

УДК 614.777+[628.161.2:546.72]:549.67

*Нечипорук А.Г., Лоскутов М.Ф.,  
Солонецька Т.П.*

*Шепетівське міжрайонне Управління  
державної санітарно-епідеміологічної  
служби України у Хмельницькій області  
Харківська медична академія  
післядипломної освіти*

## **ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЦЕОЛІТІВ ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ВОДИ НА ПРИКЛАДІ ШЕПЕТІВСЬКОГО РАЙОНУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ**

*Підвищений вміст заліза у воді підземних вододжерел в багатьох районах України у концентраціях, що перевищують максимально допустиму за узгодженням з державною санепідслужбою (1,0 мг/дм<sup>3</sup>), обумовлює необхідність проведення знезаражування води. Проведено дослідження ефективності знезаражування питної води на Шепетівському водозаборі з використанням для завантаження фільтрів окремо щєбня, пенополістеролу або цеолітів. Санітарно-хімічні дослідження проводяться стандартизованими методами акредитованою лабораторією. Порівняльний аналіз показав, що використання цеолітів є більш ефективним і економічним, ніж щєбня або пенополістеролу.*

***Ключові слова:** питна вода, цеоліти, зназалізування, кондиціювання, водопостачання.*

**Вступ.** Питання забезпечення населення України якісною та безпечною для здоров'я людини питною водою є одним із пріоритетним напрямком державної санепідслужби України, оскільки вода безпосередньо впливає на стан здоров'я громадян і кардинальним чином визначає ступінь екологічної й епідемічної безпеки регіонів.

В 2010 році були введені в дію нові, орієнтовані на світові стандарти, санітарні норми щодо якості води ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги

до води питної, призначеної для споживання людиною" [1].

Одним з головних недоліків якості води підземних вододжерел може бути підвищений вміст заліза, концентрація якого коливається від десятих часток до декількох десятків мг/дм<sup>3</sup>. Залізо у природних водах зустрічається в основному у вигляді гідрокарбонатів, які можуть перетворюватися в карбонати, що гідролізуються і при контакті з повітрям утворюють гідроксид заліза з переходом в оксид, який надає воді каламутності і забарвлення, що несприятливо впливає по естетичному та побутовим міркуванням. Це надає питній воді мутність, жовто-буру забарвлення, гіркуватий металічний присмак. При використанні в побуті утворюються плями іржі на побутових приладах, білизні. Залізо сприяє розвитку залізобактерій, при відмиранні яких у середині водопровідних труб накопичується щільний осад, який особливо виникає при концентрації заліза більше 0,2 – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. В зв'язку з чим вміст заліза згідно нових санітарних норм і нормується не більше 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, для водопроводів без спеціальної обробки води по узгодженню з держсаннаглядом допускається вміст заліза до 1 мг/дм<sup>3</sup> [2, 3, 4].

Господарсько-питне водопостачання більшості населення м. Шепетівка Хмельницької області здійснюється за рахунок підземних вод шляхом експлуатації водозаборів «Дубовий гай», «Кам'янка» і «Лісова галявина». Експлуатаційні запаси підземних вод на Шепетівському родовищі затверджені у кількості 30,6 тис. м<sup>3</sup>/добу. Постійно експлуатуються 13 свердловин: 3 – Кам'янківський водозабір, 7 – «Лісова галявина», 3 – «Дубовий гай». Потужність водозабору – 10 тис. м<sup>3</sup>/добу. Область захвату (живлення) свердловин водозаборів складає 350 - 600 м.

За фізико-географічним районуванням Шепетівський район розташовано в межах зчленування південно-західної окраїни Волино-

Подільського плато і Українського кристалічного щита. Гідрографічна мережа району належить до басейну р.Горинь. В геологічній будові водозабору приймають участь осадові породи платформного чохла широкого стратиграфічного діапазону: рифейського, палеозойського, мезозойського та кайнозойського віку.

За схемою гідрогеологічного районування Шепетівський водозбір розташований в межах Волино-Подільського артезіанського басейну.

Метою дослідження є вивчення ефективності застосування вітчизняних цеолітів для знезалізнення води порівняльно з використанням для цих цілей щебня та пенополістіролу.

**Об'єкт та методи дослідження.** Нами проведено аналіз якості води за концентрацією заліза перед надходженням на водоочисні споруди за період з 2002р. по 2009р., виконано порівняльний аналіз ефективності

обеззалізування за допомогою цеолітних та пенополістирольних фільтрів із застосуванням програми статистичної обробки даних Stat graphics Centurion.

