

розвитку з точки зору екології за рахунок зменшення емісії CO<sub>2</sub> та використання побічних продуктів виробництва, як технологічного палива та як компонентів шихти під час розмелювання цементу. У системі портландцементів з мінеральними добавками підвищення тонини розмелювання та використання поліфункціональних модифікаторів спрямовані на усунення недоліків, пов'язаних із введенням до складу таких цементів підвищеної кількості мінеральних добавок. Фізико-хімічне модифікування багатокомпонентних цементів комплексними додатками пластифікуючо-прискорювальної дії дає змогу направлено регулювати параметри цементної системи, створюючи можливість утворення гідратних фаз, що мають в'язучі властивості у мінеральній неклінкерній частині композицій.

1. Wolter A. *Belite cements and low-energy clinker* // *Cement international*. – 2005. – №6. – P. 106–117. 2. Кройчук Л.А. *Использование горючих отходов в иностранной цементной промышленности* // *Цемент*. – 1987. – № 6. – С. 18–19. 3. *Wspolspalanie paliw alternatywnych w przemyśle cementowym - zrownowazony rozwoj. Stowarzyszenie Producentów Cementu i Wapna* // *Wyd. Polski Cement*. – Kraków, 2007. – 30 s. 4. *Енергетичне використання горючих відходів у цементній промисловості* / М.А. Саницький, Т.С. Марків, Ю.Л. Новицький, Т.М. Круць // *Будівельні матеріали та виробн.* – 2008. – № 6. – С. 5–8. 5. *Modified composite cements with alkaline activation* / M. Sanytsky, Kh. Sobol, T. Markiv, U. Novytsky // *International conference Alkali activated materials-research, production and utilization*. – Praha, 2007. – P. 611–620. 6. *Концепція застосування модифікаторів для підвищення якості та довговічності залізобетону* / М.А. Саницький, У.Д. Марущак, О.Т. Мазурак, М.М. Чемерис // *Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць „Будівельні конструкції”*. – 2003. – Вип. 59. – К.: НДІБК. – С. 448 – 455. 7. *Регулювання властивостей сировинних цементних шламів комплексними модифікаторами* / Ю.Л. Новицький, Х.С. Соболев, Н.І. Петровська, І.І. Кіракевич // *Вісник НУ "Львівська політехніка" "Хімія, технологія речовин та їх застосування"*. – 2008. – № 609. – С. 304–309.

УДК 628.164

О.О. Мацієвська, Н.В. Долінська, І.З. Шевчук  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра гідравліки та сантехніки

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПОРІВНЯННЯ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ КАРТРИДЖНОГО ТИПУ

© Мацієвська О.О., Долінська Н.В., Шевчук І.З., 2009

**Наведено результати експериментального порівняння роботи побутових фільтрів різного виробництва, призначених для пом'якшення води.**

**In this article the presented results of experimental comparison of work of domestic filters are for softening of water of different production.**

**Постановка проблеми.** Роль води в житті людини надзвичайно важлива. Вода – найважливіший компонент усіх клітин, основа міжклітинної рідини, плазми і лімфи; вона становить близько 65–70 % від маси тіла людини. У клітинах вода є розчинником неорганічних і органічних сполук, учасником багатьох хімічних реакцій, що відбуваються у водних розчинах. Добова норма споживання води людиною – 2,5–3,0 дм<sup>3</sup>. Залежно від умов зовнішнього середовища ця норма може змінюватися.

Вимоги до якості питної води, що постачається споживачам системами централізованого водопостачання, встановлені Державним нормативним документом [1]. Зазначений документ встановлює вимоги до питної води, які забезпечують її безпеку для здоров'я людей та сприятливі органолептичні властивості. Гігієнічні вимоги, що визначають придатність води для питних потреб, включають: безпеку в епідемічному відношенні, нешкідливість хімічного складу, сприятливі органолептичні властивості та радіаційну безпеку.

