

УДК 663.63.081:640.4  
DOI: 10.31866/2616-7468.6.2.2023.291707

## ІННОВАЦІЙНИЙ СПОСІБ ПІДГОТОВКИ БУТИЛЬОВАНОЇ ВОДИ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ

**Олексій Федосов,**  
директор,  
ТОВ «Росяна»,  
Київ, Україна,  
aleksey.fedosov@av-group.pro  
<https://orcid.org/0009-0008-4398-6734>  
© Федосов О. Л., 2023

**Ольга Дулька,**  
кандидатка технічних наук,  
Національний університет харчових технологій,  
Київ, Україна,  
olga.ds210791@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-9878-5998>  
© Дулька О. С., 2023

**Віталій Прибильський,**  
доктор технічних наук,  
Національний університет харчових технологій,  
Київ, Україна,  
undihp63@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0003-4126-6721>  
© Прибильський В. Л., 2023

**Олена Шидловська,**  
кандидатка технічних наук,  
Національний університет харчових технологій,  
Київ, Україна,  
elena\_shydlovska@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0001-5318-1835>  
© Шидловська О. Б., 2023

**Тетяна Іщенко,**  
кандидатка технічних наук,  
Національний університет харчових технологій,  
Київ, Україна,  
ichenkotat@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-5241-5342>  
© Іщенко Т. І., 2023

**Ірина Карсим,**  
головна технологія,  
ТОВ «Росяна»,  
Київ, Україна,  
karsim.i@water.in.ua  
<https://orcid.org/0009-0002-6077-0616>  
© Карсим І. В., 2023

**Актуальність дослідження** зумовлена тим, що однією з головних проблем розвитку суспільства є необхідність забезпечення споживачів якісною питною водою. Дослідження стану довкілля свідчать, що постачання населення якісною питною водою погіршуватиметься, а підбір інноваційних способів підготовки є актуальним завданням. Заклади індустрії гостинності повинні використовувати питну воду високої якості як безпосередньо для споживання, так і як складову харчових страв. Останнім часом в Україні стрімко роз-

вивається ринок бутильованої питної води, що є перспективним вирішенням проблеми постачання споживачів якісною водою. **Мета дослідження.** Метою дослідження є розроблення перспективного способу підготовки бутильованої води для закладів індустрії гостинності. **Методи дослідження.** В роботі були використані стандартні органолептичні та фізико-хімічні методи дослідження. **Результати.** У статті наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень з удосконалення технології водопідготовки у виробництві бутильованих вод. Наведено результати теоретичних розвідок встановлення перспективності проведення досліджень із метою зміни показників води із різних джерел для задоволення вимог споживачів та забезпечення відповідності її складу до потреб організму людини. Проаналізовано зміну показників води та доцільність використання кліноптилоліту на стадії механічної підготовки води. Наведено результати досліджень зміни вмісту солей, електропровідності та реакції середовища залежно від тиску та витрат води. Використання рециркуляту у визначених кількостях за рекомендованого тиску дозволяє отримати пермеат із заданим складом іонів солей. Їх вміст у воді із використанням 25 % рециркуляту забезпечує підтримання тиску в системі та дозволяє зменшити кількість отриманого концентрату. У статті наведено технологічні параметри проведення процесу водоготування та перспективи використання установок зворотного осмосу для виробництва бутильованої води. **Висновки та обговорення.** Отримані результати щодо використання кліноптилоліту та установок зворотного осмосу у водопідготовці із застосуванням рециркуляту дозволяють одержати бутильовані води визначеного мінерального складу відповідно до вимог споживачів та закладів індустрії гостинності.

**Ключові слова:** вода, водопідготовка, інновації, мінеральний склад, кліноптилоліт, зворотний осмос, заклади індустрії гостинності.

### **Актуальність проблеми**

*Постановка проблеми.* Актуальність дослідження зумовлена тим, що останнім часом українські споживачі орієнтуються на харчові продукти, що підвищують загальний рівень здоров'я. Якісна бутильована питна вода (БПВ) є невід'ємною складовою здорового харчування. У структурі її ринку спостерігається зростання частки негазованої продукції, яка є більш корисною, порівнюючи з газованими водами.

Стрімкий розвиток в Україні ринку бутильованих вод пояснюється значною кількістю споживачів цієї продукції та наявністю природних ресурсів на території країни. Однак низький рівень купівельної спроможності населення та специфічна культура споживання такої продукції зумовлюють відповідний рівень її реалізації, порівнюючи з розвиненими країнами світу (Дрікер та ін., 2020).

Із найбільших екологічних проблем людства слід виділити необхідність забезпечення належної якості питної води, що безпосередньо пов'язано із рівнем здоров'я населення, екологічною чистотою харчових продуктів та низкою медичних і соціальних факторів (Прокопов та ін., 2008). За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, близько 80 % усіх захворювань у світі передаються з водою, і від них щороку помирає майже 25 млн людей. Проблемою є також те, що при зростаючому обсязі водоспоживання постійно скорочуються запаси питної води (Прокопов та ін., 2008; Vairavamoorthy et al., 2008, Piyadasa et al., 2017).

