроводом 6 збільшеного діаметру, а в другому – влаштуванням перепускних вікон у спільних стінках фільтрів.

При знезалізненні води для невеликих споживачів, в основному, сільські водопроводи, при наявності сталевих водонапірних башт доцільне розміщення в них знезалізнюючого обладнання – баштові станції знезалізнення води (рисунок 1 б) [5]. Все знезалізнююче обладнання монтується всередині сталевій башти. Це, в порівнянні з попередньою схемою, дозволяє відмовитися від будівництва будівлі фільтрувальних споруд та резервуарів чистої води, влаштування підвищувальних насосів та корпусу фільтрів, що значно зменшує капітальні затрати.

Особливістю роботи баштових установок є те, що знезалізнення води відбувається в дискретному режимі. Тобто, фільтрування води здійснюється при роботі свердловинного насоса, яке залежить від його продуктивності, регульовальної місткості башти та режиму водоспоживання.

Позитивний досвід експлуатації дозволив рекомендувати до використання напірні пінополістирольно-щебеневі фільтри (рисунок 1 в), що розміщуються в цегляних стволах водонапірних башт. Через наявну площу в стволі башти, можливо розташувати декілька (здебільшого два) фільтрів. Такі фільтри працюють зі спільним повітровідділювачем. Очищена вода надходить в подавально-забірний стояк водонапірної башти. Фільтри промиваються низхідним потоком знезалізненої води з баку башти. Для підвищення ефективності знезалізнення води та запобігання виносу пінополістирольного завантаження при його промиванні передбачається влаштування в нижній частині фільтра шару «важкого» завантаження – щебеню. Всі технологічні трубопроводи та арматура розміщуються всередині башти.

Для забезпечення цілодобової ефективної роботи фільтрувальних споруд виникає потреба в постійному їх обслуговуванні. Для максимально зменшення впливу на роботу таких споруд людського фактору застосовується автоматизація роботи фільтрів. В першу чергу, це стосується переведення фільтрів з режиму фільтрування в режим промивання та навпаки. Фільтри на промивання можуть виводитися за величиною граничних втрат напору (рівнем води), погіршенням якості фільтрату або за часом. Звичайно, виведення фільтрів на промивання за погіршенням якості фільтрату вимагає датчиків контролю концентрації заліза у фільтраті, що значно здорожує систему автоматизації. Тому, доцільно використовувати першу або третю умови. Для цього фільтри можуть обладнуватися промивними засувками з електро-, гідро- або пневмоприводом та засобами їх управління (контролерами).

Висока вартість засувок з електроприводом, засобів автоматизації та потреба у висококваліфікованих спеціалістах в області автоматизації вимагають пошуку дешевших способів переключення режимів роботи фільтрів. Для цього можуть використовуватися безарматурні фільтри, які прийнято називати самопромивними або гідроавтоматичними. Такі фільтри можуть

обладнуються промивними сифонами з поплавковими запірними елементами, ежектором, гідрозатвором, допоміжним гідрозатвором (рисунок 1 г) [12], перегнутими трубками, змінним регулятором швидкості фільтрування, імпульсним бачком [5] тощо.

**Висновки.** Отже, розроблені схеми контактного знезалізнення води дозволяють зменшити капітальні та експлуатаційні витрати при реконструкції діючих та будівництві нових станцій знезалізнення води. Для станцій з продуктивністю більше 200 м<sup>3</sup>/добу рекомендується використовувати схему знезалізнення води з безнапірними пінополістирольними фільтрами підвищеної крупності гранул. Баштові установки рекомендується використовувати на продуктивність 5...15 м<sup>3</sup>/год. Для автоматизації роботи пінополістирольних фільтрів розроблені схеми з електричним та гідравлічним управлінням. Вищеописані схеми нами впроваджені на багатьох об'єктах водопостачання в Україні і забезпечують потрібний ступінь знезалізнення води.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Водопостачання та очистка природних вод : [навч. посібник] / С. М. Епоян [та ін.]. – Х. : Фактор, 2010. – 192 с.
2. Василенко О. А. Рациональное використання та охорона водних ресурсів / О. А. Василенко, Л. Л. Литвиненко, О. М. Квартенко. – Рівне : НУВГП, 2007. – 246 с.
3. Гідрологічний щорічник про стан підземних вод України. – К. : Державна геологічна служба, 2003. – 89 с.
4. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2012 році / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К. : МРРБЖКГ, 2013. – 450 с.
5. Очищення природної води на пінополістирольних фільтрах : [монографія] / С. Ю. Мартинов, А. М. Орлова та ін. ; за заг. редакцією В. О. Орлова. – Рівне : НУВГП, 2012. – 172 с.
6. Николадзе Г. И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г. И. Николадзе. – М. : Стройиздат, 1978. – 161 с.
7. Тугай А. М. Продуктивність водозабірних свердловин в умовах кольматажу : [монографія] / А. М. Тугай, О. Я. Олійник, Я. А. Тугай. – Харків : ХНАМГ, 2004. – 240 с.
8. Поляков В. Л. О фильтровании воды с высоким содержанием железа / В. Л. Поляков // Доповіді Національної Академії наук України : Науково-теоретичний журнал. – 2015. – № 1. – С. 56–64.
9. Грабовский П. А. Промывка водоочисных фильтров / П. А. Грабовский, Г. М. Ларкина, В. И. Прогульный // : Одесса, Издво «Optimum», 2012. – 240 с.
10. Эпоян С. М. О Возможности применения дренажных систем скорых фильтров для доочистки / С. М. Эпоян, А. С. Карагаюр, В. Н. Волков // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідравліки. Науково-технічний збірник. – 2016. – К. : КНУБА. – Випуск 27. – С. 121–129.
11. Душкин С. С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды : монография / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная. – Х. : ХНАГХ, 2009. – 95 с.
12. Пат. на винахід 68993 А Україна, МПК В 01 D 24/26. Фільтрувальна установка з гідравтоматичним переключенням режимів роботи / С. Ю. Мартинов. – № 20031110623; заявл. 25.11.2003; опубл. 16.08.2004. Бюл. №8.