Нормативне значення загальної твердості водопровідної води – не більше 7 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Проте з врахуванням конкретної ситуації цей показник може бути збільшений до 10 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Відповідність мінерального складу питної води біологічним потребам організму людини визначають показники її фізіологічної повноцінності. Рекомендоване значення загальної твердості як показника фізіологічної повноцінності питної води знаходиться у межах від 1,5 до 7,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Загальна твердість води в системах централізованого водопостачання різних районів м. Львова переважно коливається від 3,85 до 6,75 мг-екв/дм<sup>3</sup>. У деяких районах міста загальна твердість води досягає значення 8,05 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Отже, зменшення цього показника до фізіологічного рівня стає проблемою споживачів води – мешканців міста.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Один із шляхів поліпшення якості водопровідної води у побутових умовах є застосування фільтрів для пом'якшення води картриджного типу (фільтри-гличики). На ринку України представлені фільтри для пом'якшення води картриджного типу різного виробництва. Усі вони характеризуються такими перевагами порівняно з іншими системами очищення води:

- не потребують під'єднання до водопроводу;
- компактність. Їх можна використовувати як в міській квартирі, так і на дачі;
- універсальність. Залежно від типу змінного картриджа водопровідну воду можна ефективно пом'якшувати, знезалізнювати, видаляти з неї органічні й хлорпохідні речовини, радіонукліди, діоксини тощо;
- простота в обслуговуванні та легкість заміни картриджа.

Серед населення України найбільше користуються попитом фільтри-гличики зі змінним картриджем «Барьер» (Росія), «Аквафор» (Росія), «Наша вода» (Україна) (рис. 1).



Рис. 1. Фільтри-гличики зі змінними картриджами:  
а – «Барьер» (Росія); б – «Аквафор» (Росія); в – «Наша вода» (Україна)

За даними виробника, змінний картридж «Барьер-6» (спеціально для твердої води) завдяки збільшеному вмісту йонообмінної смоли ефективно знижує вміст йонів кальцію і магнію у воді, зменшуючи її твердість. Крім того, високоякісне кокосове активоване вугілля, що входить до складу фільтрувального завантаження картриджа, очищає воду від активного хлору, органічних і хлорорганічних забруднень, пестицидів, нафтопродуктів, усуває неприємні запахи і присмаки.

Активоване вугілля додатково оброблене сріблом, що запобігає можливості розмноження бактерій всередині фільтра. Високоєфективна йонообмінна смола очищає воду від йонів, зокрема токсичних металів. Виробник рекомендує замінювати картридж щомісяця. Ресурс картриджа – до 350 дм<sup>3</sup> залежно від якості вихідної води.

Змінний картридж до фільтра «**Аквафор**» складається з гранульованих і волокнистих сорбентів (кокосове активоване вугілля, йонообмінна смола та волокна Аквален). Слід зазначити, що тільки у фільтрах «Аквафор» використовуються унікальні волокна Аквален, спеціально розроблені для очищення питної води і запатентовані в Росії та США. Завдяки високим гідрофільним властивостям волокна Аквалену рівномірно розподіляють потік води у щільному сорбційному шарі картриджа, виключаючи "каналні" ефекти (протікання води в обхід сорбенту), забезпечуючи ефективне очищення води. Змінний картридж В100-5 надійно і безповоротно затримує органічні сполуки, важкі метали та інші шкідливі домішки, а також усуває надлишкову твердість води. Солі твердості видаляються шляхом йонного обміну в гранулах йонообмінної смоли. Катіони кальцію і магнію затримуються, а у воду надходять безпечні катіони натрію і гідрогену. Вміст йонообмінної смоли у картриджі підібрано так, щоб рН питної води істотно не змінювалося. Для запобігання розвитку бактерій використовується модифікація волокна Аквален, що містить фіксоване в матриці сорбенту срібло. Термін служби картриджа – близько 2-х місяців використання сім'єю з трьох осіб. Ресурс змінного картриджа — 300 дм<sup>3</sup>.

У фільтрах «**Наша вода**» для пом'якшення води використовується змінний картридж «ЕКОСОФТ КСП МІНІ». Технологія очищення води така:

- активоване вугілля із шкаралупи кокосового горіха з добавкою срібловмісного компонента видаляє хлор, хлорорганічні сполуки, а також запобігає розмноженню мікроорганізмів;
- йонообмінна смола зменшує мінералізацію, а отже, і твердість води. На цій стадії з води також видаляються важкі й кольорові метали, радіонукліди;
- полімерний сорбційний матеріал видаляє органічні сполуки, алюміній і залишкове залізо;
- високоєфективне активоване вугілля із спеціальною пористою структурою видаляє природні органічні сполуки, покращує смак, запах і колірність очищеної води;
- пористе поліпропіленове волокно видаляє механічні домішки.

Термін служби картриджа – не більше 3-х місяців незалежно від об'єму очищеної води. Ресурс змінного картриджа – до 400 дм<sup>3</sup>.