Хімічний склад підземних вод формується під впливом багатьох природних та антропогенних факторів (температура, вміст кисню та діоксиду вуглецю, рН, Eh, зміна маршрутів підземних джерел та рівень водозабору, мікроорганізми, техногенне навантаження тощо). У зв'язку з цим підземні води мають різний склад

і відносяться до складних багатокомпонентних систем, які містять комплекси неорганічних та органічних сполук, газу, мікрофлору (Yusuf et al., 2020; Дрікер та ін., 2020; Rosborg, 2015; Adel et al., 2022).

Заклади індустрії гостинності в основному користуються централізованими мережами водопостачання. Вода більшості мереж України відповідає вимогам ДСанПін 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Однак за показником жорсткості більшість видів водопровідної води містить підвищену кількість кальцієвих та магнієвих солей (Федосов та ін., 2023).

Використання води з високим показником жорсткості негативно впливає і на роботу обладнання із приготування напоїв, що передбачають нагрівання. Утворення накипу у технологічному обладнанні призводить до необхідності регулярного очищення робочих поверхонь, тривалого ремонту і, як правило, заміни обладнання.

Використання води із визначеним вмістом мінеральних речовин, у т. ч. солей жорсткості, є перспективним напрямом ефективного розвитку закладів ресторанного господарства індустрії гостинності. Виробники БПВ на вимогу замовника можуть забезпечити необхідний солевміст продукції залежно від потреб споживача і для раціональної роботи ресторанів, кафе тощо.

Тому пошук інноваційних способів підготовки води з використанням на першому етапі механічних фільтрів із засипками природних мінералів, що дозволяє зменшити навантаження на другому етапі, і забезпечує використання установок зворотного осмосу у виробництві БПВ. Розроблений спосіб гарантує отримання питної води у рестораних технологіях закладів індустрії гостинності, що є своєчасним і актуальним.

*Стан вивчення проблеми.* Забруднення джерел водопостачання обумовлює необхідність удосконалення систем очищення води. Використання води з міського водогону без попереднього оброблення є неприйнятним із причини можливого високого вмісту залишкового хлору. Тому на побутовому рівні споживачі використовують вугільні фільтри або купують бутильовану воду, яка, як правило, має природний вміст макро- і мікроелементів вихідної сировини. Тому споживчий попит на бутильовану воду має тенденцію до зростання (Adel et al., 2022; Agnihotri et al., 2020).

Виробникам БПВ потрібно дбати не тільки про економічну доцільність її виробництва, але й про корисність готової продукції. Підприємства з виробництва БПВ у своїх технологіях застосовують різні способи водопідготовки (Piyadasa et al., 2017; Aliyu et al., 2018). Більшість із них, як правило, використовують артезіанські свердловини і після механічного фільтрування розливають воду у споживчу тару. Такий підхід має переваги (збереження вихідного складу води, відсутність механічних домішок), але не може забезпечити адекватність до потреб людей різних вікових груп та інших категорій населення (Ding et al., 2014; Кравченко & Заграй, 2012).

Існують різні способи очищення води, в тому числі і використання механічних фільтрів із засипками природних мінералів (кварцовий пісок, гравій). Внаслідок цього вода повинна бути звільнена від механічних домішок, колоїдної зависі та осаду. Однак таке оброблення не повною мірою забезпечує якість підготовленої води за органолептичними, фізико-хімічними та токсикологічними показниками. Тому актуальним є удосконалення способу механічного фільтрування води із застосуванням нових ефективних природних матеріалів, зокрема мінералів. Завдяки визначеним розмірам пор і внутрішніх порожнин вони є ефективними сорбентами органічних і неорганічних речовин. Такі матеріали мають здатність

покрощувати органолептичні та фізико-хімічні показники води, забезпечувати її структурування (Dulka et al., 2019).

Сучасні технології очищення води передбачають використання природних і штучних мінералів для вирішення різних завдань. Сорбційні процеси реалізуються шляхом застосування цеолітів на першому етапі механічного фільтрування.

Ефективним напрямом є застосування у технологіях БПВ інноваційних способів підготовки води, зокрема із використанням мембранних технологій. Основним елементом мембран є перегородка, що забезпечує розділення вхідної суміші на два потоки – пермеат (прохід крізь мембрану) і концентрат (затриманий мембраною). Найбільш поширеними є технології, що передбачають дію високого тиску на мембрану (баромембранні процеси). За розміром часток баромембранні процеси поділяються на три групи – зворотний осмос, ультрафільтрація і мікрофільтрація, які відрізняються величиною робочого тиску, розмірами пор мембрани, питомою продуктивністю та ін. (Ding et al., 2014; Кравченко & Заграй, 2012).

Завдання, які вирішуються за допомогою баромембранних процесів, можуть переслідувати різні цілі. В одному випадку це може бути глибоке очищення забруднених вод. В іншому – концентрування домішок, коли багатоступінчастий процес із застосуванням мембран різного типу дозволяє максимально збільшити вміст певних речовин, що виділяються при відносно низьких робочих тисках. У третьому – з'являється можливість об'єднання в одному процесі очищення, концентрування та фракціонування речовин (Aliyu et al., 2018; Goh et al., 2018).

Тому потреби у різноманітних за властивостями мембранних матеріалах, що поєднують високу роздільну здатність і питому продуктивність зі стійкістю у розчинах із широким діапазоном рН і агресивних середовищах, постійно зростають, а асортимент мембран має постійно розширюватися (Hailemariam et al., 2020).