Санітарно-хімічні дослідження проводились акредитованими лабораторіями Шепетівської районної санітарно-епідеміологічної станції та відомчою лабораторією водоканалу. Визначення заліза проводиться відповідно до ГОСТ 4011-72 «Вода питна. Методи визначення загального заліза» [5]. Метод обґрунтований на взаємодії заліза в лужному середовищі з сульфасаліціловою кислотою з утворенням забарвленої комплексної сполуки; інтенсивність забарвлення пропорційна масовій концентрації заліза у воді; за допомогою фотоколориметру та відповідного перерахунку визначають концентрацію заліза у воді. Порівняльна характеристика концентрації заліза перед надходженням на водоочисні споруди у 2002-2009 роках наведена у таблиці 1.

Таблиця 1

**Концентрація заліза у воді перед надходженням на водоочисні споруди**

Статистичні показники	Рік						
	2002	2003	2004	2006	2007	2008	2009
Середня концентрація в мг/дм <sup>3</sup> , (M±m)	4,92±0,9 2	5,63±0,8 9	5,34±0,5 0	3,39±0,5 4	3,49±0,2 7	3,31±0,3 8	3,29±0,4 3
Коефіцієнт варіації, %	19,84	15,76	9,38	15,87	7,78	11,62	13,12

Аналізуючи наведені дані можна зробити висновок щодо зменшення концентрації заліза та стабілізації якості води з вододжерел. Це пояснюється введенням в м.Шепетівка нового водозабору «Лісова галявина», вода з якого містить менше кількості заліза та промивкою існуючих свердловин під час їх експлуатації. Отже, воду з Шепетівського водозабору перед надходженням води в розподільчу систему обов'язково потрібно знезалізувати.

Відповідно до наявної інформації та наукових розробок на даний час існують такі основні методи знезалізування води: механічні, фізико-

механічні, фізико-хімічні [3, 4, 5].

Враховуючи співвідношення показника вартість/якість вказаних методів знезалізування для комунальних водопроводів може бути застосовано метод очистки аерацією з подальшою фільтрацією на природних фільтрах.

Серед відомих методів очистки питної води є аерація з наступним очищенням із використанням природних дисперсних сорбентів, що у великій кількості присутні в Україні у вигляді природних мінералів або напівпродуктів промисловості будівельних матеріалів. До нової генерації сучасних фільтруючих матеріалів відносяться цеоліти та

пенополістирольні фільтри, які з успіхом використовуються для знезалізування води на водоочисних спорудах Шепетівського водоканалу.

Цеоліти – природні мінерали, які складаються з гідратованих алюмінісилікатів, основа яких є тетраедри диоксида силіцію ( $\text{SiO}_2$ ). Внаслідок особливого розташування цих тетраедрів в структурі цеоліту утворюються особливі канали та порожнини, які поєднуються між собою за допомогою так званих “вікон” визначеного розміру. Пориста кристалічна структура цеолітів легко поглинає молекули, розмір яких менше діаметру вхідних “вікон” та не пропускає більших по розміру молекул.

По мінеральному складу цеоліти, які застосовуються на Шепетівському водоканалі, відносяться до типу кліноптиолітів, вміст яких в породі визначається на рівні 65-70% (це дозволяє використовувати даний матеріал без попереднього збагачення). Крім породотворюючого мінерала у ньому присутні кварц, польовий шпат, монотморилонит, карбонат, слюда. По хімічному складу цеоліти відносяться до натрієво-калієвих з типовою окисною формулою:  $(\text{Na}_2^+ \text{K}_2^+) \text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot 8 \text{SiO}_2 \cdot \text{OH}_2\text{O}$ .

Цеоліт відповідає всім необхідним вимогам, які висуваються до фільтруючих матеріалів водоочисних споруд та зареєстрований в переліку матеріалів, які дозволені до застосування в Україні для очистки води господарсько-побутового призначення.

Для доочистки питної води на Шепетівському підприємстві водоканалізаційного господарства перед надходження води в розподільчу систему в період 2002-2003рр. було організовано доочистку води на станціях обеззалізування (СОЗ), де проводиться дегазація, обеззалізування (за допомогою фільтруючого шару щебня); з 2004р. в якості фільтруючої заправки використовується цеоліт, а з 2006р. побудовано додаткові СОЗ з пінополістирольною заправкою. Після

кондиціонування води проводиться дезінфекція за допомогою електролізної установки «Сиваш 1000». На даний час експлуатується 5 СОЗ із цеолітною заправкою та 3 СОЗ із пінополістирольною заправкою.