Хоча усі виробники зазначають унікальні властивості фільтрів щодо пом'якшення води, експериментальні дослідження свідчать, що інколи процес доочищення води через різні причини відбувається не досить ефективно [2].

**Мета та завдання досліджень.** Мета роботи – експериментальне порівняння ефективності пом'якшення води фільтрами «Бар'єр», «Аквафор» та «Наша вода» зі змінними картриджами для усунення надлишкової твердості води.

**Експериментальні дослідження.** Експериментальне дослідження роботи трьох згаданих вище марок фільтрів-гнечиків виконували для визначення залежності загальної та кальцієвої твердості фільтрату від об'єму профільтрованої водопровідної води.

Під час дослідження використовували воду з водопроводу м. Львова, відібрану в районі вул. Личаківської, з вихідною загальною твердістю 6,75–8,05 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Загальна та кальцієва твердості водопровідної води м. Львова змінюється з часом. Тому перед початком експерименту з водорозбірного крана в ємність відбирали приблизно 100 л води. Значення загальної та кальцієвої твердості вихідної води для різних серій експериментів наведено у таблиці.

### Значення загальної та кальцієвої твердості вихідної води

Марка фільтра	Загальна твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	Кальцієва твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>
Барьер	7,50	6,35
Аквафор	6,75	5,85
Наша вода	8,05	6,80

Усі досліджувані марки фільтрів складаються з приймальної лійки, змінного картриджа з фільтрувальним завантаженням та ємності для збору фільтрату. Під час проведення експерименту у приймальну лійку глечика наливали 1 дм<sup>3</sup> вихідної досліджуваної води. Протікаючи крізь фільтрувальне завантаження картриджа, вода надходила в ємність для збору фільтрату.

Фільтрат відбирали на аналіз після проходження крізь фільтр 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 і 80 дм<sup>3</sup> досліджуваної води. У відібраній воді визначали загальну та кальцієву твердість за стандартизованою методикою [3].

Результати дослідження показано на рис. 2–4.

Максимальне зменшення загальної та відповідно кальцієвої твердості від початку експерименту спостерігалось для фільтрів «Барьер» та «Аквафор». Виробники фільтрів-глечиків рекомендують перші 2 дм<sup>3</sup> фільтрату не використовувати для питних потреб. Отже, значення загальної твердості в 3-му дм<sup>3</sup> фільтрату становить для фільтрів «Барьер», «Аквафор» та «Наша вода» відповідно 0,50, 0,95 та 3,90 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

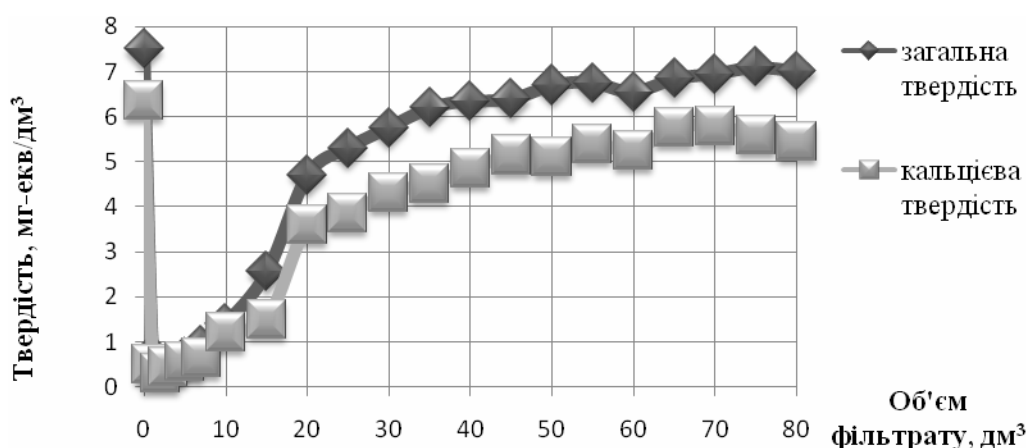


Рис. 2. Залежність твердості води, профільтрованої крізь фільтр «Барьер», від об'єму фільтрату