Із мембранних технологій у водоготуванні найбільш поширеним є використання зворотного осмосу, який полягає у розділенні складових води крізь напівпроникні мембрани, що пропускають її молекули і затримують молекули чи іони солей та інших розчинних речовин із частками розміром 0,0001...0,001 мкм під дією тиску 3,0...10 МПа. Крім цього, із води видаляються радіоактивні ізотопи, нітрати, органічні сполуки, пестициди, бактерії та віруси (Yusuf et al., 2020; Agnihotri et al., 2020; She et al., 2016).

*Невирішені питання.* Цеоліти протягом тривалого часу не мали практичного значення. Згодом було встановлено, що їх унікальні властивості можуть бути використані у багатьох галузях промисловості. На сьогодні відомо понад сорок структурних видів цеолітів, найбільш розповсюдженими з яких є: кліноптилоліт, гейландит, філіпсит, ломонтит, морденіт, ерионіт, шабазит, анальцим (Dulka et al., 2019).

В Україні є одне з найбільших світових родовищ цеолітів, яке розташоване у с. Сокирниця Хустського району Закарпатської області. Кліноптилоліт із цього родовища містить 85–90 % основного компонента. Формула закарпатського кліноптилоліту в оксидному варіанті має такий вигляд, %:  $\text{SiO}_2$  – 67,29;  $\text{TiO}_2$  – 0,26;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 12,32;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 1,26;  $\text{FeO}$  – 0,25;  $\text{MgO}$  – 0,99;  $\text{CaO}$  – 3,01;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,66;  $\text{K}_2\text{O}$  – 2,76;  $\text{H}_2\text{O}$  – 10,90. Низька собівартість, унікальні та корисні технологічні властивості цеолітів – селективні (катіонообмінні, молекулярно-ситові), сорбційні (передусім адсорбційні) і каталітичні, зумовлені особливостями кристалічної решітки та хімічним складом (Dulka et al., 2023). Ці водні алюмосилікатні мінерали мають каркасну будову, що дає змогу використовувати їх як ефективний фільтрувальний

матеріал для очищення води на стадії механічного очищення, що зменшує навантаження на установку зворотного осмосу.

Мембранні технології у виробництві БПВ мають значні перспективи, однак їх впровадження здійснюється повільно, що викликано багатьма причинами, зокрема високою вартістю обладнання та поточними витратами. Тому дослідження впливу різних способів оброблення води, у т. ч. зворотного осмосу, є перспективним напрямом у технологіях бутильованої питної води, що дозволить не тільки забезпечити споживачів якісною питною водою, але й регулювати її мінеральний склад залежно від потреб різних категорій населення. Використання БПВ дозволяє підвищити якість ресторанної продукції та стабільність її показників, уникнути можливих харчових отруень.

### **Мета і методи дослідження**

*Мета дослідження* – розроблення інноваційного способу підготовки бутильованої води для закладів індустрії гостинності.

*Методологічною основою дослідження* є процес підготовки води з використанням установки зворотного осмосу із застосуванням рециркуляції для отримання води для споживачів та закладів індустрії гостинності з рекомендованими фізико-хімічними показниками.

*Методи дослідження.* У роботі використовували загальноприйняті у харчовій промисловості методи досліджень. Загальний вміст солей визначали за допомогою TDS-метра. рН води визначали потенціометричним методом, який ґрунтується на встановленні активності іонів водню іоноселективним електродом відповідно до ДСТУ 4077-2001. Визначення амонію здійснювали відповідно до ДСТУ ISO 5664:2007 методом дистиляції та титрування. Вміст кальцію визначали титриметричним методом із застосуванням етилендіамінтетраоцтової кислоти (ДСТУ ISO 6058:2003). Вміст магнію визначали відповідно до ДСТУ ISO 6059:2003, калію та натрію – за ДСТУ ISO 11885:2019. Кількість нітритів визначали спектрометричним методом молекулярної абсорбції (ДСТУ ISO 6777:2003). Хлориди – відповідно до ДСТУ ISO 9297:2007 титруванням нітратом срібла із застосуванням хромату (метод Мора). Залізо загальне визначали фотометричним методом, який передбачає взаємодію двовалентного заліза із 2,2-біпіридилем з утворенням комплексної сполуки (ДСТУ ISO 6332-2003). У дослідженнях використовували також метод атомно-абсорбційної спектрометрії, який базується на кількісному визначенні елементного складу речовини, що досліджується за атомними спектрами поглинання відповідно до ДСТУ ISO 15586:2012.

Оброблення води здійснювали на установці зворотного осмосу за схемою, що передбачала отримання таких напівпродуктів:

- пермеат – демінералізована вода;
- концентрат – водний розчин видалених із води мікро- та макроелементів;
- рециркулят – частина концентрату, що використовувалась для додавання до води перед обробленням.

Попередньо підготовлену воду на механічному фільтрі, заповненому кліноптилолітом, подавали на установку зворотного осмосу із отриманням пермеату та концентрату. Визначену частину концентрату як рециркулят додавали до води перед обробленням. Досліджували режими та параметри оброблення води

із різним вхідним тиском у систему. Визначали загальний вміст солей, окремих іонів, електропровідність та рН вхідної води і напівпродуктів. У готовому продукті визначали вміст іонів солей та реакцію середовища (рН).

*Об'єктом дослідження* є артезіанська вода зі свердловини Юрського геологічного водоносного горизонту глибиною 291 м (ТОВ «Росяна»), напівпродукти, отримані у процесі оброблення вихідної води з використанням мембрани ТМН20А-400 на установці зворотного осмосу.

*Предметом дослідження* є зміна мінерального складу води на установці зворотного осмосу із застосуванням рециркуляції та показники її якості.

*Наукова новизна* полягає в тому, що вперше застосовані мембрани ТМН20А-400 на установці зворотного осмосу з використанням частини рециркуляту для отримання бутильованої води з бажаними фізико-хімічними показниками, які забезпечують потреби споживачів та вимоги закладів індустрії гостинності.

*Інформаційна база дослідження* – наукові статті у вітчизняних та закордонних виданнях, інформаційні електронні ресурси, власні дослідження.

## Результати дослідження

Дефіцит питної води і пошук відновлювальних ресурсів є однією з найважливіших проблем у сучасному світі, на вирішення яких направлені чималі інтелектуальні та фінансові ресурси.

Фільтрування води крізь механічні фільтри із засипками гравію і кварцового піску не забезпечує якість підготовленої води. Тому актуальним є застосування нових ефективних фільтрувальних матеріалів, які не тільки покращують органолептичні і забезпечують стабільні фізико-хімічні показники води, але і зменшують навантаження на установку зворотного осмосу.

Для встановлення можливості застосування кліноптилоліту як перспективного фільтрувального матеріалу було визначено фізико-механічні властивості, які впливають на ступінь очищення води при запобіганні збільшенню вмісту силікатів у фільтраті та підвищенню перманганатної окиснюваності. Результати досліджень наведено в табл. 1.

Табл. 1. Фізико-механічні характеристики досліджуваних матеріалів

Tabl. 1. Physical and mechanical characteristics of the studied materials

Назва ФМ	Показник				
	Насипна густина, г/дм <sup>3</sup>	Вологість, %	Механічна міцність, %	Зольність, %	Гранулометричний склад, мм
Кварцовий пісок	1300±62,4	6±0,3	95±4,5	3±0,2	0,5...3,0
Кліноптилоліт	246±11,8	4±0,2	97±4,7	1±0,1	3,0...5,0

*Джерело:* власна розробка

*Source:* own elaboration

Встановлено, що, порівнюючи із кварцовим піском, кліноптилоліт має утричі меншу зольність та вищу механічну міцність. Ці показники сприяють більшому

терміну експлуатації матеріалів, збільшенню кількості регенерацій, зменшенню пускового періоду та витрат води і реагентів на промивання.

Гранулометричний склад кліноптилоліту впливає на адсорбційну спроможність, максимальну сорбційну здатність щодо домішок мають середні фракції.

Розчинні у воді солі здатні адсорбуватись природними сорбентами як за механізмом хімічної сорбції (іонного обміну), так і за механізмом фізичної адсорбції окремих молекул. Кліноптилоліт є не тільки фільтрувальним, але і сорбційним та іонообмінним матеріалом. При цьому обмінна ємкість становить близько 2,6 ммоль/г, обмінними іонами є  $\text{Na}^+$  та  $\text{K}^+$ , а загальна площа пор у середньому – 14 м<sup>2</sup>/г.

Для дослідження використовували кліноптилоліт гранулометричного складу 3,0...5,0 мм. Така фракція не спричиняє значного гідравлічного опору та дає можливість ефективно регулювати швидкість процесу. При менших розмірах часток адсорбційна здатність збільшується, однак значно зростає гідравлічний опір, а при більших – суттєво знижується адсорбційна поверхня. Крім цього, важливим є також те, що фракція середніх розмірів ефективно регенерується.

Технологічні параметри оброблення води досліджуваними матеріалами наведено в табл. 2.

Табл. 2. Технологічні параметри оброблення води  
Tabl. 2. Technological parameters of water processing

Назва технологічної операції	Лінійна швидкість, м/год	Відносний об'єм, об./об. фільтрувальних матеріалів	
		Кварцовий пісок	Кліноптилоліт
Підготування фільтрувальних матеріалів:			
– оброблення розчином реагенту	-	5	-
– відмивання	-	25	8
Оброблення води фільтрувальними матеріалами	10	1000	1800
Регенерування фільтрувальних матеріалів:			
– підпушування вихідною водою	10	6	4
– регенерування розчином NaCl	10	-	4
– швидке промивання	15	6	4

Джерело: власна розробка

Source: own elaboration

Встановлено, що, порівнюючи із кварцовим піском, оброблення кліноптилоліту розчином реагенту не потрібна. Також встановлено, що на стадії відмивання зменшується витрата води, порівнюючи із кварцовим піском, для кліноптилоліту втричі. При цьому застосування кліноптилоліту збільшувало фільтрувальний цикл у 1,8 рази.

Вплив фільтрувальних матеріалів на органолептичні та фізико-хімічні показники води наведено в табл. 3.

Табл. 3. Вплив фільтрувальних матеріалів на органолептичні та фізико-хімічні показники води

Tabl. 3. The influence of filter materials on waterorganoleptic and physicochemical parameters

Назва показника, одиниця виміру	Вода зі свердловини	Оброблення матеріалами	
		кварцовим піском	кліноптилолітом
Забарвленість, градус	10,0	6,3	2,2
Мутність, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,3	0,1
Запах при 20 °С, бали	1,0	0,7	0,2
Смак при 20 °С, бали	1,5	1,3	0,9
Прозорість, одиниця оптичної густини	0,11	0,9	0,06
Загальний вміст солей мг/дм <sup>3</sup>	524,2	509,7	458,2
Ca <sup>2+</sup>	71,00	70,00	60,00
Mg <sup>2+</sup>	23,000	23,000	18,000
Fe <sup>3+</sup>	0,290	0,290	0,200

Джерело: власна розробка

Source: own elaboration

Встановлено, що вода, оброблена кліноптилолітом, мала вищі органолептичні і кращі фізико-хімічні показники. При цьому зменшився вміст загальних солей на 12,5 %, що дозволяє зменшити навантаження на установку зворотного осмосу, яка є однією з найрозповсюдженіших технологій отримання питної води високої якості.

Досліджували вплив тиску води на вході в установку на вміст солей, кількості прошарків мембран при загальній площі 37,3 м<sup>2</sup>, зміну продуктивності установки та показники пермеату, а також вміст іонів солей у воді із використанням 25 % рециркуляту.

З метою визначення оптимального тиску на першому етапі досліджень використовували вихідну воду. Вплив тиску води перед обробленням на вміст солей у пермеаті наведено на рис. 1.

Встановлено, що зі зміною тиску від 3 до 10 МПа вміст солей зменшувався у 4,3 рази. Рекомендованим тиском води на вході в установку є 9 МПа, що забезпечує вміст солей у пермеаті у кількості 13,57 мг/дм<sup>3</sup>.

Зміна вмісту солей, електропровідності та реакції середовища залежно від тиску та витрат води наведено у табл. 4.

Встановлено, що при використанні рециркуляту із визначеним тиском на вході у систему вміст солей у пермеаті зменшувався у 57,8 разів, порівнюючи із вихідною водою, стабілізувався тиск у системі, зменшувалось навантаження на мембрани. Вміст солей у рециркуляті, порівнюючи із вихідною водою, зменшувався в 1,7 рази, а у концентраті збільшувався у 2,3 рази. Також встановлено, що показник рН води знижувався, порівнюючи із вихідною водою, на 22 %.



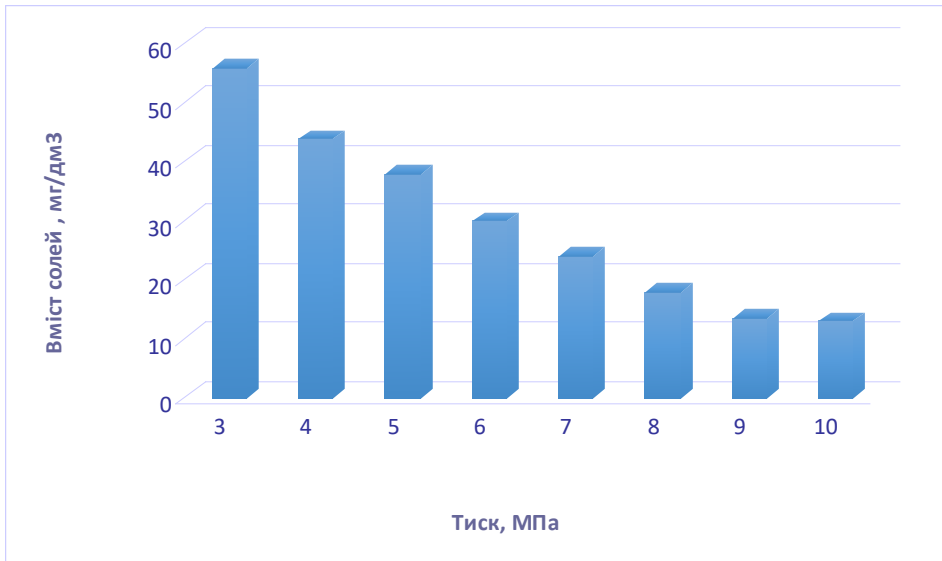


Рис. 1. Вплив тиску вхідної води на вміст солей у пермеаті

Джерело: власна розробка

Pic. 1. The influence of input water pressure on the content of salts in the permeate

Source: own elaboration

Табл. 4. Вплив тиску та витрат води на показники води

Tabl. 4. Influence of water pressure and consumption on water parameters

Назва напівпродукту	Витрати, м³/год.	Тиск, МПа	Вміст солей, мг/дм³	Електропровідність, мксм	pH
Вхідна вода	6,667	-	458,2	706,9	7,700
Рециркулянт	8,866	9,000	786,9	962,3	7,904
Частина рециркулянту*	2,200	8,235	1784,60	1938,8	7,700
Частина концентрату*	3,867	8,235	1784,60	1939,8	8,183
Концентрат	1,667	8,235	1784,60	1939,8	8,183
Пермеат	5,000	-	13,575	21,2	6,132

\* – визначено умовами досліджень.

Джерело: власна розробка

Source: own elaboration

Вміст іонів солей у воді та реакції середовища із використанням 25 % рециркулянту, що забезпечує підтримання тиску в установці та дозволяє зменшити кількість отриманого концентрату, наведено у табл. 5.

Табл. 5. Порівняльна характеристика досліджених зразків води  
Tabl. 5. Comparative characteristics of the investigated water samples

Показники	Одиниці вимірювання	Вхідна вода	Рециркулянт	Концентрат	Пермеат
Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	60,00	103,5	235,6	1,357
Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	18,000	31,05	70,67	0,407
Na <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	30,00	51,60	117,2	0,886
K <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	13,000	21,93	49,05	0,965
NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,480	0,810	1,811	0,0356
Fe <sup>3+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,200	0,348	0,799	0,0
Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	24,00	41,54	94,80	0,351
F <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,760	1,300	2,938	0,0328
Загальний вміст солей	мг/дм <sup>3</sup>	458,2	786,9	1 785	13,575

Джерело: власна розробка  
Source: own elaboration

Встановлено, що вміст у пермеаті іонів Ca<sup>2+</sup> та Mg<sup>2+</sup>, які формують показник жорсткості води, зменшується у 44 рази, Cl<sup>-</sup> у 68 разів, повністю видаляється залізо. При цьому вміст у концентраті іонів Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> та Fe<sup>3+</sup> збільшується у 3,9 рази, рН знижується на 20 %.

### Висновки та обговорення результатів

Встановлено, що, порівнюючи із кварцовим піском як традиційним навантаженням у механічних фільтрах, кліноптилоліт має утричі меншу зольність та вищу механічну міцність. Оброблена кліноптилолітом вода мала вищі органолептичні і кращі фізико-хімічні показники, що дозволяє зменшити навантаження на установку зворотного осмосу.

Оброблення води на установці зворотного осмосу із застосуванням мембран ТМН20А-400 та рециркуляту у визначених кількостях дозволяє отримати пермеат із заданим складом іонів солей. Рекомендованим тиском води на вході в установку при загальній площі мембран 37,3 м<sup>2</sup> є 9 МПа, що забезпечує загальний вміст іонів солей у пермеаті 13,57 мг/дм<sup>3</sup>.

Із використанням рециркуляту вміст солей у пермеаті зменшується у 57,8 разів, порівнюючи із вихідною водою, стабілізується тиск у системі, зменшується навантаження на мембрани. Вміст солей у рециркуляті, порівнюючи із вихідною водою, зменшується в 1,7 рази, а у концентраті збільшується у 2,3 рази. При цьому рН пермеату знижується, порівнюючи із вихідною водою, на 22 %.

Використання 25 % рециркуляту забезпечує стабілізацію тиску в установці, зменшує кількість отриманого концентрату та знижує вміст у пермеаті іонів Ca<sup>2+</sup> та Mg<sup>2+</sup> у 44 рази, Cl<sup>-</sup> у 68 разів, повністю видаляється залізо.

Результати цієї роботи можуть слугувати підґрунтям у розробленні технологій підготовки бутильованої води як основної сировини для закладів харчування. Перспективами подальших досліджень є визначення зміни мікробіологічних по-

казників підготовленої води та розроблення рекомендацій до показників якості води для закладів індустрії гостинності.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

---

- Дрікер, Ю. Д., Мітченко, Т. Є., & Малецький, З. В. (2020). Оцінка та прогнозування якості артезіанської води з використанням сучасних методів статистичної обробки даних. *Вода та водоочисні технології. Науково-технічні вісті*, 27(2), 59–74. <https://doi.org/10.20535/2218-93002722020212496>
- Кравченко, М. В., & Заграй, Я. М. (2012). Нові погляди і обґрунтування підготовки питної води – як основа екобезпеки життєдіяльності і здоров'я людини. *Екологічна безпека та природокористування*, 9, 5–18.
- Прокопов, В. О., Кузьмінець, О. М., & Соболев, В. А. (2008). Гігієнічна оцінка централізованого господарсько-питного водопостачання України. *Довкілля та здоров'я*, 4(47), 14–18.
- Федосов, О., Карсим, І., Дулька, О., & Прибильський, В. (2023, 3–7 квітня). Фактори інноваційного розвитку ринку бутильованої води для підприємства ТОВ «Росяна». В *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* [Матеріали конференції] (Ч. 1, с. 222). Національний університет харчових технологій.
- Adel, M., Nada, T., Amin, S., Anwar, T., & Mohamed, A. A. (2022). Characterization of fouling for a full-scale seawater reverse osmosis plant on the Mediterranean sea: membrane autopsy and chemical cleaning efficiency. *Groundwater for Sustainable Development*, 16, Article 100704. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100704>
- Agnihotri, B., Sharma, A., & Gupta, A. B. (2020). Characterization and analysis of inorganic foulants in RO membranes for groundwater treatment. *Desalination*, 491, Article 114567. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114567>
- Aliyu, U. M., Rathilal, S., & Isa, Y. M. (2018). Membrane desalination technologies in water treatment: A review. *Water Practice and Technology*, 13(4), 738–752. <https://doi.org/10.2166/wpt.2018.084>
- Ding, M., Ghoufi, A., & Szymczyk, A. (2014). Molecular simulations of polyamide reverse osmosis membranes. *Desalination*, 343, 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2013.09.024>
- Dulka, O. S., Prybylskyi, V. L., Fedosov, O. L., Oliinyk, S. I., Kuts, A. M., Sharan, L. O., Koretska, I. L., & Tiurikova, I. S. (2023). Innovative water preparation technology for production of kombucha fermented beverage. *Journal of Chemistry and Technologies*, 31(1), 82–91. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i1.240014>
- Dulka, O., Prybylskyi, V., Oliinyk, S., Kuts, A., & Kovalenko, O. (2019). The improvement of the water treatment technology for the kvass production. *Food Science and Technology*, 13(2), 111–117.
- Goh, P. S., Lau, W. J., Othman, M. H. D., & Ismail, A. F. (2018). Membrane fouling in desalination and its mitigation strategies. *Desalination*, 425, 130–155. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.10.018>
- Hailemariam, R. H., Woo, Y. C., Dامتie, M. M., Kim, B. C., Park, K.-D., & Choi, J.-S. (2020). Reverse osmosis membrane fabrication and modification technologies and future trends: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 276, Article 102100. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102100>
- Piyadasa, C., Ridgway, H. F., Yeager, T. R., Stewart, M. B., Pelekani, C., Gray, S. R., & Orbell, J. D. (2017). The application of electromagnetic fields to the control of the scaling and biofouling of reverse osmosis membranes – A review. *Desalination*, 418, 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.05.017>
- Rosborg, I. (Ed.). (2015). *Drinking Water Minerals and Mineral Balance*. Springer Cham.

- She, Q., Wang, R., Fane, A. G., & Tang, C. Y. (2016). Membrane fouling in osmotically driven membrane processes: A review. *Journal of Membrane Science*, 499, 201–233. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2015.10.040>
- Vairavamoorthy, K., Gorantiwar, S. D., & Pathirana, A. (2008). Managing urban water supplies in developing countries – Climate change and water scarcity scenarios. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33(5), 330–339. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.02.008>
- Yusuf, A., Sodiq, A., Giwa, A., Eke, J., Pikuda, O., De Luca, G., Di Salvo, J. L., & Chakraborty, S. (2020). A review of emerging trends in membrane science and technology for sustainable water treatment. *Journal of Cleaner Production*, 266, Article 121867. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121867>

## REFERENCES

---

- Adel, M., Nada, T., Amin, S., Anwar, T., & Mohamed, A. A. (2022). Characterization of fouling for a full-scale seawater reverse osmosis plant on the Mediterranean sea: membrane autopsy and chemical cleaning efficiency. *Groundwater for Sustainable Development*, 16, Article 100704. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100704> [in English].
- Agnihotri, B., Sharma, A., & Gupta, A. B. (2020). Characterization and analysis of inorganic foulants in RO membranes for groundwater treatment. *Desalination*, 491, Article 114567. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114567> [in English].
- Aliyu, U. M., Rathilal, S., & Isa, Y. M. (2018). Membrane desalination technologies in water treatment: A review. *Water Practice and Technology*, 13(4), 738–752. <https://doi.org/10.2166/wpt.2018.084> [in English].
- Ding, M., Ghoufi, A., & Szymczyk, A. (2014). Molecular simulations of polyamide reverse osmosis membranes. *Desalination*, 343, 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2013.09.024> [in English].
- Driker, Yu. D., Mitchenko, T. Ye., & Maletskiy, Z. V. (2020). Otsinka ta prohnozuvannya yakosti artezijskoi vody z vykorystanniam suchasnykh metodiv statystychnoi obrobky danykh [Assessment and forecasting of artesian water quality using modern methods of statistical data processing]. *Water and Water Purification Technologies. Scientific and Technical News*, 27(2), 59–74. <https://doi.org/10.20535/2218-93002722020212496> [in Ukrainian].
- Dulka, O. S., Prybyl'skyi, V. L., Fedosov, O. L., Oliinyk, S. I., Kuts, A. M., Sharan, L. O., Koretska, I. L., & Tiurikova, I. S. (2023). Innovative water preparation technology for production of kombucha fermented beverage. *Journal of Chemistry and Technologies*, 31(1), 82–91. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i1.240014> [in English].
- Dulka, O., Prybyl'skyi, V., Oliinyk, S., Kuts, A., & Kovalenko, O. (2019). The improvement of the water treatment technology for the kvass production. *Food Science and Technology*, 13(2), 111–117 [in English].
- Fedosov, O., Karsym, I., Dulka, O., & Prybyl'skyi, V. (2023, April 3–7). Factory innovatsiinoho rozvytku rynku butylovanoi vody dlia pidpriemstva TOV "Rosiana". In *Naukovi zdobutky molodi – vyrishenniu problem kharchuvannya liudstva u XXI stolitti* [Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution] [Conference proceedings] (Pt. 1, p. 222). National University of Food Technologies [in Ukrainian].
- Goh, P. S., Lau, W. J., Othman, M. H. D., & Ismail, A. F. (2018). Membrane fouling in desalination and its mitigation strategies. *Desalination*, 425, 130–155. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.10.018> [in English].
- Hailemariam, R. H., Woo, Y. C., Damtie, M. M., Kim, B. C., Park, K.-D., & Choi, J.-S. (2020). Reverse osmosis membrane fabrication and modification technologies and future trends: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 276, Article 102100. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102100> [in English].

- Kravchenko, M. V., & Zahrai, Ya. M. (2012). Novi pohliady i obgruntuvannya pidhotovky pytnoi vody – yak osnova ekobezpeky zhyttiediialnosti i zdorovia liudyny [New views and rationale for the preparation of drinking water – as a basis for eco-safety of life and human health]. *Environmental Safety and Natural Resources*, 9, 5–18 [in Ukrainian].
- Piyadasa, C., Ridgway, H. F., Yeager, T. R., Stewart, M. B., Pelekani, C., Gray, S. R., & Orbell, J. D. (2017). The application of electromagnetic fields to the control of the scaling and biofouling of reverse osmosis membranes – A review. *Desalination*, 418, 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.05.017> [in English].
- Prokopov, V. O., Kuzminets, O. M., & Sobol, V. A. (2008). Hihienichna otsinka tsentralizovanoho hospodarsko-pytneho vodopostachannia Ukrainy [Hygienic assessment of centralized domestic drinking water supply in Ukraine]. *Environment & Health*, 4(47), 14–18 [in Ukrainian].
- Rosborg, I. (Ed.). (2015). *Drinking Water Minerals and Mineral Balance*. Springer Cham [in English].
- She, Q., Wang, R., Fane, A. G., & Tang, C. Y. (2016). Membrane fouling in osmotically driven membrane processes: A review. *Journal of Membrane Science*, 499, 201–233. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2015.10.040> [in English].
- Vairavamoorthy, K., Gorantiwar, S. D., & Pathirana, A. (2008). Managing urban water supplies in developing countries – Climate change and water scarcity scenarios. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33(5), 330–339. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.02.008> [in English].
- Yusuf, A., Sodiq, A., Giwa, A., Eke, J., Pikuda, O., De Luca, G., Di Salvo, J. L., & Chakraborty, S. (2020). A review of emerging trends in membrane science and technology for sustainable water treatment. *Journal of Cleaner Production*, 266, Article 121867. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121867> [in English].

Стаття надійшла до редакції 08.07.2023

UDC 663.63.081:640.4

**Oleksii Fedosov,**

Director,  
LLC "Rosiana",  
Kyiv, Ukraine,  
aleksey.fedosov@av-group.pro  
<https://orcid.org/0009-0008-4398-6734>

**Olha Dulka,**

PhD in Technical Sciences,  
National University of Food Technologies,  
Kyiv, Ukraine,  
olga.ds210791@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-9878-5998>

**Vitalii Prybylskyi,**

Doctor of Technical Sciences,  
National University of Food Technologies,  
Kyiv, Ukraine,  
undihp63@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0003-4126-6721>

**Olena Shydlovska,**

PhD in Technical Sciences,  
National University of Food Technologies,  
Kyiv, Ukraine,  
elena\_shydlovska@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0001-5318-1835>

**Tetiana Ishchenko,**

PhD in Technical Sciences,  
National University of Food Technologies,  
Kyiv, Ukraine,  
ichenkotat@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-5241-5342>

**Iryna Karsym,**

Chief technologist,  
LLC "Rosiana",  
Kyiv, Ukraine,  
karsim.i@water.in.ua  
<https://orcid.org/0009-0002-6077-0616>

## INNOVATIVE METHOD OF BOTTLED WATER PREPARATION FOR HOSPITALITY INDUSTRY ESTABLISHMENTS

**The topicality** of the problem is determined by the fact that one of the main issues of society development is the necessity of providing consumers with high-quality drinking water. Studies of the environment state indicate that the supply of high-quality drinking water to the population is going to deteriorate, and the selection of innovative preparation methods is an urgent task. Hospitality industry establishments must use high-quality drinking water both directly for consumption and as a component of dishes. In recent years, the bottled drinking water market has been developing rapidly in Ukraine, which is a promising solution of the problem in supplying consumers with high-quality water. **The aim of the article.** The aim of the study is to elaborate a promising method of preparing bottled water for hospitality industry establishments.

**Research methods.** Standard organoleptic and physicochemical research methods were used in the study. **Results.** The article presents the results of theoretical and experimental research on the improvement of water preparation technology in the production of bottled water. The results of theoretical studies in establishing the perspective of conducting research with the aim of changing the indicators of water from various sources, in order to meet the demands of consumers and ensure the compliance of its composition with the needs of the human body, are given. The change in water parameters and the expediency of using clinoptilolite at the stage of mechanical water preparation was investigated. The results of studies of changes in the salt content, electrical conductivity and the reaction of environment depending on the pressure and water flow were given. The use of recirculate in specified quantities at the recommended pressure allows to obtain permeate with a specified composition of salt ions. Their content in water with the use of 25% recirculate ensures the maintenance of pressure in the system, and allows to reduce the amount of concentrate obtained. The article highlighted the technological parameters of the water preparation process and the prospects of using reverse osmosis installations for the bottled water production. **Conclusions and discussion.** The obtained results regarding the use of clinoptilolite and reverse osmosis installations in water preparation with the use of recirculate make it possible to obtain bottled water of a certain mineral composition in accordance with the needs of consumers and hospitality industry establishments.

**Key words:** water, water preparation, innovations, mineral composition, clinoptilolite, reverse osmosis, hospitality industry establishments.