*СОЗ із цеолітною заправкою:* потужність однієї СОЗ – до 66 м<sup>3</sup>/годину (1600м<sup>3</sup>/добу); для заправки потрібно 14,5м<sup>3</sup> цеоліту фракції 3-5мм. та 4м<sup>3</sup> щебня фракції 10-20мм. Вартість заправки 1-ої СОЗ (станом на момент останньої закупки цеоліту - 2009р.) – біля 3 тис.грн. Висота станції 5,1м., в т.ч. цеоліта заправка -4,2м., діаметр - 3,2м. В технології передбачено щоденну промивку фільтру; перезаправка повного об'єму 1 раз на 5–10 років в залежності від навантаження). Введено в дію з 2004 року.

*СОЗ із пінополістирольною заправкою:* потужність 1600м<sup>3</sup>/добу – біля 66 м<sup>3</sup>/год. Не потребує перезаправки. Вартість 1-їєї установки – біля 80 тис. грн. (станом на 2006р.). Висота фільтру – 7м., висота аератора – 2,35м., блоку очистки – 4,65м. В технології передбачена аерація в аераторі-дегазаторі; подача вода вниз фільтру та її підйом вверх та проходження через модифіковане плаваюче навантаження, де відбувається доокислення та видалення заліза. В технології передбачено щоденну промивку фільтру. Термін експлуатації фільтру (плаваючої засипки) – 5-10 років (у залежності від навантаження). Поетапно введено в дію з 2006 року.

### **Результати дослідження та їх обговорення.**

Нами проведено оцінку ефективності кондиціонування води на станціях обеззалізування за рахунок використання СОЗ із різними фільтруючими матеріалами: щебінь, цеоліт, пінополістирол. Аналізуючи таблицю 2 можна зробити висновок щодо значної ефективності очистки води від надмірної концентрації заліза при використанні СОЗ із цеолітною та пінополістирольною заправкою порівнянні з СОЗ із щебневою заправкою.

**Середні значення ( $M \pm m$ ) концентрації заліза в воді після очистки на станціях  
обеззалізування Шепетівського підприємства водоканалізаційного господарства  
( $\text{мг/дм}^3$ )**

Спосіб очистки	Рік						
	2002	2003	2004	2006	2007	2008	2009
щебенем	0,94±0,19	0,78±0,59	-	-	-	-	-
цеолітом			0,24±0,06	0,14±0,06	0,11±0,05	0,09±0,03	0,2±0,06
на пінополіс тирольни х фільтрах			-	0,23±0,10	0,16±0,04	0,15±0,04	0,31±0,24
на виході, після водоочис них споруд	0,94±0,19	0,79±0,59	0,24±0,06	0,17±0,04	0,17±0,04	0,16±0,03	0,24±0,04

Нами проведено поглиблений аналіз достовірності різниці концентрації заліза при очистці на СОЗ із щебеневою

загрузкою (2002р.) та СОЗ із цеолітною загрузкою (2008р.) (див. таблицю 3).

**Оцінка ефективності знезалізування води при завантаженні фільтрів щебенем та  
цеолітами**

Статистичні показники	Рік дослідження		Computed t statistic	P-value
	2002р. (очистка на СОЗ із щебеневою загрузкою) M1	2008р. (очистка на СОЗ з цеолітною загрузкою) M2		
Середня концентрація заліза на виході з водоочисних споруд в $\text{мг/дм}^3$ , $M \pm m$	0,94±0,19	0,09±0,03		
Оцінка різниці середніх значень			43,9588	0,00

За результатами обробки даних встановлено, що ефективність очистки (обеззалізування) на СОЗ із цеолітною загрузкою значно вище ніж на СОЗ із щебеневою загрузкою; різниця між середніми значеннями M1 0,94 (очистка на СОЗ із щебеневою загрузкою) та M2 0,09 (очистка на СОЗ з цеолітною загрузкою) є достовірною більше ніж

95% довірчого рівня, тобто статистично доведено ефективність очистки за допомогою цеоліту.

Цікаво відмітити, що порівнюючи якість очистки води на СОЗ з цеолітною загрузкою та СОЗ пінополістирольною можна зробити висновок, що очистка за допомогою цеоліту є більш ефективною (див. таблицю 4)

**Оцінка ефективності знезалізування води при завантаженні фільтрів  
пінополістиролом та цеолітами**

Статистичні показники	Рік дослідження		Computed t statistic	P-value
	2009р. (очистка на СОЗ із цеолітною загрузкою) М1	2009р.(очистка на СОЗ з пінополістирольною загрузкою) М2		
Середня концентрація заліза на виході з водоочисних споруд в мг/дм <sup>3</sup> (M±m)	0,20±0,06	0,31±0,24		
Оцінка середніх значень			4,166	0,000046

За результатами статистичної обробки даних встановлено:

- очистка води на СОЗ із цеолітною загрузкою ефективніша ніж на СОЗ із пінополістирольною загрузкою;

- різниця між середніми показниками М1 (очистка на СОЗ із цеолітною загрузкою) та М2 (очистка на СОЗ з пінополістирольною загрузкою) є достовірною більше ніж на 95 % довірчого рівня.

Разом з тим, слід нагадати, що вартість однієї загрузки СОЗ цеолітом значно дешевша ніж пінополістирольною загрузкою.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень було встановлено, що після кондиціювання води на станціях обеззалізування води при застосуванні фільтруючих матеріалів – цеолітних та пінополістирольних фільтрів вміст заліза знизився з 0,94 мг/дм<sup>3</sup> (середнє значення М концентрації заліза після очистки, на виході з ВНС за 2002рік) до 0,24 мг/дм<sup>3</sup> (середнє значення М концентрації заліза після очистки на виході з ВНС за 2009р.).

При порівняльному аналізі показників очистки на станціях обеззалізування з цеолітною загрузкою та пінополістирольної загрузкою встановлено, що ефективність очистки на СОЗ із цеолітом статистично вище ніж при очистці на СОЗ із пінополістирольними фільтрами.

Таким чином, доведено, що використання вітчизняних цеолітів для

очистки води на підприємствах водного господарства є економічним, ефективним та перспективним методом.

В зв'язку з викладеним, вважаємо необхідним широке пропагування щодо використання вітчизняних цеолітів в практиці знезалізування питної води при водопостачанні населених міст.

**УДК 614.777+[628.161.2:546.72]:549.67**

*Нечипорук А.Г., Лоскутов Н.Ф.,  
Солонецкая Т.П.*

*Шепетовское межрайонное Управление  
государственной санитарно-  
эпидемиологической службы Украины в  
Хмельницкой области*

*Харьковская медицинская академия  
последипломного образования*

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕОЛИТОВ  
ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ  
ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ  
ШЕПЕТОВСЬКОГО РАЙОНА  
ХМЕЛЬНИЦКОЙ ОБЛАСТИ**

*Повышенное содержание железа в воде подземных водоисточников во многих районах Украины в концентрациях, которые превышают максимально допустимую по согласованию с государственной санэпидслужбой (1,0 мг/дм<sup>3</sup>), обуславливает необходимость проведения обеззараживания воды. Проведено исследование эффективности обеззараживания питьевой воды на Шепетовском водозаборе с использованием для загрузки фильтров*

*отдельно щебня, пенополистиролу или цеолитов. Санитарно-химические исследования проводятся стандартизованными методами аккредитованной лабораторией. Сравнительный анализ показал, что использование цеолитов есть более эффективным и экономическим, чем щебня или пенополистиролу.*

**Ключевые слова:** *питьевая вода, цеолиты, обезжелезивание, кондиционирование, водоснабжение.*

**UDC 614.777+[628.161.2:546.72]:549.67**

***Nechyporuk A. G., Loskutov M. F., Solonetska T. P.***

*Shepetivka Inter-District Administration of State Sanitary-and-Epidemiological Service of Ukraine in Khmelnytsk Region  
Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education*

**APPLICATION OF OF ZEOLITES FOR WATER CONDITIONING BY THE EXAMPLE OF SHEPETIVKA DISTRICT IN KHMELNYTSK REGION**

*Increased iron content in water of underground springs in many districts of Ukraine in concentrations that exceed maximum allowed according to State Sanitary-and-Epidemiological Service (1,0 mg/dm<sup>3</sup>) stipulates the need of water disinfection. The study of effectiveness of drinking water disinfection in Shepetivka water scoop using for downloaded filters of separately crushed stones, expanded*

*polystyrene or zeolite is conducted. Sanitary-chemical studies are carried out according to standardized methods by accredited laboratory. Comparative analysis proved that use of zeolites is more effective and economical than use of crushed stones or expanded polystyrene.*

**Key words:** *drinking water, zeolites, deironing, conditioning, water supply.*

**Література:**

1. Державні санітарні норми і правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: СанПіН 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010-07-16]. – К.: Наказ МОЗ України №400, 2010-05-12. – 43с.
2. Руководство по гигиене водоснабжения: ред. С.Н.Черкинский. – Москва : Медицина, 1975.- 190с.
3. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник / [Епоян С.М., Колотило П.Д., Друшляк О.Г. та ін.] – Харків : Фактор, 2010. – 192с.
4. Колотило В.Д. Зернистые фильтры для подготовки питьевой воды / В.Д. Колотило., В.О. Орлов. – Харьков : Основа, 2004. – 256с.
5. Комунальна гігієна : підруч. для вищ. мед. закладів / [Гончарук Є.Г., Бардов В.Г., Гаркавий С.І. та ін.] – К. : Здоров'я, 2003.- 728с. – ISBN 5-311-01324-9.