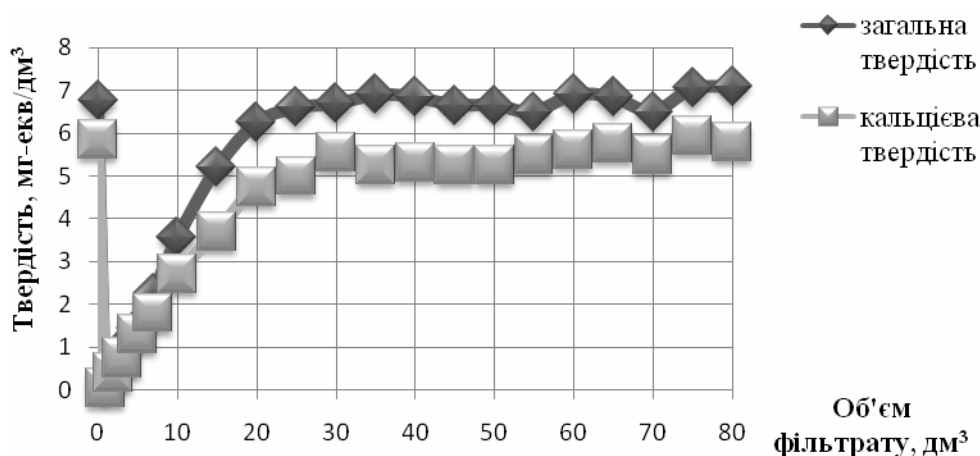


Рис. 3. Залежність твердості води, профільтрованої крізь фільтр «Аквафор», від об'єму фільтрату

Для фільтрів «Барьер» та «Наша вода» значення вихідної загальної твердості у фільтраті протягом експерименту досягнуто не було. Для фільтра «Аквафор» значення вихідної загальної твердості відзначено в 35 дм<sup>3</sup> фільтрату. Інтервал об'єму фільтрату, що відповідає фізіологічній повноцінності питної води за загальною твердістю становить для фільтрів: «Барьер» – від 10 до 80 дм<sup>3</sup>; «Аквафор» – від 5 до 80 дм<sup>3</sup>; «Наша вода» – від 1 до 30 дм<sup>3</sup>. Варто зазначити, що вихідна загальна твердість води для фільтра «Аквафор» не перевищувала граничного нормативного значення.

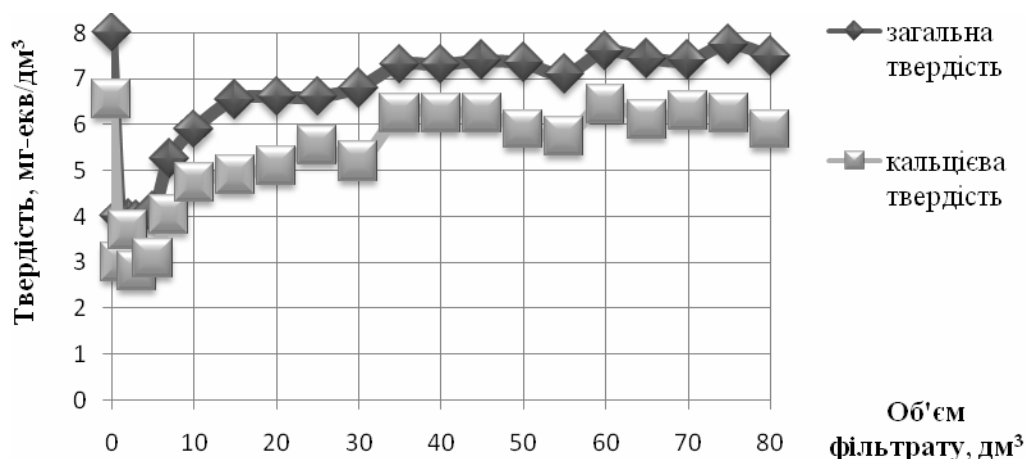


Рис. 4. Залежність твердості води, профільтрованої крізь фільтр «Наша вода», від об'єму фільтрату

**Висновки.** Показником фізіологічної повноцінності за загальною твердістю характеризується водопровідна вода, профільтрована через фільтр-глекчик «Барьер» в інтервалі об'єму фільтрату від 10 до 80 дм<sup>3</sup> (кінець експерименту). Дослідження залежності загальної твердості пом'якшеної води від більших об'ємів фільтрату потребує проведення подальших експериментів.

1. ДержСанПіН. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання: Наказ Мінохорони здоров'я України № 383 від 23 грудня 1996 р. 2. Мацієвська О.О., Тихонова І.А. Експериментальне дослідження роботи побутових фільтрів водопровідної води // Вісник НУ "ЛП" «Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація». – 2008. – № 617. – С. 52–62. 4. ГОСТ 4151– 72. 3. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости.